

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

**СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИХ ЗНАЧЕНИЙ ПО ПРИЗНАКАМ АРГУМЕНТА НА ОСНОВЕ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ (интеллектуальные технологии интерполяции, экстраполяции, прогнозирования и принятия решений по картографическим базам данных)**

**SYSTEMIC-COGNITIVE ANALYSIS OF FUNCTIONS AND RESTORATION OF THEIR VALUES TO THE SIGNS OF ARGUMENT ON THE BASIS OF THE APRIORISTIC INFORMATION (intellectual technologies of interpolation, extrapolation, forecasting and decision-making on cartographical databases)**

Луценко Евгений Вениаминович  
д.э.н., к.т.н., профессор  
Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Lutsenko Evgeny Veniaminovich  
Dr. Sci.Econ., Cand. Tech.Sci., professor  
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В статье обсуждается возможность восстановления значений одномерных и двумерных функций как между значениями аргумента (интерполяция), так и за их пределами (экстраполяция) на основе использования априорной информации о взаимосвязи между признаками аргумента и значениями функции в опорных точках с применением системно-когнитивного анализа и его инструментария – системы «Эйдос». Приводятся численные примеры и визуализация результатов.

In the article the possibility of restoration of values of one-dimensional and two-dimensional functions both between values of argument (interpolation), and behind their limits (extrapolation) on the basis of use of the aprioristic information on interrelation between signs of argument and values of function in reference points with use of systemic-cognitive analysis and its toolkit - "Eidos" system is discussed. Numerical examples and visualisation of results are resulted

Ключевые слова: СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ БАЗЫ ДАННЫХ, СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

Keywords: SYSTEMIC-COGNITIVE ANALYSIS, TIME NUMBERS, SHARE MARKET, TECHNICAL ANALYSIS, FUNDAMENTAL ANALYSIS, SEMANTIC INFORMATION MODEL

### **Формальная (математическая) постановка задачи.**

Пусть в ряде конкретных точек многомерного пространства *таблично* задана скалярная функция (многих аргументов):

$$Y = F(\mathbf{x}) \quad (1)$$

В классическом регрессионном анализе этого достаточно, чтобы попытаться восстановить *аналитическое* представление этой функции в том или ином виде по этим значениям, точнее подобрать такие числовые значения коэффициентов в некоторых заранее выбранных видах функций, которые по определенным критериям дают наилучшее приближение к известным табличным значениям.

Ранее автором высказывались и обосновывались идеи о системном обобщении математики [6, 7, 9] суть которых в том, чтобы заменить понятие «множество» понятием «система» и проследить все следствия этого. При этом все математические понятия, прямо или косвенно основанные на понятии множества, а понятие функции относится к их числу (т.к. функция является *отображением множества* аргументов на *множество* значений функции) будут обобщены и при этом будет выполняться принцип соответствия, обязательный для более общих теорий, т.к. при уровне системности стремящемся к нулю система переходит в множество.

Одна из основных идей, связанных с системным обобщением математики, состоит в том, что *понятие точки необходимо обогатить новыми свойствами, которыми это понятие не обладает в современной геометрии*. В общем виде это можно сделать, приписав или поставив во взаимно-однозначное соответствие *каждой точке* многомерно пространства аргументов функции обобщенный *вектор свойств*, элементы которого по своей природе может быть или количественными, или качественными (лингвистическими).

$$\overset{\mathbf{r}}{z} = \Psi(\overset{\mathbf{r}}{x}) \quad (2)$$

В этом случае значения аргумента  $\overset{\mathbf{r}}{x}$  можно рассматривать как координаты точки, а *свойства аргумента*  $\overset{\mathbf{r}}{z}$  можно интерпретировать как значения факторов, обуславливающих значения функции (каждый элемент вектора  $\overset{\mathbf{r}}{z}$  соответствует фактору, а значение этого элемента – значению этого фактора: числовому, интервальному или лингвистическому). Факторы вообще говоря действуют не в чистом виде, а всегда являются более или менее зашумленными, т.е. любое значение фактора реалистичнее всего рассматривать как сумму некоторого неизвестного истинного значения фактора и шума.

Идея применения системно-когнитивного анализа (СК-анализ) для восстановления значений функции  $Y$  состоит в том, ***чтобы на основе априорной информации об известных значениях функции в тех точках, в которых они заданы, выявить взаимосвязь между свойствами точек аргумента  $\overset{\mathbf{r}}{z}$  и значениями функции  $Y$ , а затем зная эту взаимосвязь восстановить значения функции  $Y$  для всех точек, для которых известны их свойства, но неизвестно значение функции***, т.е. найти вид функции  $\Omega$ :

$$Y = \Omega(\overset{\mathbf{r}}{z}) \quad (3)$$

Символически эту идею можно выразить в форме:

$$\boxed{\begin{cases} Y = F(\overset{\mathbf{r}}{x}) \\ \overset{\mathbf{r}}{z} = \Psi(\overset{\mathbf{r}}{x}) \end{cases} \Rightarrow Y = \Omega(\overset{\mathbf{r}}{z})} \quad (4)$$

Казалось бы в этом нет ничего сложного и достаточно сначала найти функцию  $\bar{\Psi}$ , обратную  $\Psi$ , а затем подставить ее в  $F$ :

$$\overset{\mathbf{r}}{x} = \bar{\Psi}(\overset{\mathbf{r}}{z}) \quad (5)$$

После чего, получаем:

$$Y = F(\overset{\mathbf{r}}{x}) = F(\bar{\Psi}(\overset{\mathbf{r}}{z})), \quad (6)$$

т.е.:

$$Y = \Omega(\overset{\mathbf{r}}{z}) = F(\bar{\Psi}(\overset{\mathbf{r}}{z})), \quad (7)$$

следовательно:  $\Omega = F(\bar{\Psi})$ .

Однако на самом деле все не так просто по крайней мере по следующим трем причинам:

– во-первых, потому, что аналитический вид функции  $\Psi$  неизвестен и регрессионный анализ не позволяет найти ее, а всего лишь обеспечивает ее аппроксимацию другими функциями, заданными специалистом, которая практически всегда выполняется с определенной погрешностью;

– во-вторых, сама эта операция: выражение признаков аргумента через координаты точек, предполагает, что сами координаты содержат информацию о признаках, что далеко не всегда так (т.е. многие признаки аргумента не обуславливаются самими координатами, а просто *по независимым от координат причинам наблюдаются* по определенным координатам).

– в-третьих, нахождение аналитическим путем функции обратной заданной не всегда является тривиальной задачей.

По этим причинам в СК-анализе принято решение найти функцию непосредственной связи признаков аргумента и значений функции, а не через координаты, как в  $\Omega$ :

$$Y = I\left(\frac{\mathbf{r}}{z}\right) \quad (8)$$

Основной проблемой при этом было найти способ *сопоставимого* представления силы влияния *всех* признаков аргумента на значения функции, не зависящий от того, количественными, интервальными или лингвистическими переменными являются те или иные значения признаков и в каких единицах измерения они измеряются. Тем ни менее, немного упрощая можно сказать, что в определенном смысле функция  $I$  это и есть  $\Omega$ : т.е. она вполне может ее заменить для наших целей

В СК-анализе эти задачи и проблемы достаточно давно решены [1, 13] и могут быть представлены в виде, приведенном ниже. Предварительно отметим лишь, что сам вид функции  $\Omega$  в СК-анализе восстанавливается не в полной мере аналитически, а представляет собой *базу знаний*, т.е. *таблицу*, элементы которой имеют аналитическое и численное выражение, а для всей базы знаний в целом аналитической формы пока не найдено. Поэтому точнее будет сказать, что данная задача в СК-анализе решается не полностью аналитически, а алгоритмически с элементами аналитики. Рассмотрим это решение на двух условных (абстрактных) примерах с одномерной и двумерной функциями, не привязанных к конкретной предметной области, а затем кратко приведем возможные области применения предложенных подходов, технологий и методик.

#### **Технологическая постановка задачи.**

##### Дано:

1. БД прецедентов, состоящая из строк, каждая из которых содержит значение функции (класс) и локальные признаки в точке, а также координаты этой точки.

2. Распознаваемая БД, состоящая из строк, каждая из которых содержит координаты точек и их локальные признаки.

Необходимо:

1. Выявить зависимости между локальными признаками точек и значениями функции в точках.

