

УДК 004; 595.762.12

05.00.00 Технические науки
03.00.00 Биологические науки**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВИДОВ ЖУКОВ-ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ПУТЕМ АСК-АНАЛИЗА ИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ВНЕШНИМ КОНТУРАМ (ОБОБЩЕНИЕ, АБСТРАГИРОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ)**Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.comСердюк Владислав Юрьевич, аспирант
РИНЦ SPIN-код: 8779-4695
vladislav-serdyuk@yandex.ru
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Насекомые являются важнейшим компонентом естественных биоценозов и агроценозов. Одним из самых больших и многочисленных семейств – являются жужелицы (Carabidae), насчитывающие по разным данным более 30000 видов. Для жужелиц характерны различные способы питания, местообитания, занимаемые яруса, сезонная и суточная активность. Они обитают как на поверхности, так и в почве, реже на кустарниках и деревьях. Виды семейства жужелицы – активные жуки с длинными тонкими антеннами равномерной толщины, длинными надкрыльями и длинными ногами, приспособленными к беганию. Размеры их варьируют от нескольких миллиметров до 10 см. Являясь активными хищниками, жужелицы играют огромное практическое значение, уничтожая вредителей еще до достижения последними порога вредоносности, тем самым обеспечивая их естественную регуляцию. Исходя из того, что количество жужелиц велико, а размеры их иногда составляют всего несколько миллиметров, возникла проблема определения вида этих насекомых (или их идентификации), вследствие чего потребовался специальный инструмент, который, с одной стороны, упростил бы получение данных об этих насекомых, а с другой стороны, повысил бы их точность. В данной статье предлагается новый для данной предметной области подход к идентификации различных видов жужелиц по их внешнему контуру с применением программного инструментария автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) – универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос», которая прекрасно себя зарекомендовала при изучении других объектов. Причина, по которой было решено использовать эту систему, состоит в том, что обычные (стандартные) способы определения жужелиц, имеют определен-

UDC 004; 595.762.12

Technical sciences
Biology**SPECIES IDENTIFICATION OF BEETLES (COLEOPTERA, CARABIDAE) BY USING ASK-ANALYSIS FOR THEIR IMAGES ON EXTERNAL CONTOURS (GENERALIZATION, ABSTRACTION, CLASSIFICATION AND IDENTIFICATION)**Lutsenko Eugeny Veniaminovich
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor
RSCI SPIN-code: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.comSerdyuk Vladislav Yurevich
postgraduate
RSCI SPIN-code: 8779-4695
vladislav-serdyuk@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Insects are a major component of natural biocenoses and agroecocenoses. One of the largest and most numerous families are ground beetles (Carabidae); their number, according to various estimates, is more than 30,000 species. For Carabidae beetles it is common to have different ways of eating, a place of habitation, occupied layers, seasonal and daily activity. They live both on the surface and in the soil, more rarely on bushes and trees. The types of the family of ground beetles – active beetles with long, thin antennae of uniform thickness, long elytra and long legs, adapted to running. Their sizes vary from a few millimeters to 10 cm. As active predators, ground beetles play a huge practical importance, destroying pests before reaching the last threshold, thereby providing a natural regulation. Based on the fact, that the number of beetles is large, and their sizes are sometimes only a few millimeters, there is a problem of determining the species of these insects (or their identification), therefore it took a special tool, which, on the one hand, facilitate obtaining data about these insects, and on the other hand, would increase their accuracy. This article proposes a new (to this subject area) approach to identify different species of ground beetles along their outer contour with the use of software tools for automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) – the universal cognitive analytical system called "Eidos," which is well-proven in the study of other objects. The reason why it was decided to use this system is that normal (standard) identification of ground beetles, have certain disadvantages: the human factor (manifest error in the determination); quite time consuming; the inability to increase the number of criteria to improve the reliability of the model comparison. This article aims to overcome these drawbacks, by the use of universal cognitive analytical system "Eidos", the automated system-cognitive analysis (ASC-analysis). A

ные недостатки: человеческий фактор (явные ошибки при определении); достаточно большие временные затраты; невозможность увеличения количества критериев для повышения достоверности модели сравнения. Данная статья направлена на преодоление этих недостатков, путем использования универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос», автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ). Приводится численный пример

numerical example is given

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

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ИДЕЯ ЕЕ РЕШЕНИЯ	2
1.1. Традиционный подход и его недостатки	3
1.2. Идея решения.....	4
1.3. Имеющийся задел	4
2. ЧИСЛЕННЫЙ ПРИМЕР	4
2.1. Исходные данные	4
2.2. Автоматический ввод изображений жуужелиц в систему «Эйдос»	6
2.3. Синтез и верификация моделей обобщенных образов жуужелиц по видам (многопараметрическая типизация).....	13
2.4. Количественное определение сходства-различия конкретных видов жуужелиц с обобщенными образами жуужелиц (системная идентификация).....	17
2.5. Количественное определение сходства-различия видов жуужелиц, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов насекомых	21
2.6. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели	21
3. ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ.....	25
4. ПРИМЕНЕНИЕ.....	26
5. ПЕРСПЕКТИВЫ	26
ЛИТЕРАТУРА.....	26

1. Постановка задачи и идея ее решения

В энтомологии существует актуальная задача определения различных видов насекомых, решение которой чаще всего является очень трудоемким и недостаточно точным [1-3].

1.1. Традиционный подход и его недостатки

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 натуральных фондов:

- значительные временные затраты;
- зависимость от опыта эксперта;
- зависимость от имеющихся в наличии специализированных книг и образцов жужелиц;
- 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 сравнения.

Данная статья посвящена преодолению этих недостатков путем применения для решения поставленной задачи универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос».

1.2. 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].

1.3. Имеющийся задел

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

2. Численный пример

2.1. Исходные данные

В качестве исходных данных для решения поставленной задачи использовались сканированные на светлом фоне с одинаковым разрешением изображения насекомых - жуужелиц (Carabidae) (рисунок 1)

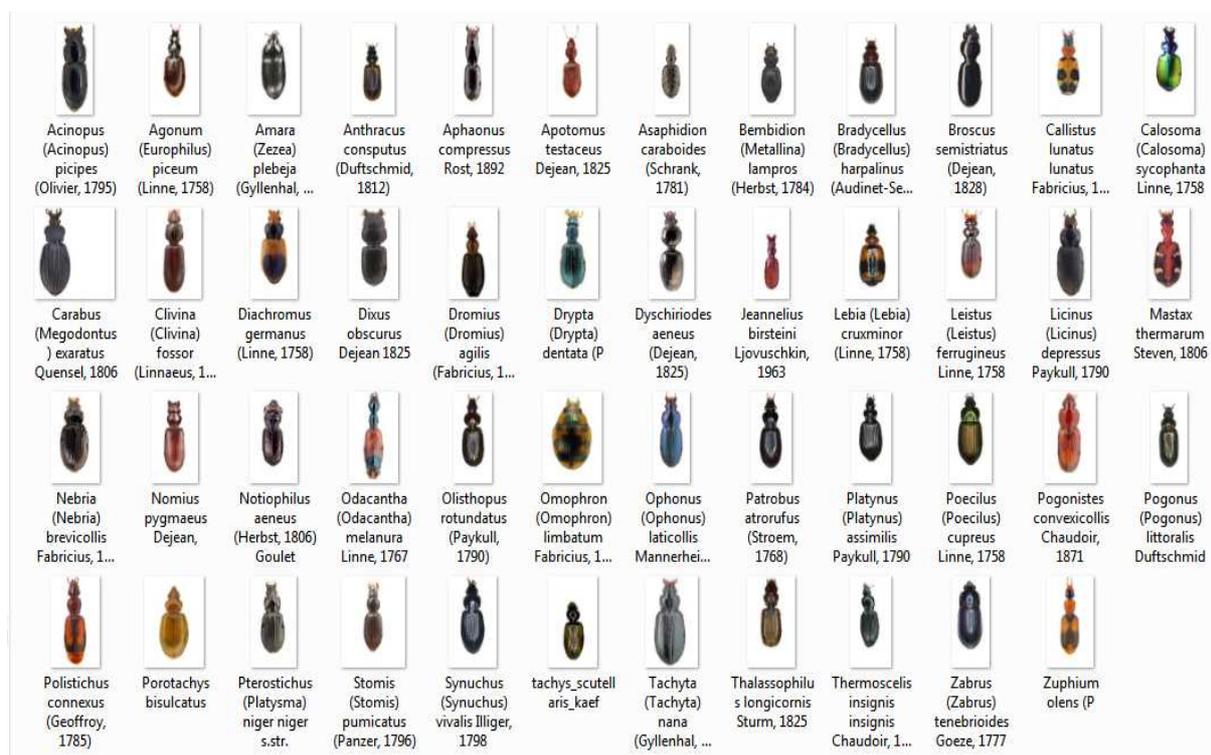


Рисунок 1. Разные виды жужелиц

Для решения поставленной задачи выполним следующие этапы АСК-анализа [4, 5]:

- 1) ввод в систему «Эйдос» изображений жужелиц и создание их математических моделей;
- 2) синтез и верификация моделей обобщенных образов жужелиц по видам на основе контурных изображений конкретных насекомых (многопараметрическая типизация);
- 3) повышение качества модели путем разделения классов на типичную и нетипичную части;
- 4) количественное определение сходства-различия конкретных видов жужелиц с обобщенными образами жужелиц различных видов (системная идентификация);
- 5) количественное определение сходства-различия видов жужелиц, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов насекомых.

2.2. Автоматический ввод изображений жужелиц в систему «Эйдос»

Запишем в папку `..\AID_DATA\Inp_data\1\` сканированные изображения жужелиц. *Имена файлов изображений жужелиц состоят из имени вида и номера файла внутри папки* (номер реализации). В рассматриваемом примере в обучающей выборке используются изображения 47 конкретных видов жужелиц.

Затем запустим режим: 2.3.2.4. «Оцифровка изображений по их внешним контурам» (рисунок 2).

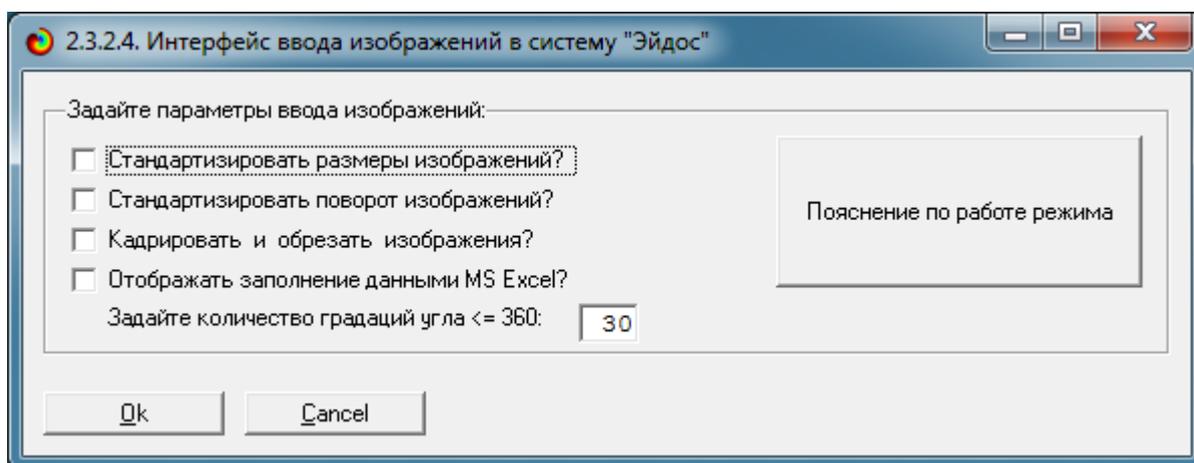


Рисунок 2. Начальная экранная форма режима 2.3.2.4. Оцифровка изображений по их внешним контурам

Вместо описания данного режима приведем на рисунке 3 его Help.