2. Используя знание выявленных зависимостей между локальными признаками точек и значениями функции в точках восстановить значения функции для всех точек, как для тех, для которых значения функции известны (опорные точки), так и для тех, для которых известны только локальные признаки аргумента и координаты.

3. Визуализировать опорные и восстановленные точки в графической форме с использованием координат.

Рассмотрим примеры с одномерной (1d) и двумерной (2d) функциями, а затем кратко приведем возможные области применения предложенных технологий, в частности для решения задач интерполяции и экстраполяции с применением технологий искусственного интеллекта, а также интеллектуального анализа картографических баз данных, а также восстановления и картографической визуализации значений функций на основе априорной информации по опорным точкам.

**Описание подсистемы восстановления и визуализации функций.**

Данная подсистема входит в состав универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос» (система «Эйдос»), являющейся инструментарием СК-анализа, и предназначена для пространственной, в т.ч. картографической визуализации значений одномерных (1d) и двумерных (2d) функций, восстановленных в процессе распознавания в режиме \_42 системы «Эйдос» на основе признаков значений аргумента (рисунок 1):

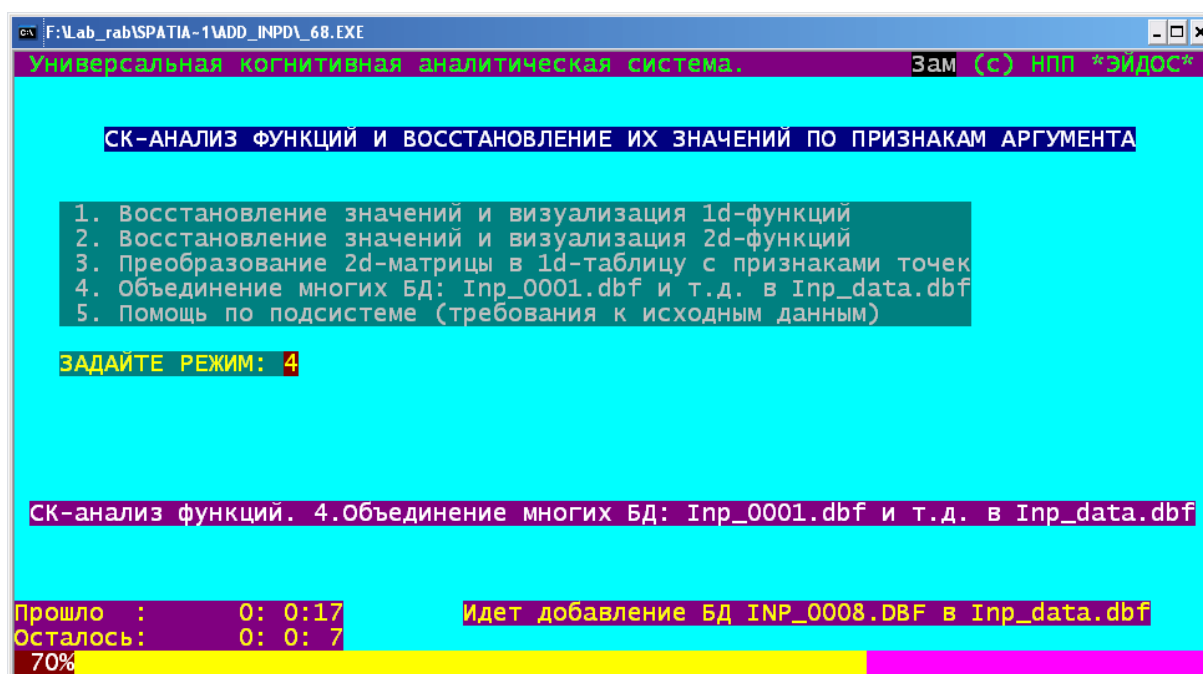


Рисунок 1. Экранная форма режима \_68 системы «Эйдос»

При этом используется ранее созданная в режиме \_25 модель, отражающая взаимосвязь значений функции и признаков аргумента, выявленную на основе обучающей выборки, т.е. априорных данных, в которых каждому значению аргумента функции, имеющему свои координаты, привязаны с одной стороны значения функции, а с другой – признаки.

Поэтому перед тем, как использовать данную подсистему необходимо:

1. Подготовить dbf-файлы исходных данных, одинаковые по своей структуре обучающую выборку с именем: Inp\_data.dbf и распознаваемую выборку, с именем: Inp\_rasp.dbf, которые должны удовлетворять всем требованиям, описанным в help режима \_152.

2. Каждая строка этих файлов содержит данные об одном объекте обучающей или распознаваемой выборки, т.е. одной точке аргумента и одному соответствующему этому значению аргумента значению функции, также о признаках аргумента.

3. Первый столбец содержит наименование источника данных длиной  $\leq 15$  символов, в качестве которого выступают КООРДИНАТЫ, т.е. значения аргумента:

– для 1d-функции он ЧИСЛОВОЙ и содержит значение аргумента (X);

– для 2d-функции он ТЕКСТОВЫЙ и содержит значения аргумента (X,Y) в следующем формате: +#####;+#####; где «+» это место для знака, а «#» – цифры.

4. Второй столбец является классификационной шкалой значениями которой являются значения функции в формате: +#####;#####; где знак «+» может не указываться, запятой отделена десятичная часть значения функции.

5. Столбцы с 3-го по последний являются описательными шкалами и содержат значения признаков аргумента, характеризующих соответствующие значения функции. Признаки могут быть как количественными, так и качественными (текстовыми или лингвистическими) и измеряться в любых единицах измерения. Система «Эйдос» использует не сами эти значения признаков, а только количество информации, которое в них содержится о том, что функция примет определенное значение. Количество столбцов признаков (факторов или описательных шкал) может быть до 254. Это ограничение обусловлено только с Excel или OpenOffice, с помощью которых удобно готовить исходные данные, а не самой системой «Эйдос». Но в текущей версии самой системы не может быть суммарно более 4000 градаций описательных шкал, поэтому используются интервальные значения (количество градаций задается в режиме \_152, который и рассчитывает соответствующие значения интервалов).

6. Создание такого файла для одномерной функции не представляет собой проблемы, однако для двумерных функций, которые обычно зада-

ются в виде матриц, предварительно необходимо преобразовать матрицу в специальную форму, описанную выше, и для этого в данной подсистеме предоставляется инструмент (средство), т.е. режим \_683. Этот режим в качестве входной использует матрицу с именем: DBF\_2d1d.dbf, которая в первой строке и в первом столбце содержит координаты (значения аргумента) X и Y, а в ячейках – соответствующие значения функции. Формат всех столбцов в этой базе данных один и тот же: +#####. В результате работы этого режима, формируется база данных: Inp2dMap.dbf, имеющая абсолютно такую же структуру, как Inp\_data.dbf и Inp\_rasp.dbf, описанную выше. Но столбцы со значениями описательных шкал, с 3-го по последний необходимо заполнить самому, например загрузив эту базу в Excel (OpenOffice) а затем опять записав как dbf-файл, стандарта DBF-4 (в кодировке 866 DOS). Затем этот файл переименовывается в Inp\_data.dbf и загружается в систему «Эйдос» с помощью стандартного интерфейса \_152, который может сформировать либо справочники классификационных и описательных шкал и градаций и обучающую выборку, либо только распознаваемую выборку, по выбору пользователя.

Русские наименования и классификационных, и описательных ШКАЛ должны быть СТРОКАМИ в файле с именем Inp\_name.txt стандарта: MS DOS (кириллица), причем в этом файле не должно быть пустых строк, например в конце файла, а всего строк должно быть ровно столько же, сколько ВСЕХ ШКАЛ, т.е. число столбцов в файле Inp\_data.dbf минус 1.