В результате появляется главная экранная форма, отображающая процесс оцифровки сканов жужелиц, расположенных в виде файлов в указанных выше папках (рисунок 4).

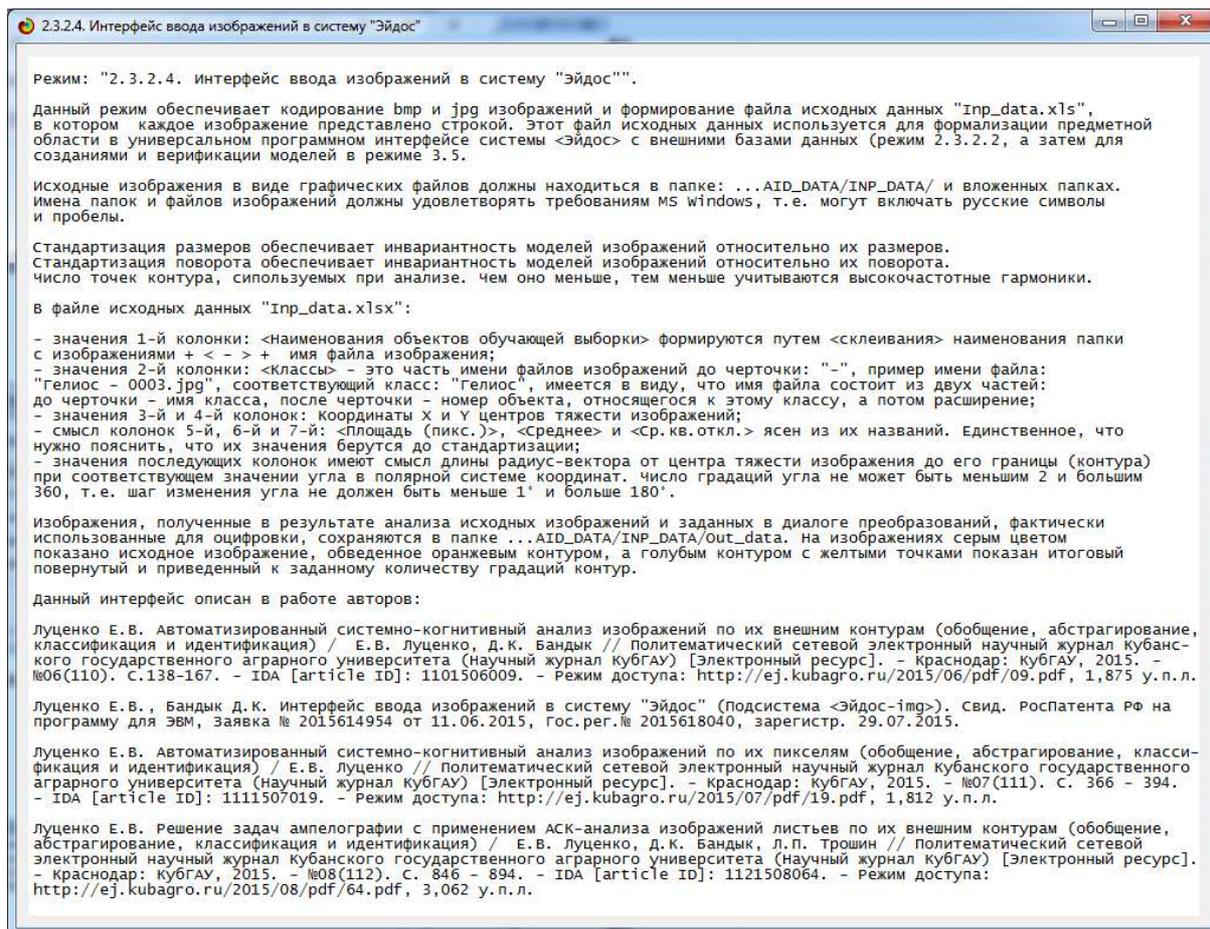


Рисунок 3. Help режима 2.3.2.4. Оцифровка изображений по их внешним контурам

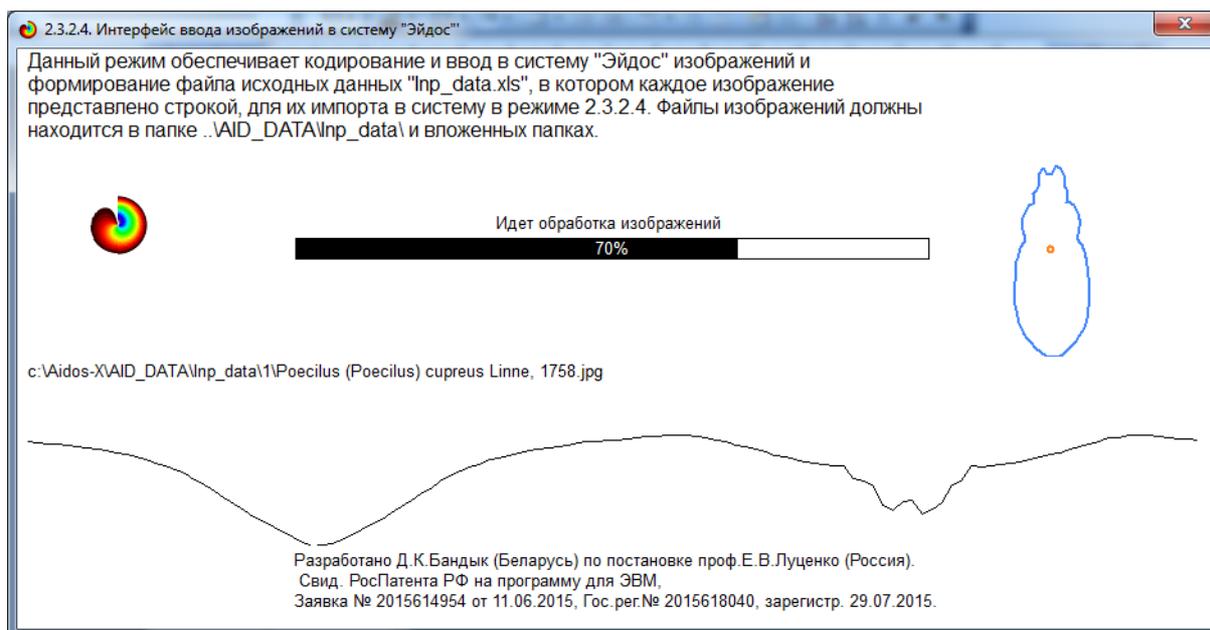


Рисунок 4. Экранная форма с отображением стадии процесса исполнения оцифровки изображений жужелиц по их внешним контурам

Данный режим:

1. Находит все поддиректории в папке: `..\AID_DATA\Inp_data\1\` и все графические файлы `jrg` 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, 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. При этом структура поддиректорий и имена файлов в папках: `..\AID_DATA\Inp_data\` и `..\AID_DATA\Out_data\` совпадают. Пример контурного изображения жужелицы приведен ниже на рисунке 5.
5. 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. Структура этой таблицы 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 6:



Рисунок 5. Пример контурного изображения жужелицы: c:\Aidos-X\AID_DATA\Out_data\1\Pterostichus (Platysma) niger niger s.str.jpg

Помощь по режиму 2.3.2.2 для случая Excel-файлов исходных данных

Режим 2.3.2.2: Универсальный программный интерфейс импорта данных из внешней базы данных "Inp_data.xls" в систему "Эйдос-х++" и формализации предметной области.

- Данный программный интерфейс обеспечивает автоматическое формирование классификационных и описательных шкал и градаций, а также обучающей и распознаваемой выборки, т. е. формализацию предметной области, на основе XLS или XLSX-файла с исходными данными приведенного ниже стандарта.
- Файл исходных данных должен иметь имя: INP_DATA.XLS или INP_DATA.XLSX и может быть получен в Excel-2003(2007-2010), а файл распознаваемой выборки имя: INP_RASP.XLS или INP_RASP.XLSX. Файлы INP_DATA.XLS (INP_DATA.XLSX) и INP_RASP.XLS (INP_RASP.XLSX) должны находиться в папке /AIDOS-X/AID_DATA/Inp_data/ и имеют совершенно одинаковую структуру.
- 1-я строка этого файла должна содержать наименования колонок на любом языке, в т. ч. и русском. Эти наименования должны быть во всех колонках, при этом объединение ячеек и переносы слов не допускаются. Желательно, чтобы эти наименования были не очень длинными, т.к. к ним еще будут добавляться интервальные числовые или текстовые значения.
- Каждая строка этого файла, начиная со 2-й, содержит данные об одном объекте обучающей выборки. Если Excel-2003, в листе может быть до 65536 строк и до 256 колонок. В листе Excel-2007(2010) возможно до 1 048 576 строк и 16 384 колонок.
- Столбцы, начиная со 2-го, являются классификационными и описательными шкалами и могут быть текстового (номинального) или числового типа (с десятичными знаками после запятой).
- Столбцу присваивается числовой тип, если все значения его ячеек числового типа. Если хотя бы одно значение является текстовым (не числом, в т.ч. пробелом), то столбцу присваивается текстовый тип. Это означает, что нули должны быть указаны нулями, а не пробелами.
- 1-й столбец содержит наименование источника данных длиной до 255 символов, но желательно, чтобы эти наименования были не очень длинными.
- Столбцы со 2-го по N-й являются классификационными шкалами (выходными параметрами) и содержат данные о классах (будущих состояниях объекта управления), к которым принадлежат объекты обучающей выборки.
- Столбцы с N+1 по последний являются описательными шкалами (факторами) и содержат данные о признаках (значениях факторов), характеризующих объекты обучающей выборки.
- В результате работы режима формируется файл INP_NAME.TXT стандарта MS DOS (кириллица), в котором наименования классификационных и описательных шкал являются СТРОКАМИ. Система формирует классификационные и описательные шкалы и градации. Для этого в каждом числовом столбце система находит минимальное и максимальное числовые значения и формирует заданное количество числовых интервалов, после чего числовые значения заменяются их интервальными значениями. В текстовых столбцах система находит уникальные текстовые значения. Каждое УНИКАЛЬНОЕ интервальное числовое или текстовое значение считается градацией классификационной или описательной шкалы, характеризующей объект. С их использованием генерируется обучающая выборка, каждый объект которой соответствует одной строке файла исходных данных NP_DATA и содержит коды классов, соответствующие фактам совпадения числовых или уникальных текстовых значений классов с градациями классификационных шкал и коды признаков, соответствующие фактам совпадения числовых или уникальных текстовых значений признаков с градациями описательных шкал.
- Распознаваемая выборка формируется на основе файла INP_RASP аналогично, за исключением того, что классификационные и описательные шкалы и градации не создаются, а используются ранее созданные в модели, и базы распознаваемой выборки могут не включать коды классов, если столбцы классов в файле INP_RASP были пустыми. Структура файла INP_RASP должна быть такая же, как INP_DATA, т.е. они должны ПОЛНОСТЬЮ совпадать по столбцам, но могут иметь разное количество строк.

Принцип организации таблицы исходных данных:

Наименование объекта обучающей выборки	Наименование 1-й классификационной шкалы	Наименование 2-й классификационной шкалы	...	Наименование 1-й описательной шкалы	Наименование 2-й описательной шкалы	...
1-й объект обучающей выборки	Значение показателя	Значение показателя	...	Значение показателя	Значение показателя	...
2-й объект обучающей выборки	Значение показателя	Значение показателя	...	Значение показателя	Значение показателя	...
...