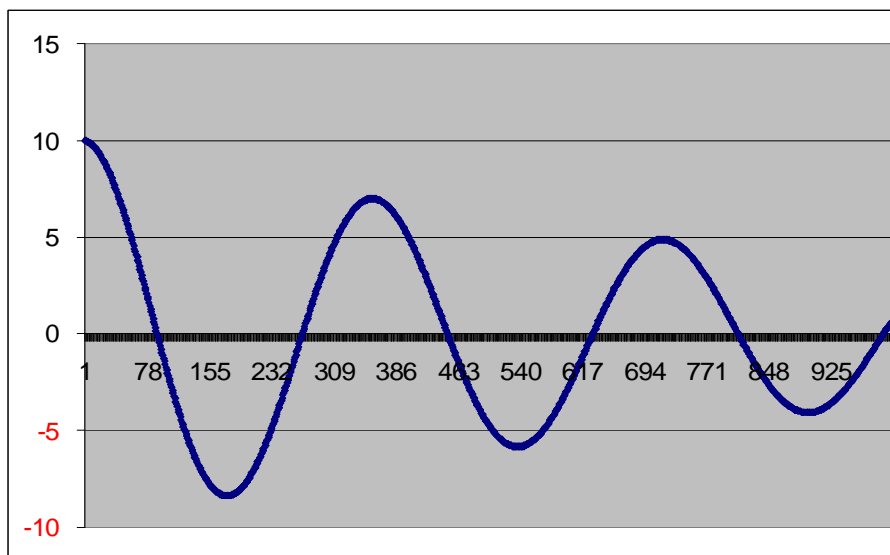
**Восстановление значений и визуализация одномерных функций.**  
**Фрагмент файла исходных данных приведен на рисунке 2:**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Затухающее гарм.колебание												
2	Y1												
3	A1= 10,000												
4	W1= 1,000												
5	F1= 0,000												
6	K1= 0,001												
7	RND= 0,000												
8					-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	
9	A	F	RND	F+RND	F^-04	F^-03	F^-02	F^-01	F^00	F^01	F^02	F^03	
10	1	9,988	0,000	9,988	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,99	99,77	996,55	
11	2	9,974	0,000	9,974	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,97	99,48	992,20	
12	3	9,956	0,000	9,956	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,96	99,13	986,97	
13	4	9,936	0,000	9,936	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,94	98,72	980,87	
14	5	9,912	0,000	9,912	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,91	98,25	973,91	
15	6	9,886	0,000	9,886	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,89	97,73	966,11	
16	7	9,856	0,000	9,856	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,86	97,15	957,48	
17	8	9,824	0,000	9,824	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,82	96,51	948,06	
18	9	9,788	0,000	9,788	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,79	95,81	937,85	
19	10	9,750	0,000	9,750	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,75	95,06	926,88	
20	11	9,709	0,000	9,709	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,71	94,26	915,18	
21	12	9,665	0,000	9,665	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,66	93,41	902,77	
22	13	9,618	0,000	9,618	0,00	0,00	0,01	0,10	1,00	9,62	92,50	889,68	

**Рисунок 2. Фрагмент файла исходных данных для восстановления значений и визуализации 1d-функции**

Для численного эксперимента выбрана функция затухающего гармонического колебания (рисунок 3):

$$=B\$3*EXP(-B\$6*\$A10)*COS(B\$4*\$A10*3,141592653/180+B\$5*3,141592653/180).$$



**Рисунок 3. Вид моделируемой 1d-функции**

Расчет самой функции и признаков, связанных со значениями аргумента, проводится на листе 1. Параметры, в соответствии с которыми проводится расчет, задаются в строках: 3-7. В Excel-книгу входит также второй лист с именем: «Inp\_data», фрагмент которого приведен на рисунке 4:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	9,988	0,000	9,988	0,000	0,001	0,010	0,100	1,000	9,988	99,770	996,549
2	2	9,974	0,000	9,974	0,000	0,001	0,010	0,100	1,000	9,974	99,479	992,202
3	3	9,956	0,000	9,956	0,000	0,001	0,010	0,100	1,000	9,956	99,130	986,971
4	4	9,936	0,000	9,936	0,000	0,001	0,010	0,101	1,000	9,936	98,720	980,869
5	5	9,912	0,000	9,912	0,000	0,001	0,010	0,101	1,000	9,912	98,253	973,909
6	6	9,886	0,000	9,886	0,000	0,001	0,010	0,101	1,000	9,886	97,728	966,108
7	7	9,856	0,000	9,856	0,000	0,001	0,010	0,101	1,000	9,856	97,145	957,485
8	8	9,824	0,000	9,824	0,000	0,001	0,010	0,102	1,000	9,824	96,507	948,059
9	9	9,788	0,000	9,788	0,000	0,001	0,010	0,102	1,000	9,788	95,813	937,851
10	10	9,750	0,000	9,750	0,000	0,001	0,011	0,103	1,000	9,750	95,064	926,884
11	11	9,709	0,000	9,709	0,000	0,001	0,011	0,103	1,000	9,709	94,262	915,183
12	12	9,665	0,000	9,665	0,000	0,001	0,011	0,103	1,000	9,665	93,408	902,773
13	13	9,618	0,000	9,618	0,000	0,001	0,011	0,104	1,000	9,618	92,503	889,681
14	14	9,568	0,000	9,568	0,000	0,001	0,011	0,105	1,000	9,568	91,548	875,935
15	15	9,515	0,000	9,515	0,000	0,001	0,011	0,105	1,000	9,515	90,544	861,565
16	16	9,460	0,000	9,460	0,000	0,001	0,011	0,106	1,000	9,460	89,492	846,601
17	17	9,402	0,000	9,402	0,000	0,001	0,011	0,106	1,000	9,402	88,395	831,074
18	18	9,341	0,000	9,341	0,000	0,001	0,011	0,107	1,000	9,341	87,253	815,018
19	19	9,277	0,000	9,277	0,000	0,001	0,012	0,108	1,000	9,277	86,067	798,464
20	20	9,211	0,000	9,211	0,000	0,001	0,012	0,109	1,000	9,211	84,840	781,447
21	21	9,142	0,000	9,142	0,000	0,001	0,012	0,109	1,000	9,142	83,572	764,002
22	22	9,070	0,000	9,070	0,000	0,001	0,012	0,110	1,000	9,070	82,266	746,164

**Рисунок 4. Фрагмент файла исходных данных для восстановления значений и визуализации 1d-функции**



Данные в этом листе берутся полностью из 1-го листа (с помощью формулы: =!A10, распространенной на все ячейки). Этот лист предназначен для записи в стандарте DBF 4, которую можно осуществить, выбрав пункт меню «Файл – Сохранить как – Тип файла – DBF 4 (dBASE IV (\*.dbf))». Новые версии Excel не поддерживают этот формат записи файлов, поэтому для этой цели (записи) можно использовать OpenOffice.

Далее в системе «Эйдос» запускается режим \_152, представляющий собой стандартный программный интерфейс импорта данных в систему «Эйдос» из файлов, требования к структуре которых описана в help данного режима (рисунок 5):

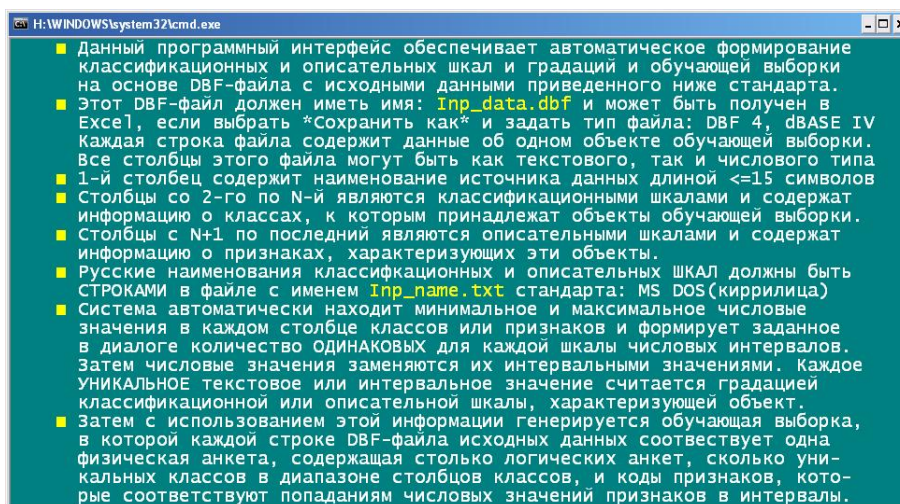
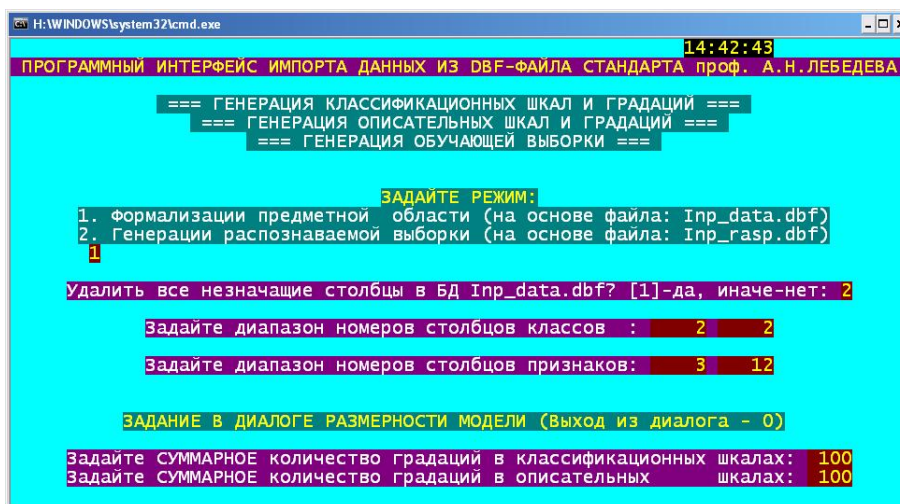