Ok Cancel

Рисунок 6. 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:

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

N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14
1 Acinopus (Acinopus) picipes (Olivier, 1795).jpg	Acinopus (Acinopus) picipes (Olivier, 1795).jpg	104,5084147 198,1292725	47237 111,4023743	51,7968959	58,4917603	68,621254	75,5824203	89,3194122	109,6833725	144,1365095	188,0		
1 Agonum (Europhium) piceum (Linne, 1758).jpg	Agonum (Europhium) piceum (Linne, 1758).jpg	137,0783386 167,837616	26395 81,5793381	48,8430786	39,4219371	47,5209923	55,4872971	66,2387085	84,6929169	117,6870575	157,		
1 Amara (Zezea) plebeja (Gyllenhal, 1810).jpg	Amara (Zezea) plebeja (Gyllenhal, 1810).jpg	144,3844604 192,7997284	32638 98,7728806	35,2723361	64,1158524	67,6233139	74,5211807	86,0140991	104,3247604	128,360046	157,3		
1 Anthracus consputus (Dufschmid, 1812).jpg	Anthracus consputus (Dufschmid, 1812).jpg	114,4564819 221,3618927	20120 70,1937103	38,5262871	42,0483689	46,0631256	50,4572792	58,4199562	73,4206314	100,9197311	141,0		
1 Aphaeus compressus Roost, 1892.jpg	Aphaeus compressus Roost, 1892.jpg	105,0708694 168,2257233	26420 73,7259369	51,4799156	32,4383736	31,1740723	31,1672516	33,7079277	39,8121414	47,3374957	148,8		
1 Apotomus testaceus Dejean, 1825.jpg	Apotomus testaceus Dejean, 1825.jpg	131,3326721 222,8410339	18148 69,8008978	35,9133644	46,1676025	48,248951	51,6395275	58,8294983	74,5973494	99,2007751	122,5		
1 Asaphidion caraboides (Schrank, 1781).jpg	Asaphidion caraboides (Schrank, 1781).jpg	96,1178665 234,1483154	18347 69,6439438	32,3181686	44,3903046	47,6346664	52,1781845	60,2177238	73,8098395	93,8937225	117,		
1 Bembidion (Metalina) lampros (Hebst, 1784).jpg	Bembidion (Metalina) lampros (Hebst, 1784).jpg	120,8185043 234,7731476	22325 76,4814377	35,6294937	46,682045	50,3342041	56,6609535	66,4864578	82,0901566	105,5306778	129,4		
1 Bradycellus (Bradycellus) harpalinus (Audinet-Serville, 1821).jpg	Bradycellus (Bradycellus) harpalinus (Audinet-Serville, 1821).jpg	133,1345809 221,5303497	29547 90,7679214	38,8068370	58,3084412	62,7689179	67,1794205	78,531109	98,2932096	126,641743	156,4		
1 Bioscus semishatus (Dejean, 1828).jpg	Bioscus semishatus (Dejean, 1828).jpg	108,6772614 199,4856525	39942 98,9847946	56,0023422	43,3227501	54,0673943	61,3855133	73,9864807	94,4552307	126,274157	171,8		
1 Callistus lunatus lunatus Fabricius, 1775.jpg	Callistus lunatus lunatus Fabricius, 1775.jpg	156,4566345 171,907074	24429 78,6441422	45,2360992	39,0434761	48,1138802	58,2586288	69,4945145	90,0370255	120,16880	156,0		
1 Calosoma (Calosoma) cycophanta Linne, 1758.jpg	Calosoma (Calosoma) cycophanta Linne, 1758.jpg	127,9561157 216,3507996	21 1,7227226	1,7964152	0,8469187	0,8469187	0,8469187	0,8469187	0,8469187	0,8469187	0,8469187	0,8469187	0,8469187
1 Carabus (Megadontus) exaratus Quensel, 1806.jpg	Carabus (Megadontus) exaratus Quensel, 1806.jpg	85,6081314 138,478248	27805 82,5167618	43,7201195	42,3918724	51,2047501	61,4427338	75,4315414	97,3150253	126,976458	158,2		
1 Clivina (Clivina) fossor (Linnaeus, 1758).jpg	Clivina (Clivina) fossor (Linnaeus, 1758).jpg	147,4718233 191,5851135	36205 91,0772858	56,8377075	45,0300789	51,3139076	58,3787041	66,8773193	82,4614334	114,6103439	171,8		
1 Diachromus gemmarus (Linne, 1758).jpg	Diachromus gemmarus (Linne, 1758).jpg	111,0157776 195,7398071	36115 99,3103714	42,9270248	82,4846344	86,435051	94,5783251	108,5488932	127,2863388	147,8195038	168,9		
1 Dixus obscurus Dejean 1825.jpg	Dixus obscurus Dejean 1825.jpg	139,6381073 167,1705933	44148 107,3695915	50,2077675	56,362854	43,000412	45,9016838	87,7934799	105,9375662	144,036499	188,9		
1 Dromius (Dromius) agilis (Fabricius, 1787).jpg	Dromius (Dromius) agilis (Fabricius, 1787).jpg	134,0846546 254,8393985	30321 89,5643289	40,6176262	57,4536781	61,8701057	68,5101776	81,264534	99,1688614	125,804306	153,6		
1 Drypta (Drypta) dentata (P.jpg	Drypta (Drypta) dentata (P.jpg	144,475769 297,1102905	69 3,6114519	4,5784259	0,8900394	0,8900394	0,8900394	0,8900394	0,8900394	0,8900394	0,8900394	0,8900394	0,8900394
1 Dyschiridius aeneus (Dejean, 1825).jpg	Dyschiridius aeneus (Dejean, 1825).jpg	119,8046285 208,4751587	4089 34,9736786	21,9255352	22,7014427	10,9893513	12,0380002	13,6771317	16,4700527	22,26231	35,1		
1 Jeannelius birsteni Lvovschkin, 1963.jpg	Jeannelius birsteni Lvovschkin, 1963.jpg	97,4476166 262,7223614	13999 59,0591507	36,894361	39,0533676	42,0875473	46,2802119	53,8081322	66,0971939	86,7187424	120,1		
1 Lebia (Lebia) crumirror (Linne, 1758).jpg	Lebia (Lebia) crumirror (Linne, 1758).jpg	156,7545319 226,1881213	28581 92,196846	34,3368094	64,2463226	66,2064667	75,3428421	87,7009694	107,333786	132,3209229	148,3		
1 Leistus (Leistus) ferrugineus Linne, 1758.jpg	Leistus (Leistus) ferrugineus Linne, 1758.jpg	146,0591491 159,042078	25894 79,6249695	45,8849678	32,9433596	42,387001	53,1637115	65,297428	80,2784424	115,241565	157,5		
1 Licinus (Licinus) depressus Paykull, 1790.jpg	Licinus (Licinus) depressus Paykull, 1790.jpg	112,2133331 196,9487676	43426 105,9886627	52,1432381	57,2866898	66,7818604	75,5268646	88,2678996	110,0159888	146,8738893	193,9		
1 Mastax themarum Steven, 1806.jpg	Mastax themarum Steven, 1806.jpg	108,9098808 173,8250275	34651 91,2048187	58,273459	49,5903282	60,4341393	69,9633484	84,9830475	110,309639	150,0306549	189,7		
1 Nebria (Nebria) brevicollis Fabricius, 1792.jpg	Nebria (Nebria) brevicollis Fabricius, 1792.jpg	130,5441742 189,4025421	40549 105,4304657	44,6616058	63,9586143	71,6735535	81,2296371	94,8283615	113,6926422	144,7492981	178,2		
1 Nonius pygmaeus Dejean.jpg	Nonius pygmaeus Dejean.jpg	128,0072479 206,4586792	28607 87,3248672	45,0347481	53,495491	54,7236356	58,8536415	68,724411	85,0231171	117,1837921	157,2		
1 Notophilus aeneus (Hebst, 1806) Goulet.jpg	Notophilus aeneus (Hebst, 1806) Goulet.jpg	128,9187012 199,8237	29293 88,659874	39,6508942	51,5816002	55,9229851	62,3429375	69,9780731	87,6340027	113,3138504	145,		
1 Odacantha (Odacantha) melanura Linne, 1767.jpg	Odacantha (Odacantha) melanura Linne, 1767.jpg	147,9735532 217,4584961	28730 81,8401337	53,7436409	38,5242538	40,4329453	43,8991127	51,5434875	68,7850809	91,6458511	129,		
1 Olisthopus rotundatus (Paykull, 1790).jpg	Olisthopus rotundatus (Paykull, 1790).jpg	108,4525604 171,3368635	28981 82,7704315	48,4330521	21,0578842	40,9737358	54,9396324	69,9429398	90,4654236	124,2627487	172,0		
1 Omphron (Omphron) limbatum Fabricius, 1777.jpg	Omphron (Omphron) limbatum Fabricius, 1777.jpg	167,0440674 192,5312347	53272,127 4799728	29,4889919	100,4570235	106,8451538	114,0740967	124,4550247	141,582428	198,0964355	174,8		
1 Ophonus (Ophonus) laeicollis Mannerheim, 1825.jpg	Ophonus (Ophonus) laeicollis Mannerheim, 1825.jpg	102,5884857 169,6807709	33549 83,3888443	44,0673637	47,9125748	53,1312561	63,6116753	75,3286591	94,3586686	128,3614197	170,0		
1 Patrobus athonus (Stroem, 1788).jpg	Patrobus athonus (Stroem, 1788).jpg	110,8043931 173,7543945	27948 83,5621719	49,6009589	27,8966885	42,9034884	53,7182236	65,8647308	85,0712433	120,2274094	166,2		
1 Platynus (Platynus) assimilis Paykull, 1790.jpg	Platynus (Platynus) assimilis Paykull, 1790.jpg	109,1785278 161,2395782	27885 85,1407928	43,5409889	50,3272171	55,5793408	62,8438606	75,9198151	96,3680954	126,7160568	155,7		
1 Poecilus (Poecilus) cupreus Linne, 1758.jpg	Poecilus (Poecilus) cupreus Linne, 1758.jpg	115,2661057 163,3102722	34186 86,655632	42,1538993	59,2379074	64,6987915	71,6724548	83,6030273	102,6507645	133,308075	165,8		
1 Pogonistes convexicollis Chaudoir, 1871.jpg	Pogonistes convexicollis Chaudoir, 1871.jpg	136,9236289 194,3083649	37431 100,0954742	45,7663307	58,0766869	63,0801888	69,7907324	78,8008563	95,0703511	125,4719993	169,3		
1 Pogonus (Pogonus) littoralis Dufschmid.jpg	Pogonus (Pogonus) littoralis Dufschmid.jpg	104,1183281 197,9000048	22812 79,3080063	38,3044853	47,3831635	51,5899558	57,9088336	66,1659775	80,3791046	107,3120346	147,2		
1 Polistichus connexus (Geoffroy, 1785).jpg	Polistichus connexus (Geoffroy, 1785).jpg	137,5794617 254,5196228	28137 92,6340714	44,0518913	54,5226555	57,8020457	64,2328873	72,9053955	87,8198929	111,3148364	124,9		
1 Porotachys bisulcatus.jpg	Porotachys bisulcatus.jpg	160,3222351 232,791626	38077 103,972023	35,2421455	78,1780396	82,0036697	90,2089157	101,8736115	117,8259277	136,4603577	156,7		
1 Pterostichus (Platysma) niger niger s.str.jpg	Pterostichus (Platysma) niger niger s.str.jpg	121,8196259 184,5565796	31687 89,9033432	47,5363083	47,6824379	57,0538597	64,3633499	76,6131439	99,9404526	134,1839905	171,7		
1 Stomis (Stomis) pumicatus (Panzer, 1796).jpg	Stomis (Stomis) pumicatus (Panzer, 1796).jpg	169,9020233 164,5918427	21191 69,1455994	45,5467682	22,6016617	23,261069	36,3005409	51,527153	68,7166214	97,3986664	141,3		
1 Synuchus (Synuchus) vivalis Iliger, 1798.jpg	Synuchus (Synuchus) vivalis Iliger, 1798.jpg	130,3447266 179,5784302	33685 94,2012863	45,2121315	55,1568871	60,6897563	69,2588594	80,5884492	103,1041946	133,0363007	169,6		
1 tachys_scutellariae_kaeef.jpg	tachys_scutellariae_kaeef.jpg	140,4543152 269,874054	22956 79,3175888	31,3227844	56,045826	58,3202248	63,654274	70,9140701	85,8274231	102,7087936	120,9		
1 Tachyta (Tachyta) nana (Gyllenhal, 1810).jpg	Tachyta (Tachyta) nana (Gyllenhal, 1810).jpg	136,877855 185,6456336	51516 115,2923889	55,7219636	68,6223147	75,414978	86,2018738	100,9161682	126,7358627	167,8840973	214,3		
1 Thalesophilus longicornis Sturm, 1825.jpg	Thalesophilus longicornis Sturm, 1825.jpg	135,5569458 164,7095642	28492 83,693634	48,2305681	41,9440613	48,0577087	55,3525581	64,5303067	80,8998718	114,4600449	158,3		
1 Thermoscelus insignis insignis Chaudoir, 1846.jpg	Thermoscelus insignis insignis Chaudoir, 1846.jpg	104,7735519 186,4264069	21756 73,9774867	40,5733032	44,7301254	49,8604813	56,8448753	68,126358	85,9086227	110,1330795	137,7		
1 Zabrus (Zabrus) tenebrioides Goeze, 1777.jpg	Zabrus (Zabrus) tenebrioides Goeze, 1777.jpg	101,4988077 195,3043622	33909 95,5241394	34,1201935	63,5114899	66,651329	73,706749	84,2325827	101,7608032	124,27216	145,8		
1 Zuphium olens (P.jpg	Zuphium olens (P.jpg	129,0461121 214,5347956	22364 76,0042953	42,0937119	48,4561195	50,7655258	55,2293549	64,8229478	77,1346664	105,4386139	140,6		