Рисунок 5. Help режима \_152 системы «Эйдос»

Этим требованиям полностью удовлетворяет и наш файл. В режиме \_152 задаются столбцы классификационными и описательными шкалами и суммарное количество градаций по ним (рисунок 6):





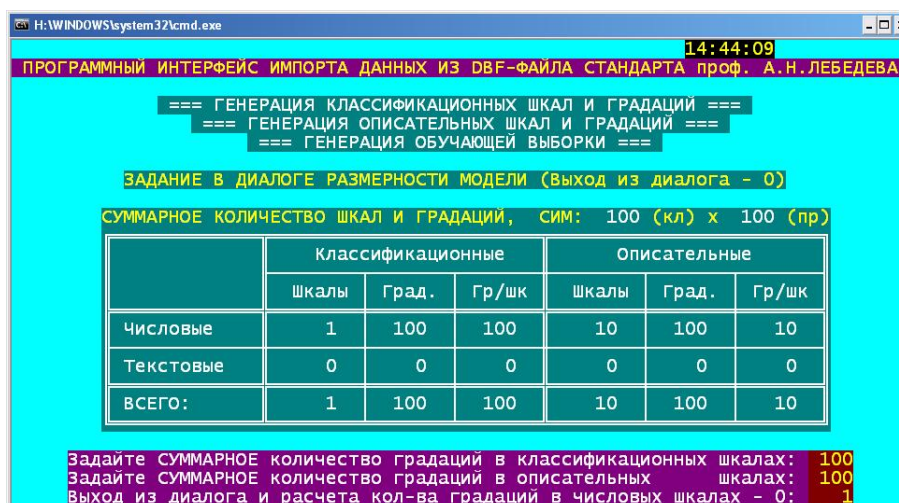


Рисунок 6. Экранные формы Help режима \_152 системы «Эйдос»

Программный интерфейс автоматически формирует справочники классификационных и описательных шкал и градаций и обучающую выборку, соответствующие заданным в диалоге параметрам.

Затем после переиндексации всех баз данных системы в режиме \_72 необходимо выполнить синтез и измерение адекватности модели в режиме \_25. После этого можно запускать режим \_681 подсистемы восстановления и визуализации функций, который и выводит в нашем примере экранную форму, представленную на рисунке 7 (которая записывается в поддиректории: PCX/FUNCT/1D с именами вида: F1D\_0018.PCX):

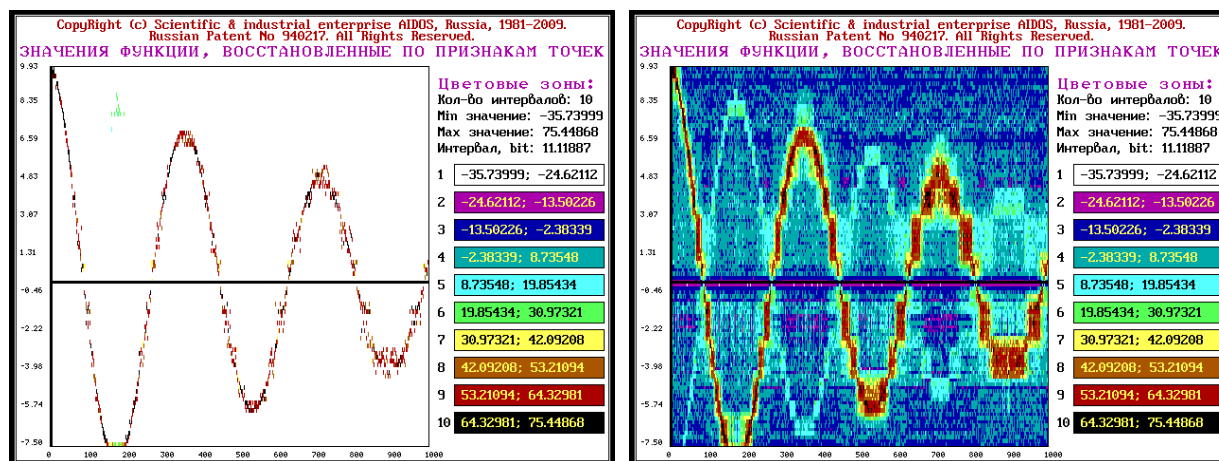


Рисунок 7. Экранные формы, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 1d-функций при идентификации обучающей выборки

На этом рисунке значение функции соответствует отклонению по оси Y, а цвет пикселей показывает степень сходства с наиболее похожим классом, определенную системой «Эйдос» при распознавании для каждого пикселя.

При формировании рисунка 7 идентифицировались все значения функции, соответствующие всем значениям аргумента, заданным в обучающей выборке, т.е. работоспособность модели проверялась в наиболее

«мягком» или «щадящем» варианте, при этом она оказалась довольно высокой (рисунок 8), что видно и при визуальном сравнении рисунков 3 и 7.

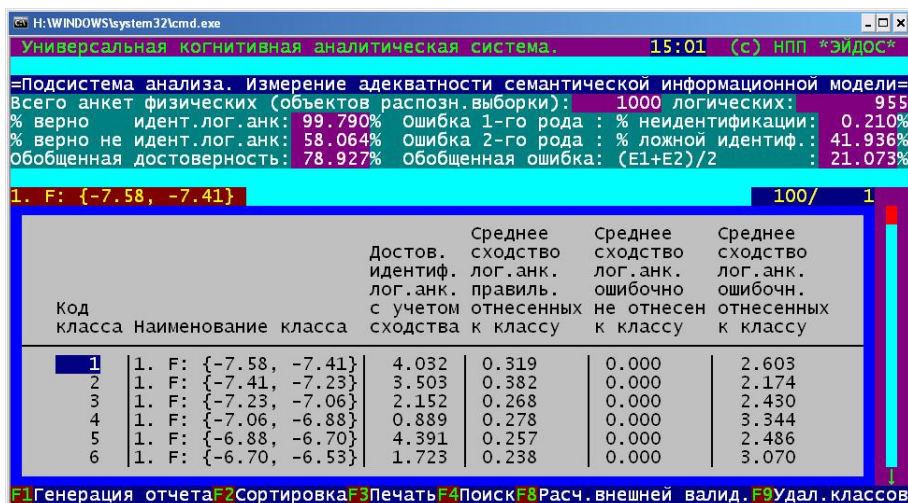


Рисунок 8. Экранная форма измерения внутренней валидности модели

Чтобы проверить *прогностические возможности предлагаемого подхода* в режиме \_628 (рисунок 9) была удалена часть обучающей выборки с 501 точки до конца, т.е. до 1000-й точки:

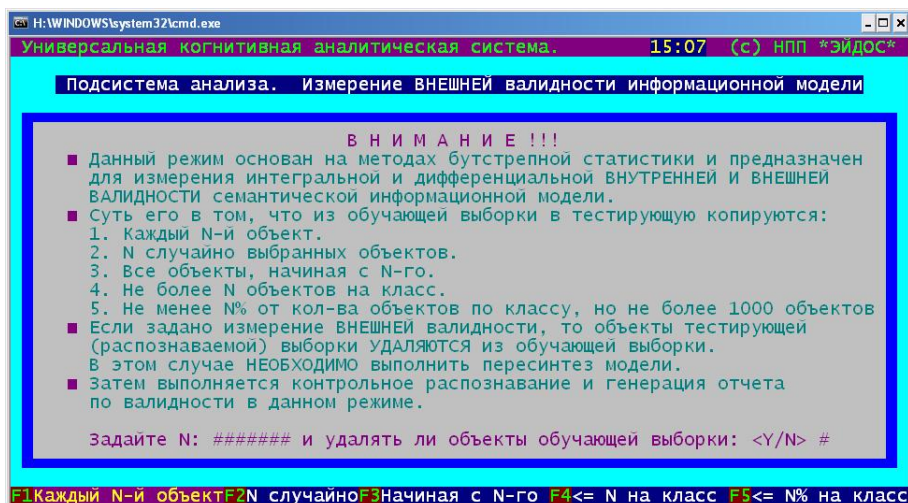


Рисунок 9. Экранная форма режима \_628 системы «Эйдос»