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 7, причем на ней показаны нужные параметры, которые формируются режи-

мом 2.3.2.4 как параметры по умолчанию.

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 и выводится окно внутреннего калькулятора данного режима, в котором мы можем задать число интервальных значений в числовых шкалах (рисунок 8):

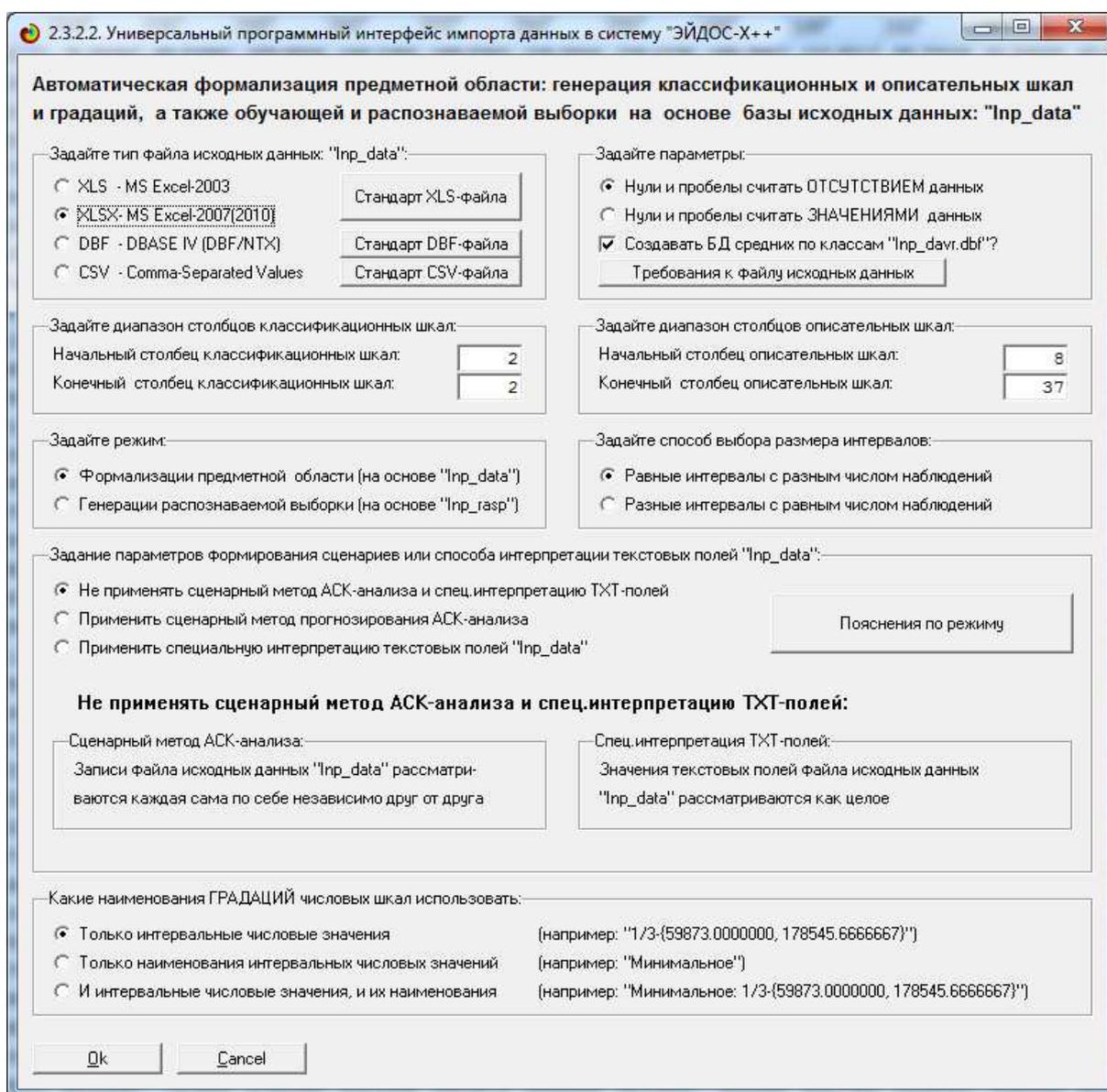


Рисунок 7. Главная экранная форма универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2)

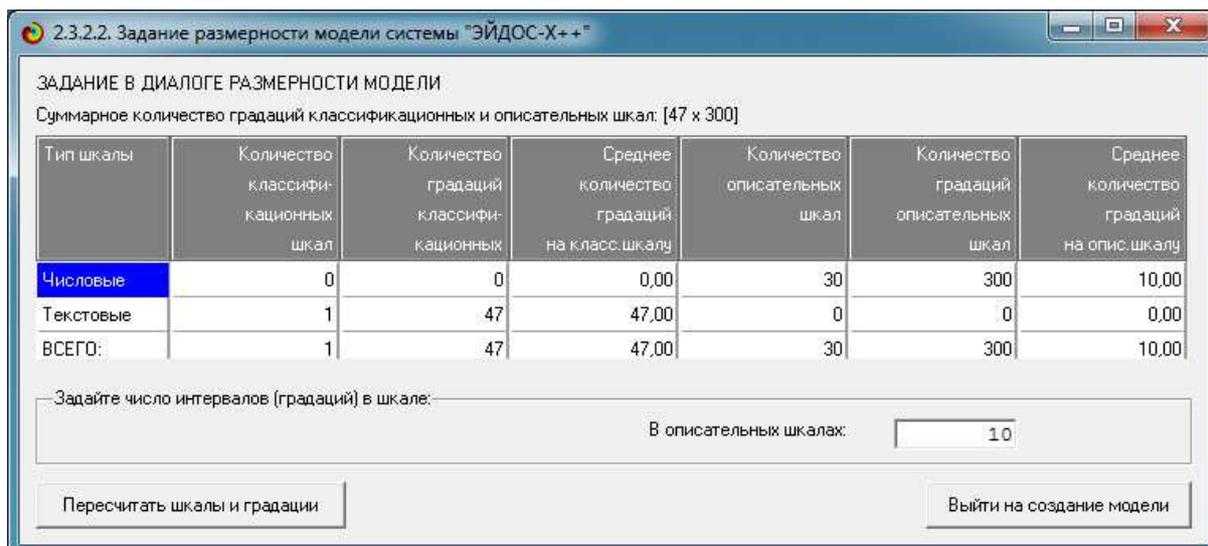


Рисунок 8. Экранная форма внутреннего калькулятора универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных

В этой 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.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 9):

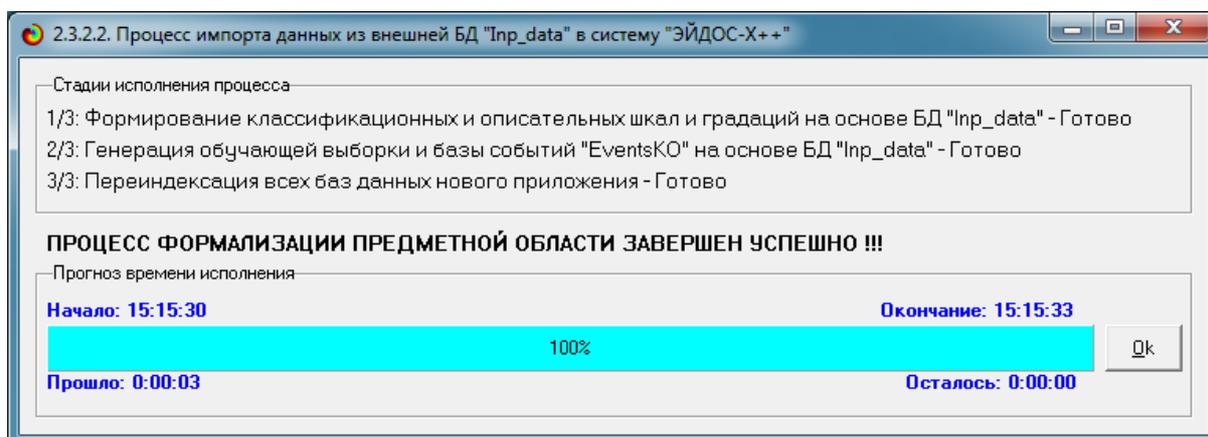


Рисунок 9. Экранная форма, отображающая этапы импорта данных из внешней базы данных в систему «Эйдос»

Сами справочники классификационных и описательных шкал и гра-
даций, 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 так-
же формируется таблица ..\AID_DATA\Inp_data\inp_davr.xls с усреднен-
ными данными по классам.