После этого в режиме \_235 был выполнен синтез модели, а в режиме \_42 восстановление значений функции как для первых 500 значений аргумента, для которых они и должны достоверно восстанавливаться, и для 500 точек, которые остались в распознаваемой выборке, но отсутствовали в обучающей. Основной интерес представляет возможность восстановления значений функции, соответствующих именно этим значениям аргумента. Результат этого численного эксперимента приведен на рисунке 10:

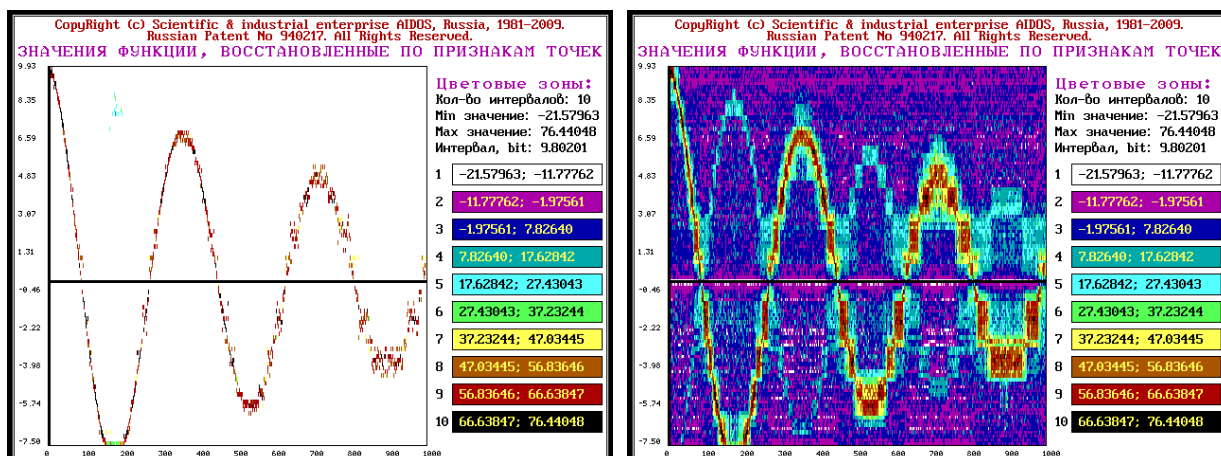


Рисунок 10. Экранная форма, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 1d-функций при идентификации распознаваемой выборки, не входящей в обучающую выборку

Прежде всего видно, что значения функции для точек, для которых они не были указаны в обучающей выборке, *вполне успешно восстановлены по свойствам этих точек, связь которых со значениями функции выявлена на основе опорных точек, входящих в обучающую выборку.* Кроме того при сравнении изображений кривой на рисунках 7 и 10 видно, что в рисунке 10 гораздо больше пикселей с меньшей информативностью, чем в рисунке 7 (рисунок 11):

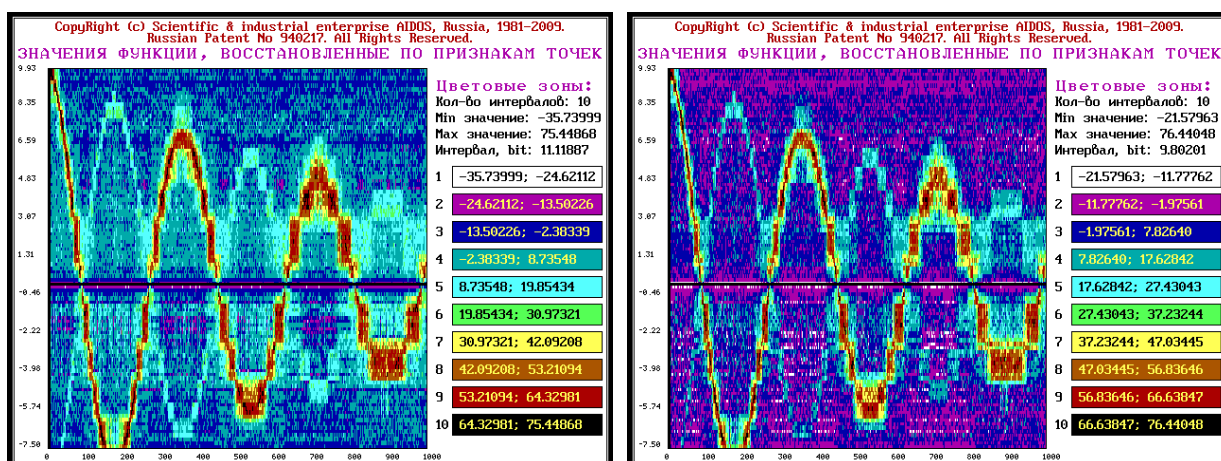


Рисунок 11. Сравнение рисунков 7 и 10  
Восстановление значений и визуализация двумерных функций.

Фрагмент файла исходных данных приведен на рисунке 12:



ЗАТУХАЮЩИЙ КУПОЛ																
	Y1	Y2														
A1=	1,000	A2=	1,000	Min	-180	-90	0	90	180	270	360					
W1=	1,500	W2=	1,500	Max	180											
F1=	90,000	F2=	90,000	N	120											
K1=	0,000	K2=	0,000	D	3											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
				-180,00	-177,00	-174,00	-171,00	-168,00	-165,00	-162,00	-159,00	-156,00	-153,00	-150,00	-147,00	
10	-180	-0,00	-0,08	-0,16	-0,23	-0,31	-0,38	-0,45	-0,52	-0,59	-0,65	-0,71	-0,76	-0,84		
11	-177	-0,08	-0,16	-0,23	-0,31	-0,39	-0,46	-0,53	-0,60	-0,67	-0,73	-0,79	-0,84	-0,92		
12	-174	-0,16	-0,23	-0,31	-0,39	-0,47	-0,54	-0,61	-0,68	-0,74	-0,81	-0,86	-0,92	-0,99		
13	-171	-0,23	-0,31	-0,39	-0,47	-0,54	-0,62	-0,69	-0,76	-0,82	-0,88	-0,94	-1,00	-1,07		
14	-168	-0,31	-0,39	-0,47	-0,54	-0,62	-0,69	-0,76	-0,83	-0,90	-0,96	-1,02	-1,07	-1,14		
15	-165	-0,38	-0,46	-0,54	-0,62	-0,69	-0,77	-0,84	-0,91	-0,97	-1,03	-1,09	-1,14	-1,21		
16	-162	-0,45	-0,53	-0,61	-0,69	-0,76	-0,84	-0,91	-0,98	-1,04	-1,10	-1,16	-1,21	-1,28		
17	-159	-0,52	-0,60	-0,68	-0,76	-0,83	-0,91	-0,98	-1,04	-1,11	-1,17	-1,23	-1,28	-1,35		
18	-156	-0,59	-0,67	-0,74	-0,82	-0,90	-0,97	-1,04	-1,11	-1,18	-1,24	-1,29	-1,35	-1,41		
19	-153	-0,65	-0,73	-0,81	-0,88	-0,96	-1,03	-1,10	-1,17	-1,24	-1,30	-1,36	-1,41	-1,47		
20	-150	-0,71	-0,79	-0,86	-0,94	-1,02	-1,09	-1,16	-1,23	-1,29	-1,36	-1,41	-1,47	-1,52		
21	-147	-0,76	-0,84	-0,92	-0,99	-1,07	-1,14	-1,21	-1,28	-1,35	-1,41	-1,47	-1,52	-1,57		
22	-144	-0,81	-0,89	-0,97	-1,04	-1,12	-1,19	-1,26	-1,33	-1,40	-1,46	-1,52	-1,57	-1,62		

Рисунок 12. Фрагмент файла исходных данных для восстановления значений и визуализации 2d-функции