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

2.3. Синтез и верификация моделей обобщенных обра- зов жужелиц по видам (многопараметрическая ти- пизация)

Далее запускается режим 3.5, обеспечивающий синтез и верифика-
цию (оценку достоверности) моделей (рисунок 10):

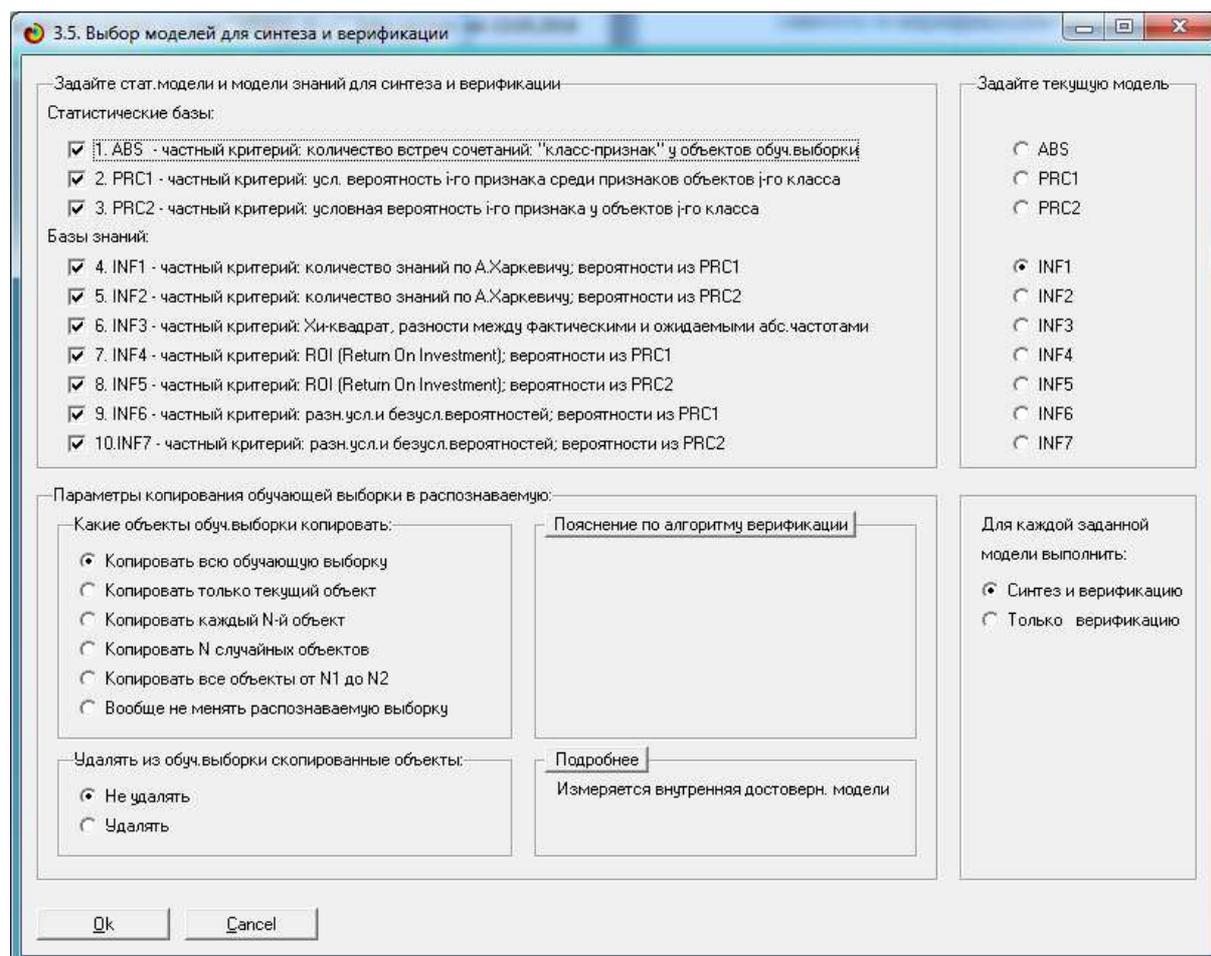


Рисунок 10. Экранная форма режима синтеза и верификации моделей
системы «Эйдос» (режима 3.5)

Запускаем этот режим с параметрами по умолчанию. 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 11 и 12) [7, 8]:

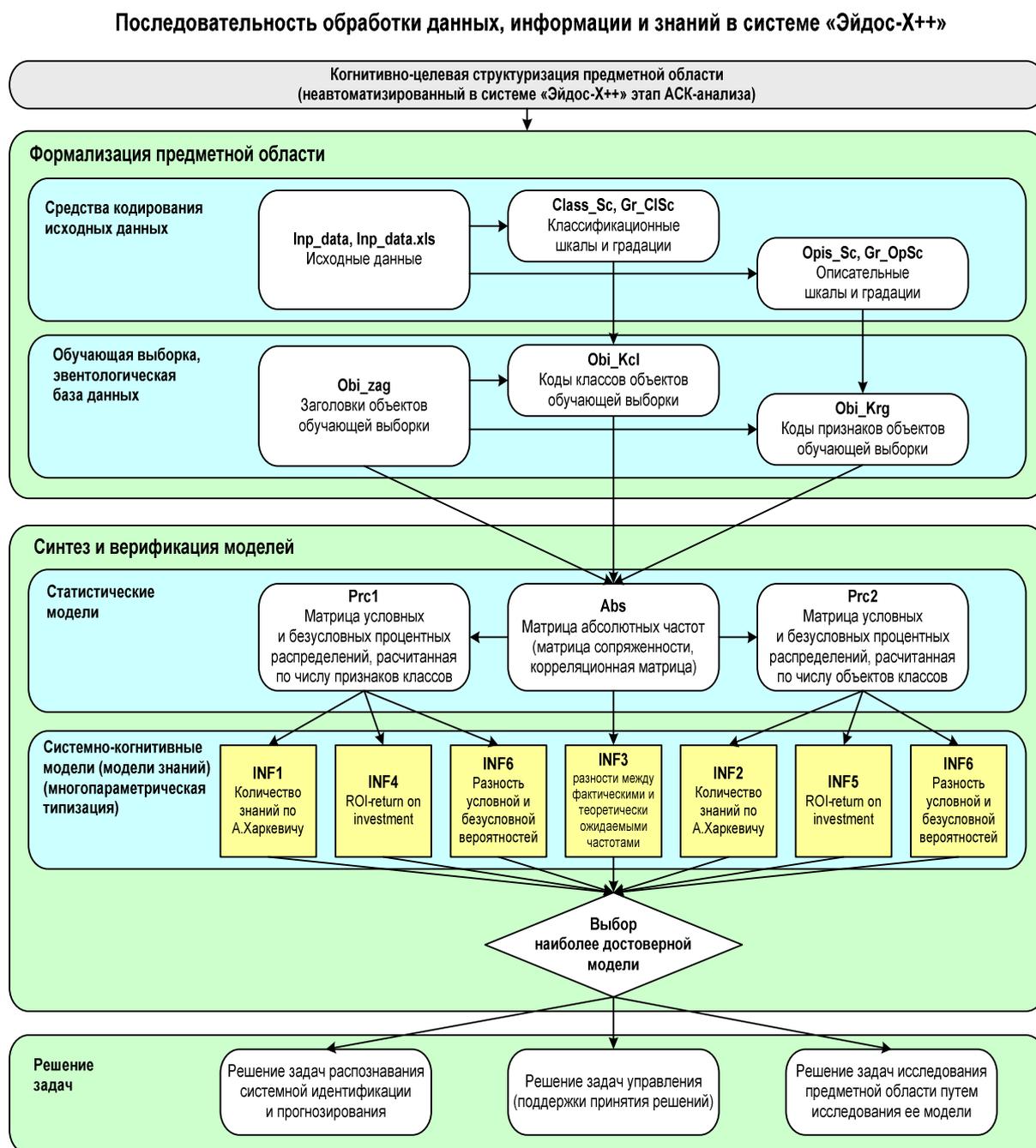


Рисунок 11. Этапы последовательного повышения степени формализации модели от данных к информации, а от нее к знаниям

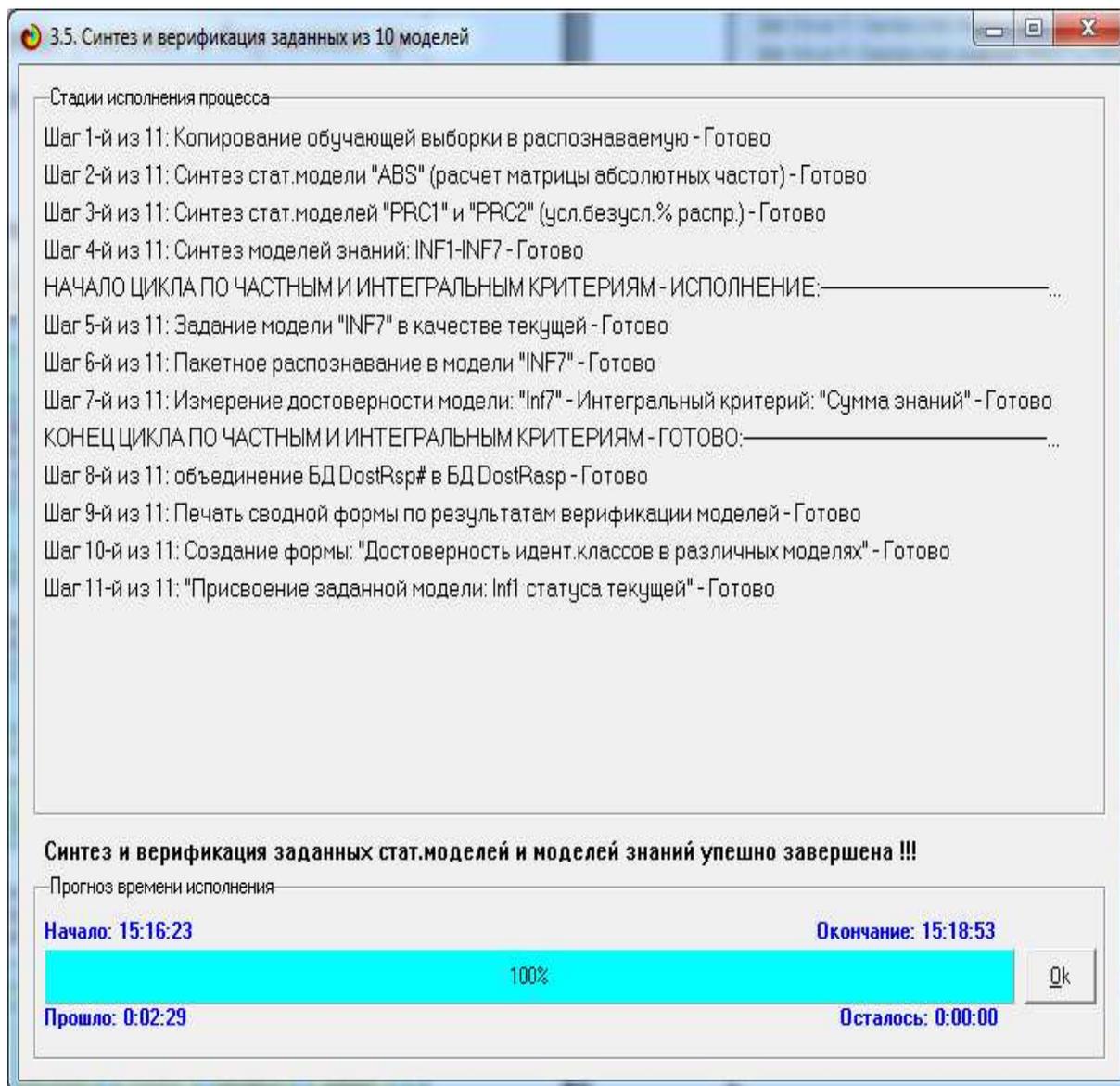


Рисунок 12. Экранная форма отображения стадии исполнения режима синтеза и верификации моделей

Из рисунка 12 видно, что процесс синтеза и верификации моделей на выборке из 47 жужелиц занял 2 минуты 29 секунд.

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 13 и 14).

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

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	35.708	67.854	26.05.2016	15:17:19
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по признак...	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:17:19
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	35.708	67.854	26.05.2016	15:17:30
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:17:30
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	35.708	67.854	26.05.2016	15:17:40
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:17:40
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	100.000	40.426	70.213	26.05.2016	15:17:51
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:17:51
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	100.000	40.379	70.190	26.05.2016	15:18:01
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:18:01
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	100.000	60.407	80.204	26.05.2016	15:18:12
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	100.000	60.407	80.204	26.05.2016	15:18:12
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	100.000	50.879	75.439	26.05.2016	15:18:22
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:18:22
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	100.000	50.879	75.439	26.05.2016	15:18:32
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:18:32
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	100.000	37.142	68.571	26.05.2016	15:18:42
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:18:43
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	100.000	37.142	68.571	26.05.2016	15:18:53
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	100.000	17.484	58.742	26.05.2016	15:18:53

Помощь

Рисунок 13. Оценка достоверности моделей, с помощью непараметрической метрики, сходной с F-критерием

Помощь по режиму: 4.1.3.6: Виды прогнозов и принцип определения достоверности моделей в системе "Эйдос-Х++"

Режим: Помощь по режиму: 4.1.3.6: Виды прогнозов и принцип оценки достоверности моделей в системе "Эйдос-Х++" 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 14. Help режима 4.1.3.6: пояснение смысла непараметрической метрики, сходной с F-критерием

Из рисунка 14 мы видим, что наиболее достоверная модель, основанная на критерии χ^2 [7], дает среднюю достоверность определения вида

насекомого по его изображению около 80%, причем достоверность правильного отнесения жужелицы к типу виду составляет 100%, а правильного не отнесения к ее виду, к которому она не относится – около 60%. Эти показатели значительно лучше, чем у экспертов в этой области.