Для численного эксперимента выбрана аддитивная суперпозиция двух затухающих гармонических колебаний (рисунок 13):

$$= \$B\$3 * EXP(-\$B\$6 * \$A10) * SIN(\$B\$4 * \$A10 * 3,141592653 / 180 + \$B\$5 * 3,141592653 / 180) + \$D\$3 * EXP(-\$D\$6 * \$B\$9) * SIN(\$D\$4 * \$B\$9 * 3,141592653 / 180 + \$D\$5 * 3,141592653 / 180)$$

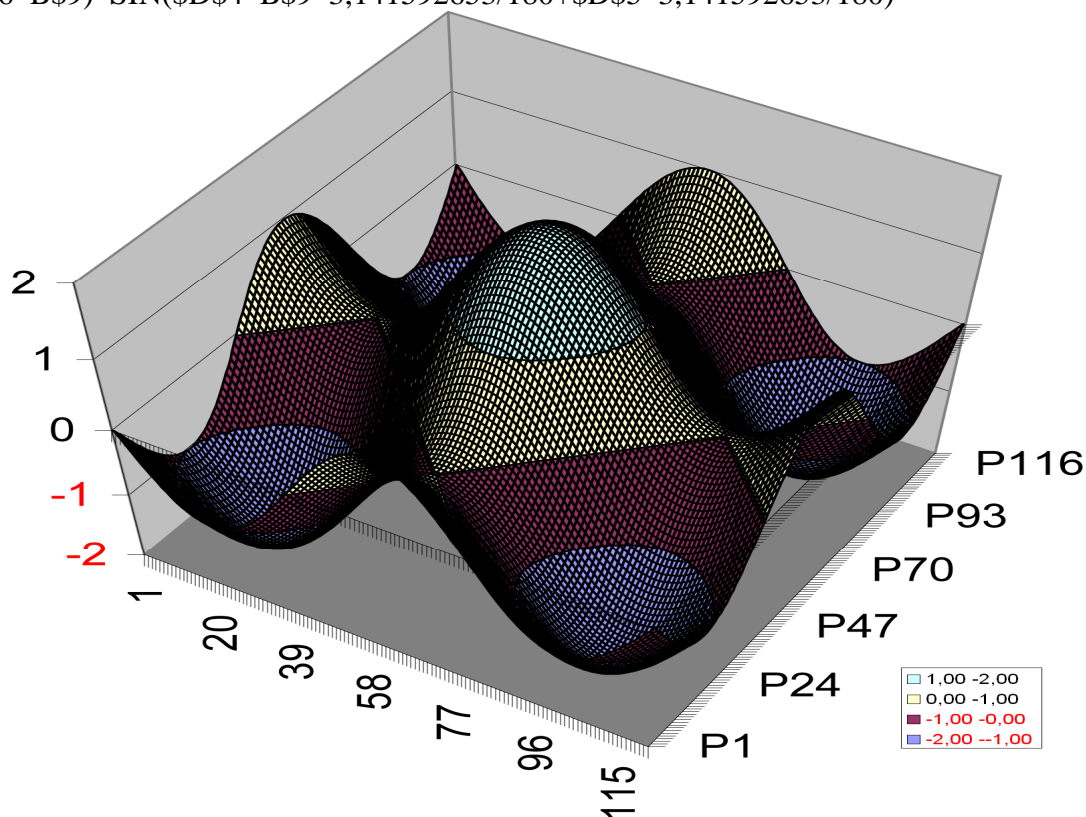


Рисунок 13. Вид моделируемой 2d-функции

Расчет самой функции и признаков, связанных со значениями аргумента, проводится на листе 1. Параметры, в соответствии с которыми проводится расчет, задаются в строках: 3-6. Двумерная функция задается в виде матрицы, в которой 1-я строка содержит координаты (значения аргумента) X, а 1-й столбец – координаты (значения аргумента) Y.

В Excel-книгу входит также второй лист с именем: «Inp\_data», фрагмент которого приведен на рисунке 14:

	A	B	C	D	E	F	G
1	0,5000000	-180,0000000	-177,0000000	-174,0000000	-171,0000000	-168,0000000	-165,0000000
2	-180,0000000	-0,0000000	-0,0784591	-0,1564345	-0,2334454	-0,3090170	-0,3826834
3	-177,0000000	-0,0784591	-0,1569182	-0,2348936	-0,3119045	-0,3874761	-0,4611425
4	-174,0000000	-0,1564345	-0,2348936	-0,3128689	-0,3898798	-0,4654515	-0,5391179
5	-171,0000000	-0,2334454	-0,3119045	-0,3898798	-0,4668907	-0,5424624	-0,6161288
6	-168,0000000	-0,3090170	-0,3874761	-0,4654515	-0,5424624	-0,6180340	-0,6917004
7	-165,0000000	-0,3826834	-0,4611425	-0,5391179	-0,6161288	-0,6917004	-0,7653669
8	-162,0000000	-0,4539905	-0,5324496	-0,6104250	-0,6874359	-0,7630075	-0,8366739
9	-159,0000000	-0,5224986	-0,6009577	-0,6789330	-0,7559439	-0,8315156	-0,9051820
10	-156,0000000	-0,5877853	-0,6662443	-0,7442197	-0,8212306	-0,8968022	-0,9704687
11	-153,0000000	-0,6494480	-0,7279071	-0,8058825	-0,8828934	-0,9584650	-1,0321315
12	-150,0000000	-0,7071068	-0,7855659	-0,8635412	-0,9405521	-1,0161238	-1,0897902
13	-147,0000000	-0,7604060	-0,8388651	-0,9168404	-0,9938513	-1,0694230	-1,1430894
14	-144,0000000	-0,8090170	-0,8874761	-0,9654515	-1,0424624	-1,1180340	-1,1917004
15	-141,0000000	-0,8526402	-0,9310993	-1,0090746	-1,0860855	-1,1616572	-1,2353236
16	-138,0000000	-0,8910065	-0,9694656	-1,0474410	-1,1244519	-1,2000235	-1,2736900
17	-135,0000000	-0,9238795	-1,0023386	-1,0803140	-1,1573249	-1,2328965	-1,3065630
18	-132,0000000	-0,9510565	-1,0295156	-1,1074910	-1,1845019	-1,2600735	-1,3337399
19	-129,0000000	-0,9723699	-1,0508290	-1,1288044	-1,2058153	-1,2813869	-1,3550534
20	-126,0000000	-0,9876883	-1,0661474	-1,1441228	-1,2211337	-1,2967053	-1,3703718
21	-123,0000000	-0,9969173	-1,0753764	-1,1533518	-1,2303627	-1,3059343	-1,3796008
22	-120,0000000	-1,0000000	-1,0784591	-1,1564345	-1,2334454	-1,3090170	-1,3826834

**Рисунок 14. Фрагмент файла исходных данных для восстановления значений и визуализации 2d-функции**

Данные в этом листе берутся полностью из 1-го листа (с помощью формулы: '=1!B10, распространенной на все ячейки).

Затем, для задания признаков значений аргумента и обеспечения возможности использования стандартного интерфейса \_152 системы «Эйдос» необходимо преобразовать двумерную матрицу в одномерную (с сохранением информации о значениях аргумента), разместив столбцы друг под другом. Для этого используется режим \_683, который работает с базой данных, имеющей стандарт DBF-4 и имя: DBF\_2D1D.dbf. Именно с таким именем и в этом стандарте необходимо сохранить лист Inp\_data. Это можно сделать, выбрав пункт меню «Файл – Сохранить как – Тип файла – DBF 4 (dBASE IV (\*.dbf))» в Excel или OpenOffice (в нем просто DBF и кодировка русская: 866 DOS). Режим \_683 формирует из файла DBF\_2D1D.dbf файл с именем: INP2DMAP.dbf, который уже соответствует стандарту режима \_152. Этот файл считывается в Excel, дополняется описанием признаков аргумента и записывается как xls и dbf-файлы с именем: Inp\_data (рисунки 15 и 16).



NUM	VX	VY	V_FUNCT	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
1	-180	-180	0,0000000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	-180	-177	-0,0784591	0,392	0,314	0,235	0,157	0,078	-0,062	-0,078	-0,157	-0,235	-0,314
3	-180	-174	-0,1564345	0,782	0,626	0,469	0,313	0,156	-0,017	-0,156	-0,313	-0,469	-0,626
4	-180	-171	-0,2334454	1,167	0,934	0,700	0,467	0,233	-0,159	-0,233	-0,467	-0,700	-0,934
5	-180	-168	-0,3090170	1,545	1,236	0,927	0,618	0,309	-0,072	-0,309	-0,618	-0,927	-1,236
6	-180	-165	-0,3826834	1,913	1,531	1,148	0,765	0,383	-0,100	-0,383	-0,765	-1,148	-1,531
7	-180	-162	-0,4539905	2,270	1,816	1,362	0,908	0,454	-0,290	-0,454	-0,908	-1,362	-1,816
8	-180	-159	-0,5224986	2,612	2,090	1,567	1,045	0,522	-0,066	-0,522	-1,045	-1,567	-2,090
9	-180	-156	-0,5877853	2,939	2,351	1,763	1,176	0,588	-0,229	-0,588	-1,176	-1,763	-2,351
10	-180	-153	-0,6494480	3,247	2,598	1,948	1,299	0,649	-0,524	-0,649	-1,299	-1,948	-2,598
11	-180	-150	-0,7071068	3,536	2,828	2,121	1,414	0,707	-0,006	-0,707	-1,414	-2,121	-2,828
12	-180	-147	-0,7604060	3,802	3,042	2,281	1,521	0,760	-0,013	-0,760	-1,521	-2,281	-3,042
13	-180	-144	-0,8090170	4,045	3,236	2,427	1,618	0,809	-0,410	-0,809	-1,618	-2,427	-3,236
14	-180	-141	-0,8526402	4,263	3,411	2,558	1,705	0,853	-0,735	-0,853	-1,705	-2,558	-3,411
15	-180	-138	-0,8910065	4,455	3,564	2,673	1,782	0,891	-0,344	-0,891	-1,782	-2,673	-3,564
16	-180	-135	-0,9238795	4,619	3,696	2,772	1,848	0,924	-0,818	-0,924	-1,848	-2,772	-3,696
17	-180	-132	-0,9510565	4,755	3,804	2,853	1,902	0,951	-0,847	-0,951	-1,902	-2,853	-3,804

Рисунок 15. Фрагмент файла INP2DMAP.xls для задания признаков аргумента 2d-функции

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
-0.180, 0	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
-0.180, 0	-0.0784591	0.3922955	0.3138364	0.2353773	0.1569182	0.0784591	-0.0620177	-0.0784591	-0.1569182	-0.2353773	-0.3138364	-0.3922955	-0.4712966
-0.180, 0	-0.1564345	0.7821725	0.6257380	0.4693035	0.3128690	0.1564345	-0.0174024	-0.1564345	-0.3128690	-0.4693035	-0.6257380	-0.7821725	-0.9416070
-0.180, 0	-0.2334454	1.1672270	0.9337816	0.7003362	0.4668908	0.2334454	-0.1586352	-0.2334454	-0.4668908	-0.7003362	-0.9337816	-1.1672270	-1.4346724
-0.180, 0	-0.3090170	1.5450850	1.2360680	0.9270510	0.6180340	0.3090170	-0.0721770	-0.3090170	-0.6180340	-0.9270510	-1.2360680	-1.5450850	-1.8541020
-0.180, 0	-0.3826834	1.9134170	1.5307336	1.1480502	0.7653668	0.3826834	-0.0997251	-0.3826834	-0.7653668	-1.1480502	-1.5307336	-1.9134170	-2.2864272
-0.180, 0	-0.4539905	2.2699525	1.8159620	1.3619715	0.9079810	0.4539905	-0.2899103	-0.4539905	-0.9079810	-1.3619715	-1.8159620	-2.2699525	-2.7239420
-0.180, 0	-0.5224986	2.6124930	2.0899844	1.5674958	1.0449972	0.5224986	-0.0659541	-0.5224986	-1.0449972	-1.5674958	-2.0899844	-2.6124930	-3.1374826
-0.180, 0	-0.5877853	2.9389265	2.3511412	1.7633559	1.1755706	0.5877853	-0.2286718	-0.5877853	-1.1755706	-1.7633559	-2.3511412	-2.9389265	-3.5269119
-0.180, 0	-0.6494480	3.2472400	2.5977920	1.9483440	1.2988960	0.6494480	-0.5244474	-0.6494480	-1.2988960	-1.9483440	-2.5977920	-3.2472400	-3.9970320
-0.180, 0	-0.7071068	3.5356340	2.8284272	2.1213204	1.4142136	0.7071068	-0.0063985	-0.7071068	-1.4142136	-2.1213204	-2.8284272	-3.5356340	-4.2427280
-0.180, 0	-0.7604060	3.8020300	3.0416240	2.2812180	1.5208120	0.7604060	-0.0127116	-0.7604060	-1.5208120	-2.2812180	-3.0416240	-3.8020300	-4.5628360
-0.180, 0	-0.8090170	4.0450680	3.2360680	2.4270510	1.6180340	0.8090170	-0.4102554	-0.8090170	-1.6180340	-2.4270510	-3.2360680	-4.0450680	-4.8542740
-0.180, 0	-0.8526402	4.2632010	3.4105608	2.5579206	1.7052804	0.8526402	-0.7350030	-0.8526402	-1.7052804	-2.5579206	-3.4105608	-4.2632010	-5.1180810
-0.180, 0	-0.8910065	4.4550325	3.5640260	2.6730195	1.7820130	0.8910065	-0.3436037	-0.8910065	-1.7820130	-2.6730195	-3.5640260	-4.4550325	-5.3460370
-0.180, 0	-0.9238795	4.6193975	3.6955180	2.7716385	1.8477590	0.9238795	-0.1878196	-0.9238795	-1.8477590	-2.7716385	-3.6955180	-4.6193975	-5.5075180
-0.180, 0	-0.9510565	4.7552625	3.8042260	2.8531695	1.9021130	0.9510565	-0.8472196	-0.9510565	-1.9021130	-2.8531695	-3.8042260	-4.7552625	-5.6122620
-0.180, 0	-0.9723699	4.8618495	3.8894796	2.9171097	1.9447398	0.9723699	-0.9089483	-0.9723699	-1.9447398	-2.9171097	-3.8894796	-4.8618495	-5.7236990
-0.180, 0	-0.9876883	4.9384415	3.9507532	2.9630649	1.9753766	0.9876883	-0.0654835	-0.9876883	-1.9753766	-2.9630649	-3.9507532	-4.9384415	-5.8376883
-0.180, 0	-0.9969173	4.9845865	3.9876692	2.9907519	1.9938346	0.9969173	-0.7114571	-0.9969173	-1.9938346	-2.9907519	-3.9876692	-4.9845865	-5.9383460
-0.180, 0	-1.0000000	5.0000000	4.0000000	3.0000000	2.0000000	1.0000000	-0.1607592	-1.0000000	-2.0000000	-3.0000000	-4.0000000	-5.0000000	-6.0000000
-0.180, 0	-0.9969173	4.9845865	3.9876692	2.9907519	1.9938346	0.9969173	-0.3024105	-0.9969173	-1.9938346	-2.9907519	-3.9876692	-4.9845865	-5.9383460
-0.180, 0	-0.9876883	4.9384415	3.9507532	2.9630649	1.9753766	0.9876883	-0.8981902	-0.9876883	-1.9753766	-2.9630649	-3.9507532	-4.9384415	-5.8376883
-0.180, 0	-0.9723699	4.8618495	3.8894796	2.9171097	1.9447398	0.9723699	-0.1266636	-0.9723699	-1.9447398	-2.9171097	-3.8894796	-4.8618495	-5.7236990
-0.180, 0	-0.9510565	4.7552625	3.8042260	2.8531695	1.9021130	0.9510565	-0.9466162	-0.9510565	-1.9021130	-2.8531695	-3.8042260	-4.7552625	-5.6122620
-0.180, 0	-0.9238795	4.6193975	3.6955180	2.7716385	1.8477590	0.9238795	-0.2638995	-0.9238795	-1.8477590	-2.7716385	-3.6955180	-4.6193975	-5.5075180
-0.180, 0	-0.8910065	4.4550325	3.5640260	2.6730195	1.7820130	0.8910065	-0.2498246	-0.8910065	-1.7820130	-2.6730195	-3.5640260	-4.4550325	-5.3460370
-0.180, 0	-0.8526402	4.2632010	3.4105608	2.5579206	1.7052804	0.8526402	-0.5917221	-0.8526402	-1.7052804	-2.5579206	-3.4105608	-4.2632010	-5.1180810
-0.180, 0	-0.8090170	4.0450680	3.2360680	2.4270510	1.6180340	0.8090170	-0.4253087	-0.8090170	-1.6180340	-2.4270510	-3.2360680	-4.0450680	-4.8542740
-0.180, 0	-0.7604060	3.8020300	3.0416240	2.2812180	1.5208120	0.7604060	-0.2892610	-0.7604060	-1.5208120	-2.2812180	-3.0416240	-3.8020300	-4.5628360
-0.180, 0	-0.7071068	3.5356340	2.8284272	2.1213204	1.4142136	0.7071068	-0.0044266	-0.7071068	-1.4142136	-2.1213204	-2.8284272	-3.5356340	-4.2427280
-0.180, 0	-0.6494480	3.2472400	2.5977920	1.9483440	1.2988960	0.6494480	-0.5334477	-0.6494480	-1.2988960	-1.9483440	-2.5977920	-3.2472400	-3.9970320