2.4. Количественное определение сходства-различия конкретных видов жужелиц с обобщенными образами жужелиц (системная идентификация)

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

- поместить в поддиректорию: c:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\ в какую-нибудь папку, например «Классифицируемые жужелицы» изображения классифицируемых жужелиц в том же стандарте, что и в обучающей выборке;
- выполнить режим: 2.3.2.4. «Оцифровка изображений по внешним контурам»;
- переименовать файл: c:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\Inp_data.xlsx в Inp_rasp.xlsx или скопировать его с переименованием;
- выполнить режим 2.3.2.2. «Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему» с теми же параметрами, что и при вводе обучающей выборки (рисунок 7), но с опцией: «Генерация распознаваемой выборки (на основе файла Inp_rasp)» (рисунок 15);
- выполнить режим 4.1.2. «Пакетное распознавание в текущей модели».

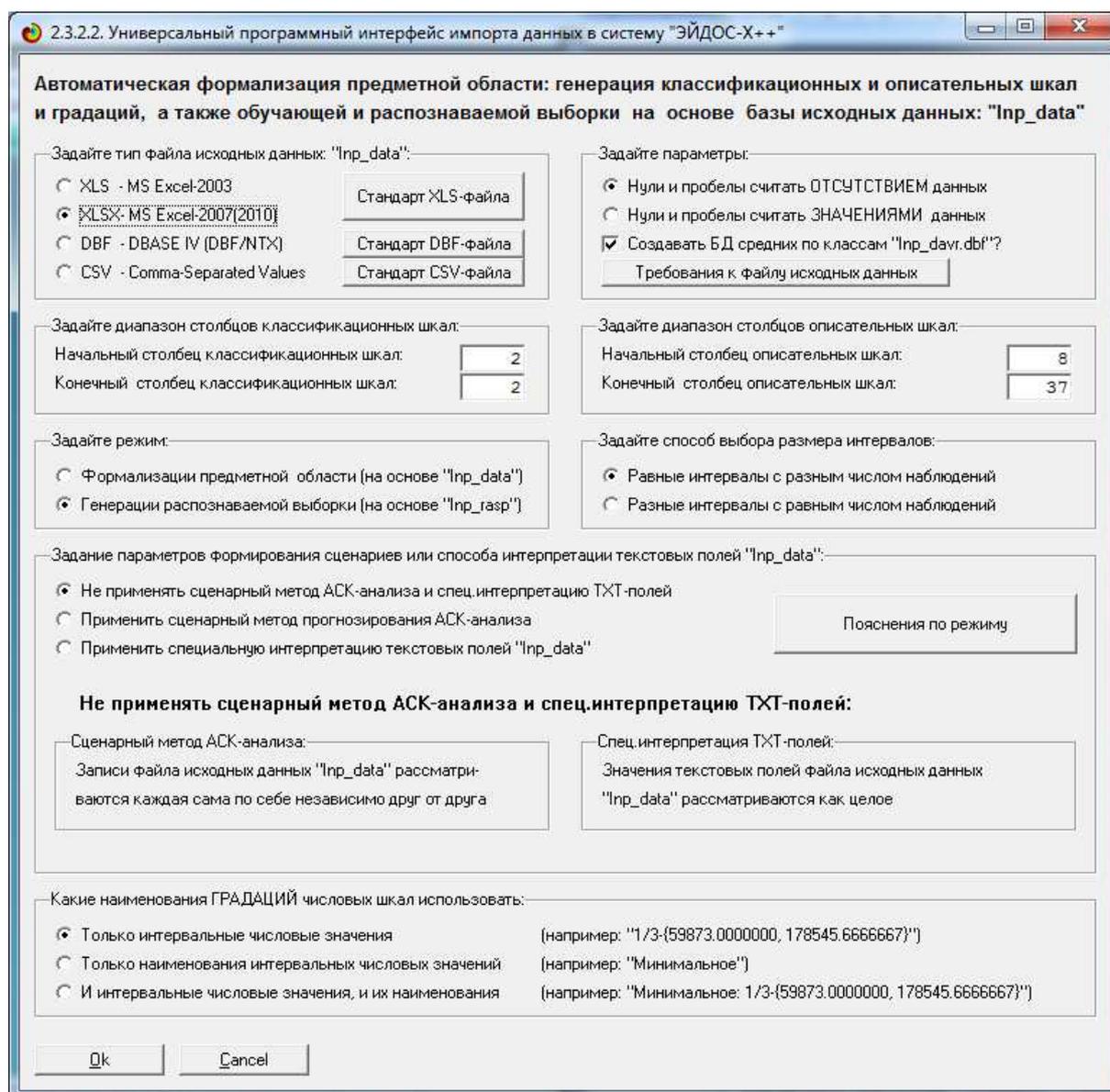


Рисунок 15. Главная экранная форма универсального программного интерфейса системы «Эйдос» с внешними базами данных (режим 2.3.2.2) с опцией ввода распознаваемой выборки

В результате в режиме 4.1.3.1 получим выходную форму, представленную на рисунке 16. Отметим, что в подобных формах есть случаи «Ложных срабатываний», т.е. отнесения изображения жужелицы не к тем, к которым она в действительности относится. Но необходимо отметить, что правильная идентификация всегда, т.е. во всех случаях, имеет более высокий уровень сходства, чем эти «Ложные срабатывания».

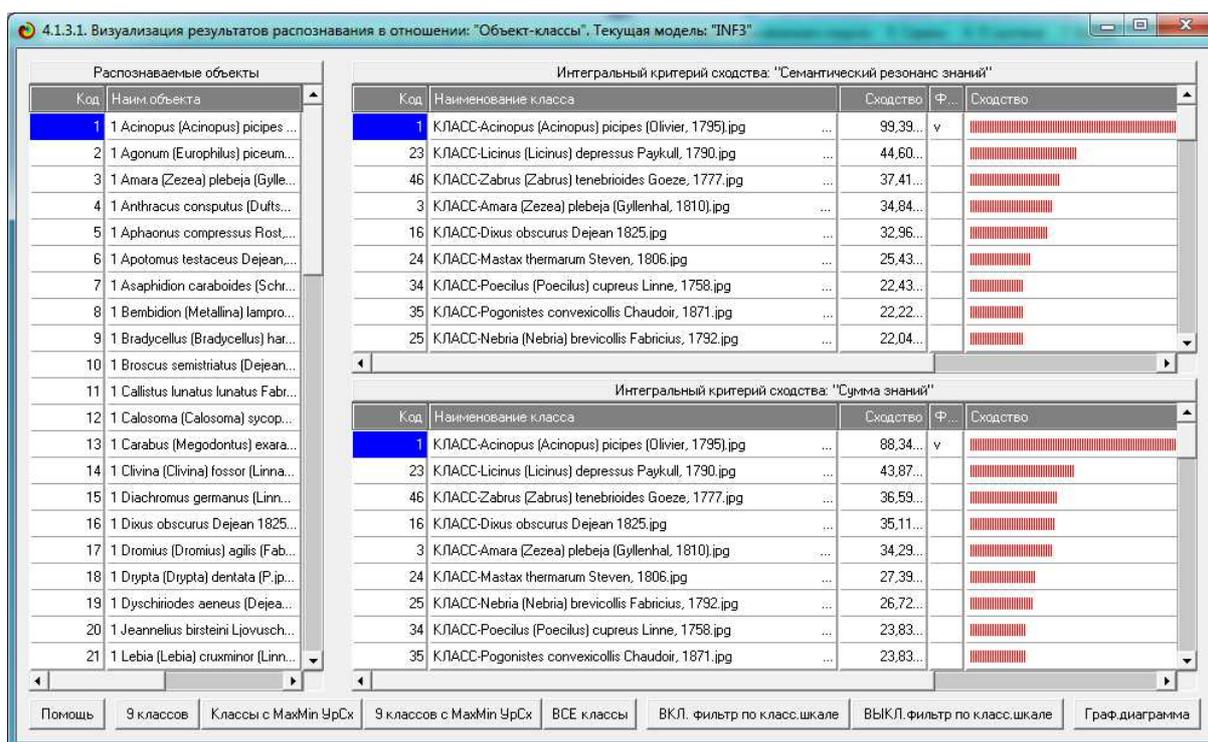


Рисунок 16. Степень сходства образа конкретной жужелицы с обобщенными образами различных видов жужелиц

В подсистеме 4.1.3. «Вывод результатов распознавания» мы можем получить 10 различных выходных форм, наименования которых приведены на рисунке 17:

- 4.1.3.1. Подробно наглядно: "Объект - классы"
- 4.1.3.2. Подробно наглядно: "Класс - объекты"
- 4.1.3.3. Итоги наглядно: "Объект - класс"
- 4.1.3.4. Итоги наглядно: "Класс - объект"
- 4.1.3.5. Подробно сжато: "Объекты - классы"

- 4.1.3.6. Обобщ. форма по достов. моделей при разных интегральных крит.
- 4.1.3.7. Обобщ. стат. анализ результатов идент. по моделям и инт. крит.
- 4.1.3.8. Стат. анализ результ. идент. по классам, моделям и инт. крит.
- 4.1.3.9. Распределения уровн. сходства при разных моделях и инт. крит.
- 4.1.3.10. Достоверность идент. классов при разных моделях и инт. крит.

Рисунок 17. Наименования выходных форм системы «Эйдос» с результатами распознавания

Две из них, количественно отражающие степень сходства образа конкретной жужелицы с обобщенными образами различных видов жужелиц, приведены на рисунках 18 (режимы 4.1.3.1 и 4.1.3.3):

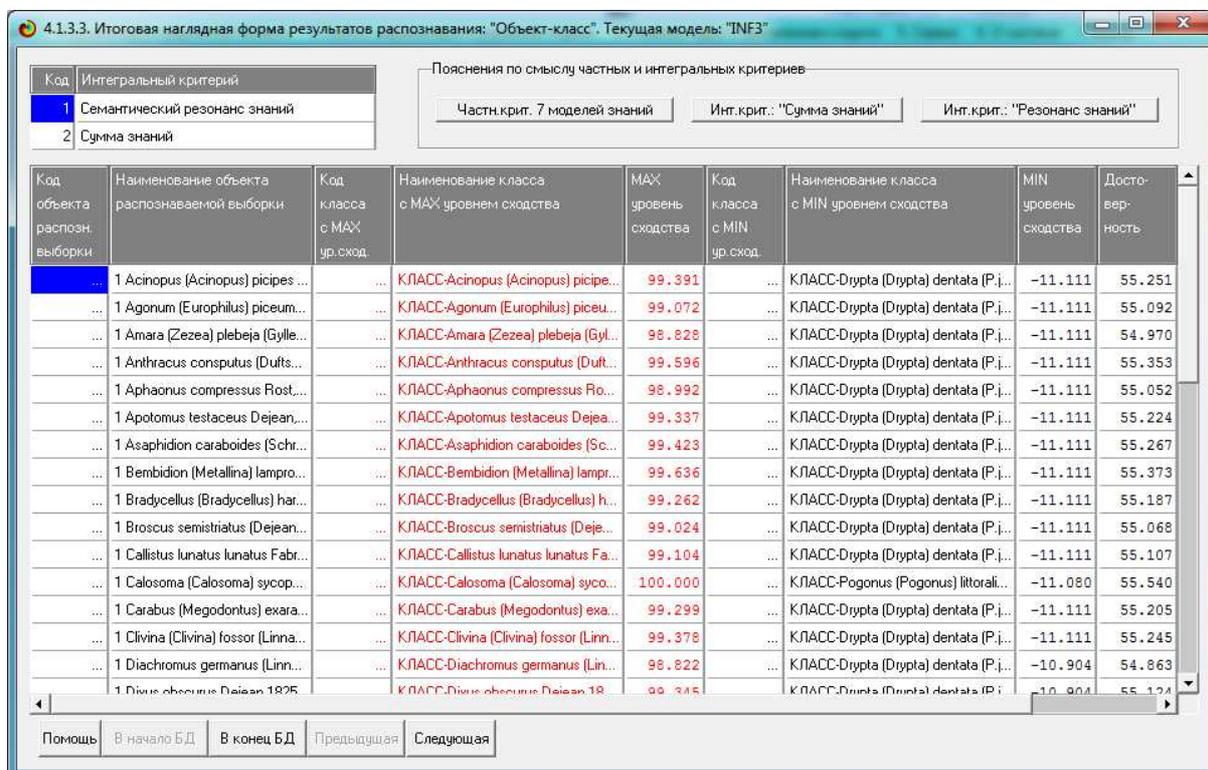
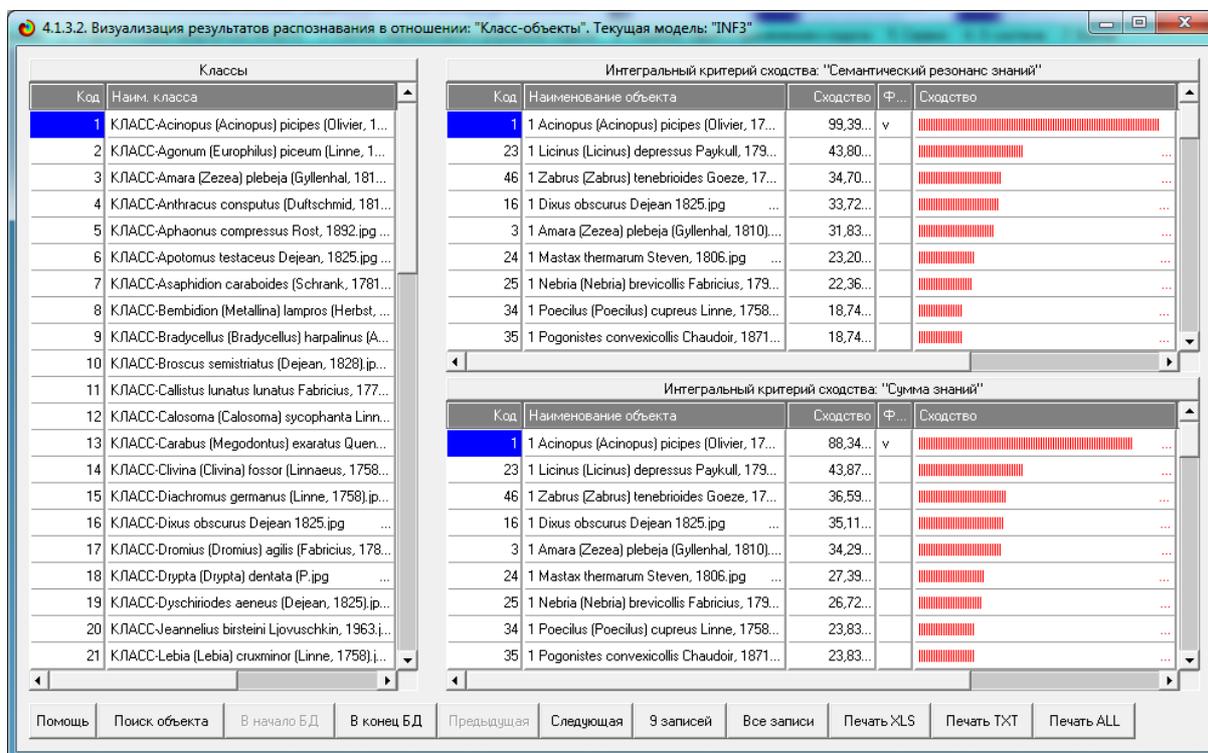


Рисунок 18. Степень сходства образа конкретной жужелицы с обобщенными образами различных видов жужелиц

2.5. Количественное определение сходства-различия видов жужелиц, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов насекомых

На рисунке 19 приведена одна из выходных форм, количественно отражающая степень сходства обобщенных образов жужелиц друг с другом:

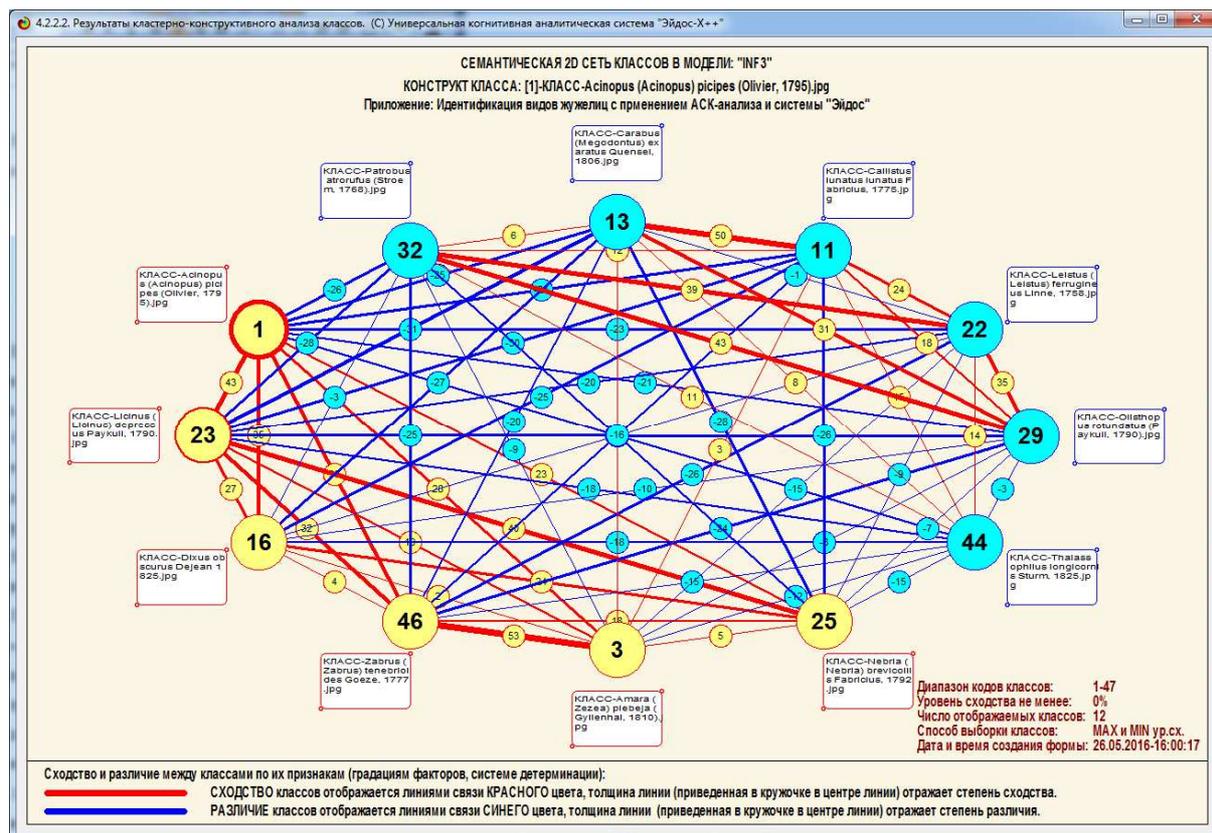


Рисунок 19. Степень сходства друг с другом обобщенных образов различных видов жужелиц

2.6. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели

В системе «Эйдос» реализовано много различных средств анализа созданных моделей, применяются различные формы когнитивной графики. Для целей настоящего исследования представляют интерес графические формы, визуализирующие систему описательных шкал и градаций (рисун-

ки 20), а также примеры информационных портретов обобщенных образов некоторых видов жужелиц (рисунки 21):

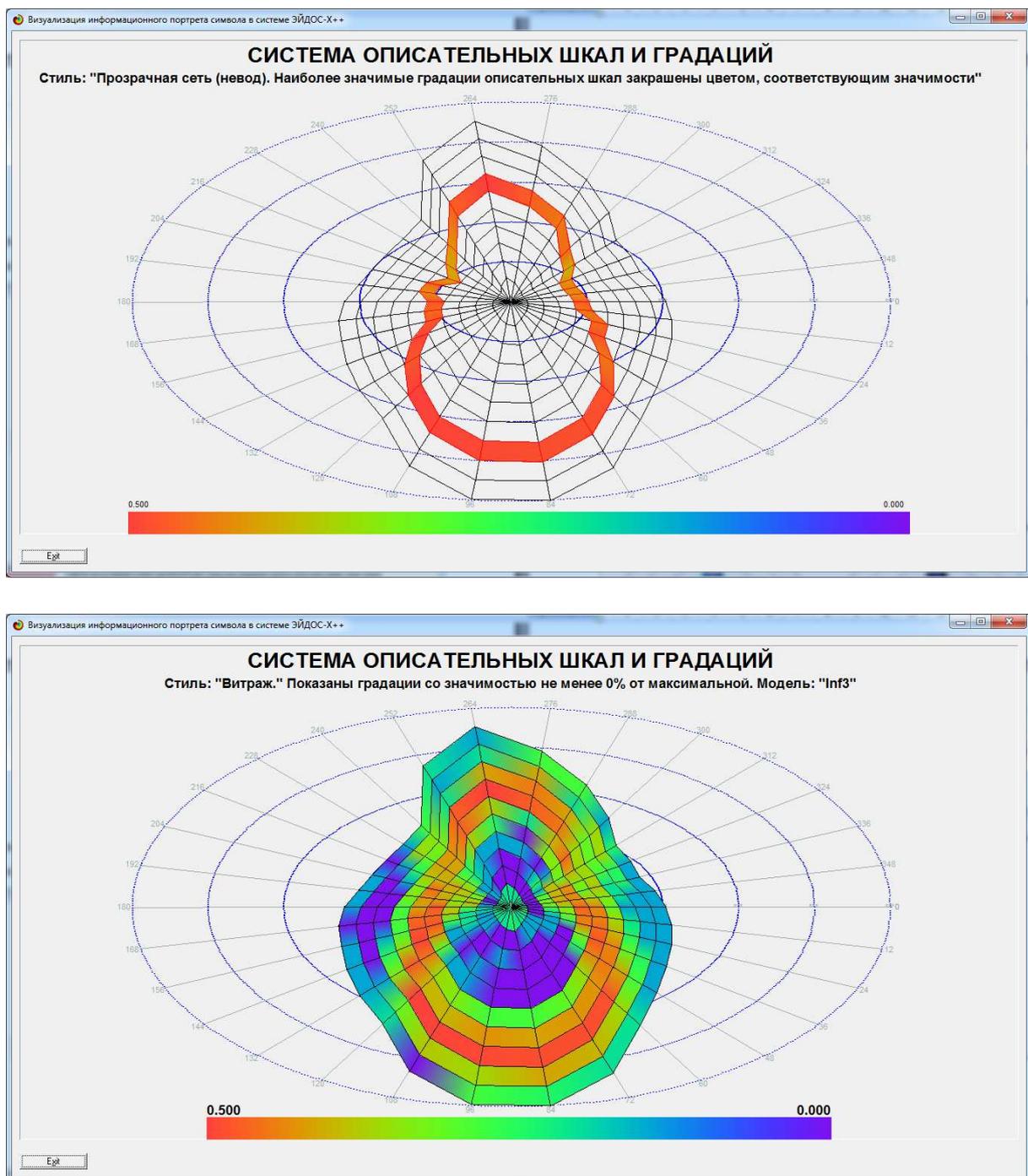
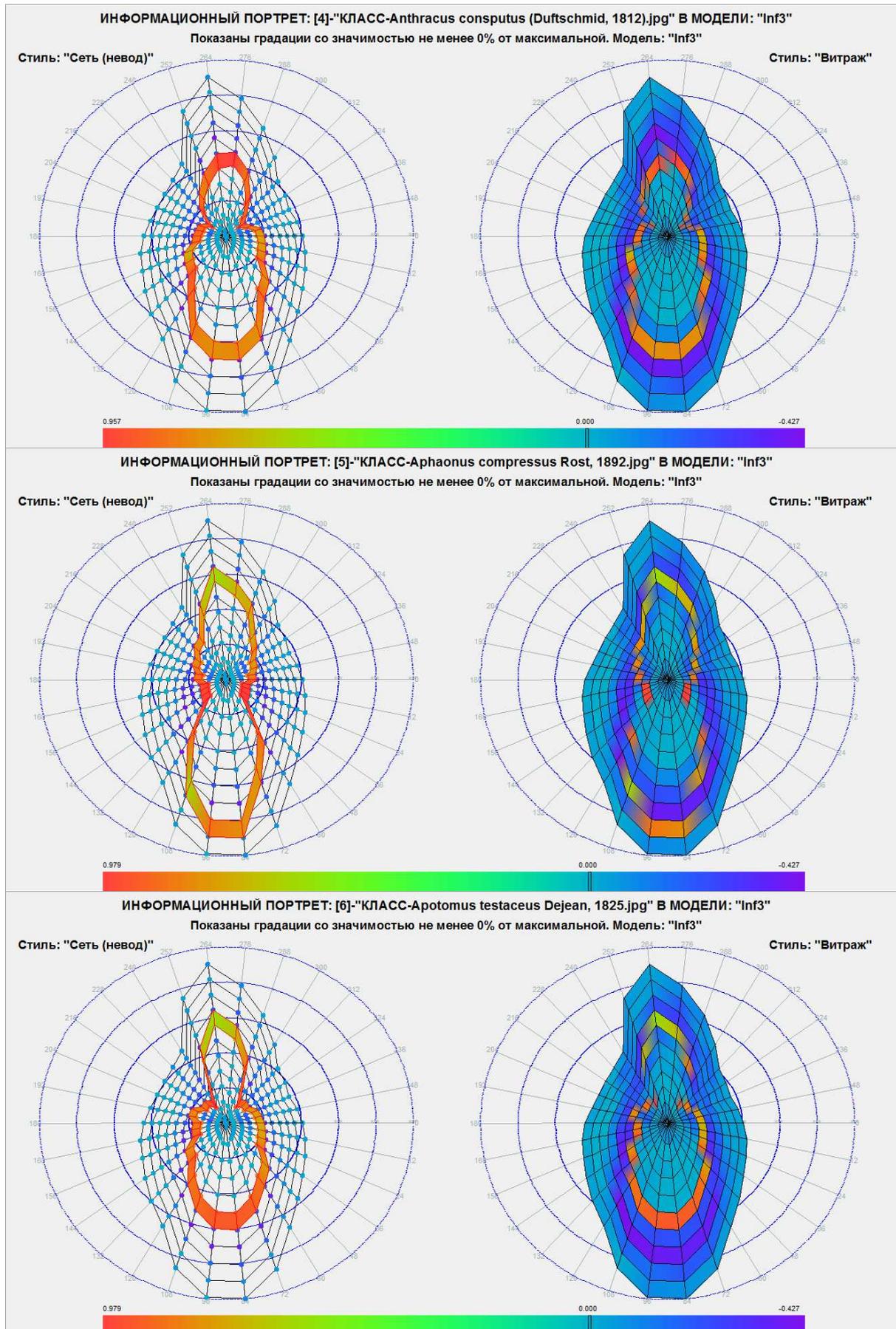


Рисунок 20. Система описательных шкал и градаций системно-когнитивной модели 2-й итерации



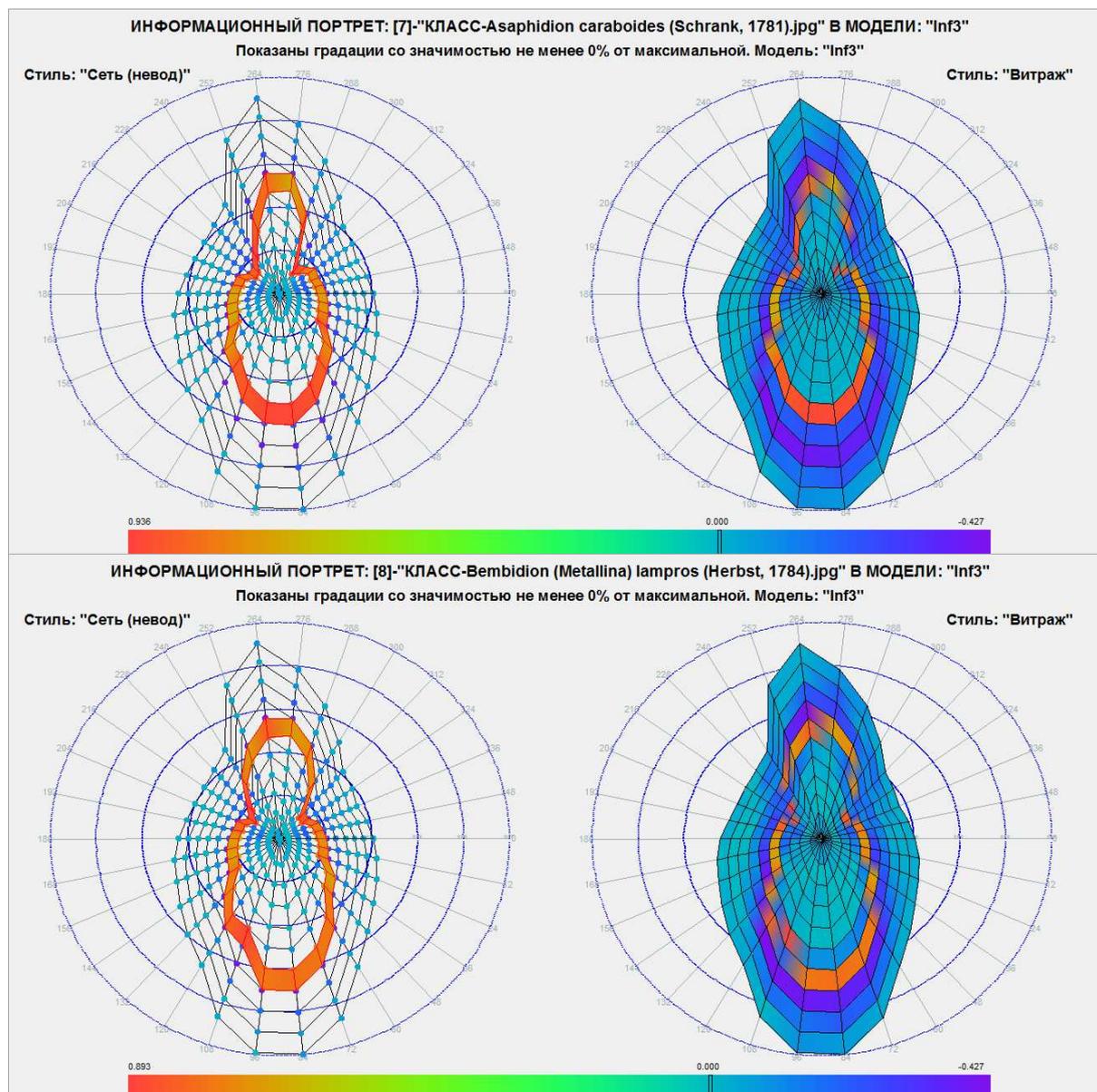


Рисунок 21. Примеры информационных портретов обобщенных образов некоторых видов жужелиц

На рисунках 21 цветом показана ценность градаций описательных шкал для классификации конкретных жужелиц по типам: красный цвет – максимальная ценность, фиолетовый – минимальная. На правом рисунке указана ценность всех градаций всех описательных шкал, а на левом для каждой шкалы оставлена только наиболее ценная градация, наиболее характерная для данного вида жужелиц, которой она наиболее сильно отли-

чающая ее от всех остальных. Все информационные портреты видов жу- желиц в статье не приводятся из-за ограниченности ее размеров, но их, а также их исходные и контурные изображения жу- желиц, можно скачать по ссылке: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/upload/01.zip>.

3. Выводы и результаты

В статье предложено решение актуальной для энтомологии задача определения вида жу- желиц. Преодолены некоторые недостатки традици- онных подходов.

Описано решение этой задачи с применением нового инновационно- го метода искусственного интеллекта: автоматизированного системно- ко- гнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос».

В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечи- вающий ввод в систему изображений, и выявление их внешних контуров.

Путем многопараметрической типизации в системе создается си- стемно-когнитивная модель, с применением которой, если модель окажется достаточно достоверной, могут решаться задачи системной иденти- фикации, прогнозирования, классификации, поддержки принятия решений и исследования моделируемого объекта путем исследования его модели.

Для решения этой задачи выполняются следующие этапы:

- 1) ввод в систему «Эйдос» изображений жу- желиц и создание их ма- тематических моделей;
- 2) синтез и верификация моделей обобщенных образов насекомых по видам на основе контурных изображений конкретных жесткокрылых (многопараметрическая типизация);
- 3) повышение качества модели путем разделения классов на типич- ную и нетипичную части;
- 4) количественное определение сходства-различия конкретных ви-

дов жужелиц с обобщенными образами насекомых различных видов (системная идентификация);

5) количественное определение сходства-различия видов жужелиц, т.е. кластерно-конструктивный анализ обобщенных образов жужелиц.

Приведен численный пример успешного решения поставленной в статье задачи.

4. Применение

Описанная в статье технология синтеза и применения интеллектуальной измерительной системы может быть применена не только в энтомологии, но и в других областях, чему может способствовать и то, что система «Эйдос» разработана в универсальной постановке, не зависящей от предметной области, и размещена в полном открытом бесплатном доступе на сайте автора по адресу: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>.

Материалы данной статьи могут быть использованы при проведении лабораторных работ по применению информационных технологий по дисциплинам, связанным с интеллектуальными технологиями, биологическими дисциплинами, представлением знаний и системами искусственного интеллекта.

5. Перспективы

Планируется решить методом АСК-анализа задачу классификации насекомых не только по видам, но и по отрядам.

Литература

1. Бондаренко А.С., Замотайлов А.С. Пространственно-временная дифференциация некоторых массовых видов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) нагорной части Северо-Западного Кавказа // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Естественно-математические и технические науки». 2011. 4(91). С. 73-83.

2. 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.

3. Жеребцов А.К. Определитель жужелиц Республики Татарстан. Казань, 2000 – 74 с.
4. 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>
5. 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=18271217>
6. 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>
7. 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.
8. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.

13. 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.

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. – Режим доступа: <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. Bondarenko A.S., Zamotajlov A.S. Prostranstvenno-vremennaja differenciacija nekotoryh massovyh vidov zhuzhelic (Coleoptera, Carabidae) nagornoj chasti Severo-Zapadnogo Kavkaza // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija «Estestvenno-matematicheskie i tehničeskie nauki». 2011. 4(91). S. 73-83.

2. 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.

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

4. 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-tehničeskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

5. 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>

6. 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>

7. 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 setевой 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.

8. 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 setевой 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.

9. Lucenko E.V. Cistemno-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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Lucenko E.V. Identifikacija tipov i modelej samoletov putem ASK-analiza ih silu-jetov (konturov) (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. – №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.

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 setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudar-

stvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: 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 narezного 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 narezного 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. – Rezhim dostupa: <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>