Рисунок 16. Фрагмент файла INP2DMAP.xls для записи признаков аргумента 2d-функции в стандарте программного интерфейса \_152 системы «Эйдос»

Здесь необходимо обратить внимание на способ формирования значений столбца A:

=ТЕКСТ(INP2DMAP!B8;"0000,0")&";"&ТЕКСТ(INP2DMAP!C8;"0000,0")

Иначе говоря в этом столбце в упакованном виде объединена информация о координатах точек (значениях аргумента). Значения остальных ячеек листа Inp\_data просто перенесены из листа INP2DMAP с помощью формулы: =INP2DMAP!D8, распространенной на все ячейки.

Далее в системе «Эйдос» запускается режим \_152, представляющий собой стандартный программный интерфейс импорта данных в систему «Эйдос» из файлов, требования к структуре которых описана в help данного режима (рисунок 17):

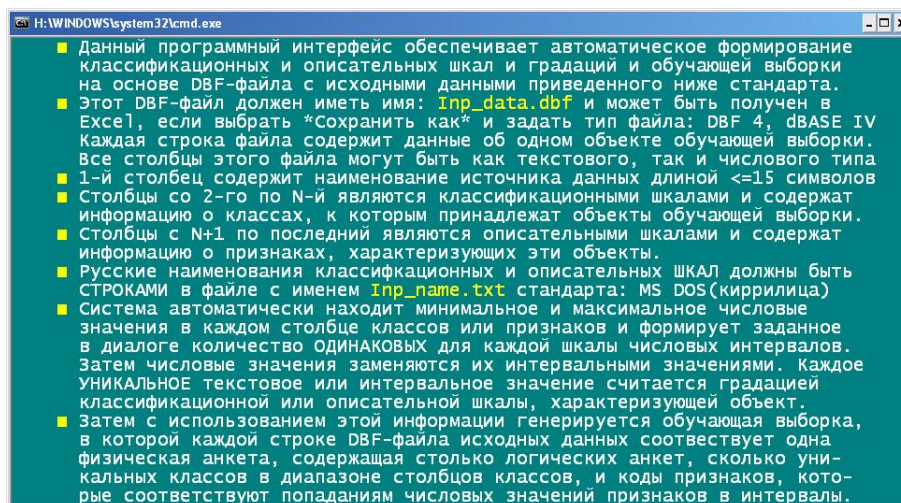


Рисунок 17. Help режима \_152 системы «Эйдос»

Этим требованиям полностью удовлетворяет и наш файл. В режиме \_152 задаются столбцы классификационными и описательными шкалами и суммарное количество градаций по ним (рисунок 18):

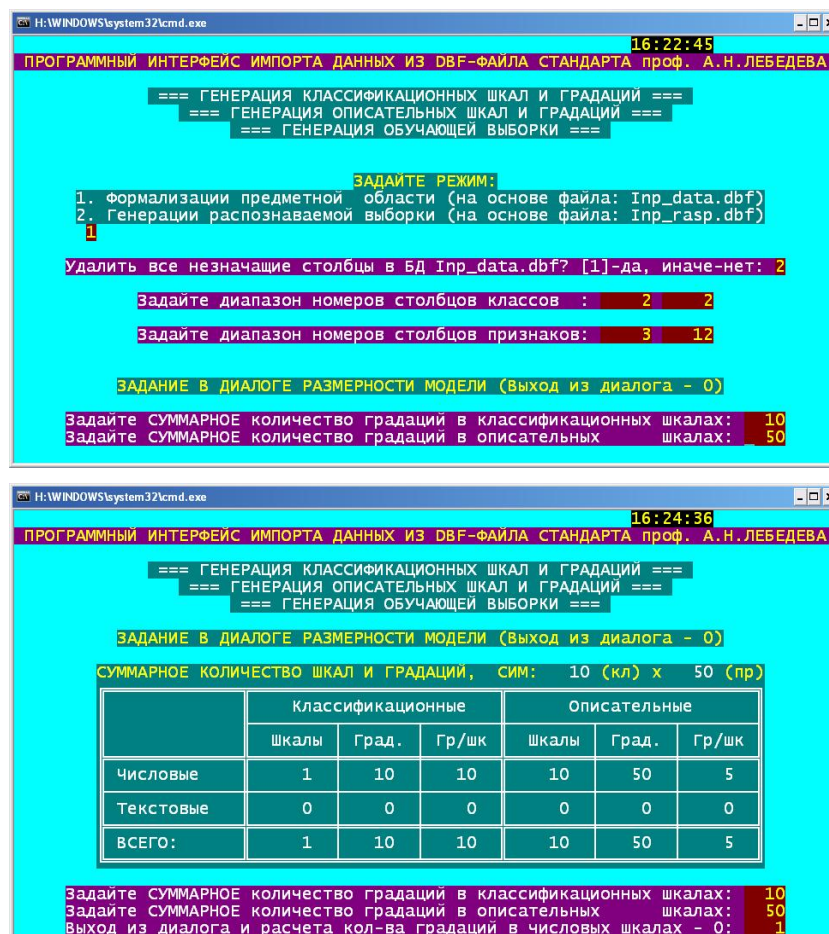
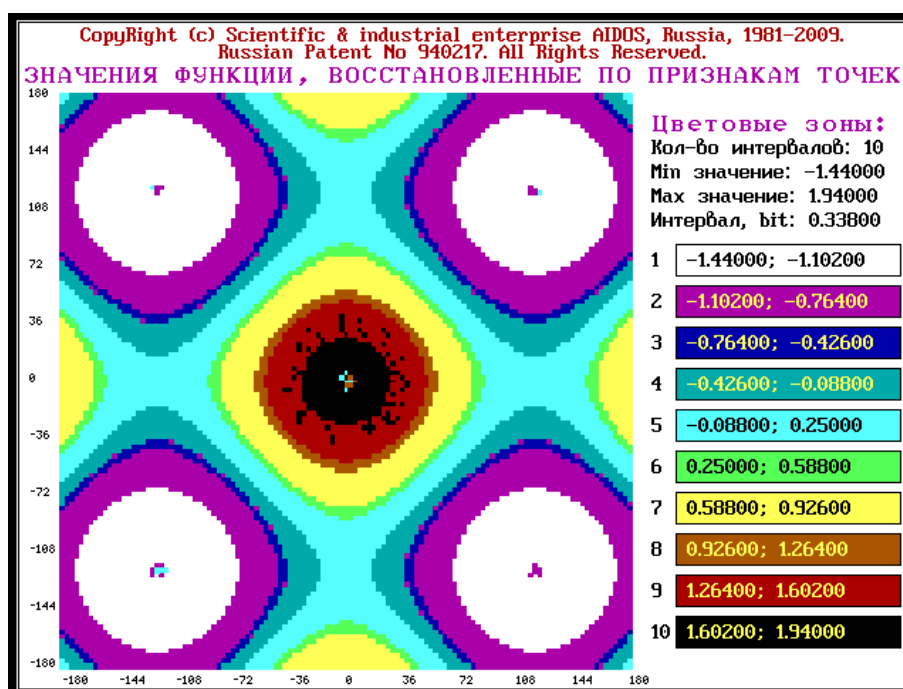


Рисунок 18. Экранные формы Help режима \_152 системы «Эйдос»



Программный интерфейс автоматически формирует справочники классификационных и описательных шкал и градаций и обучающую выборку, соответствующие заданным в диалоге параметрам.

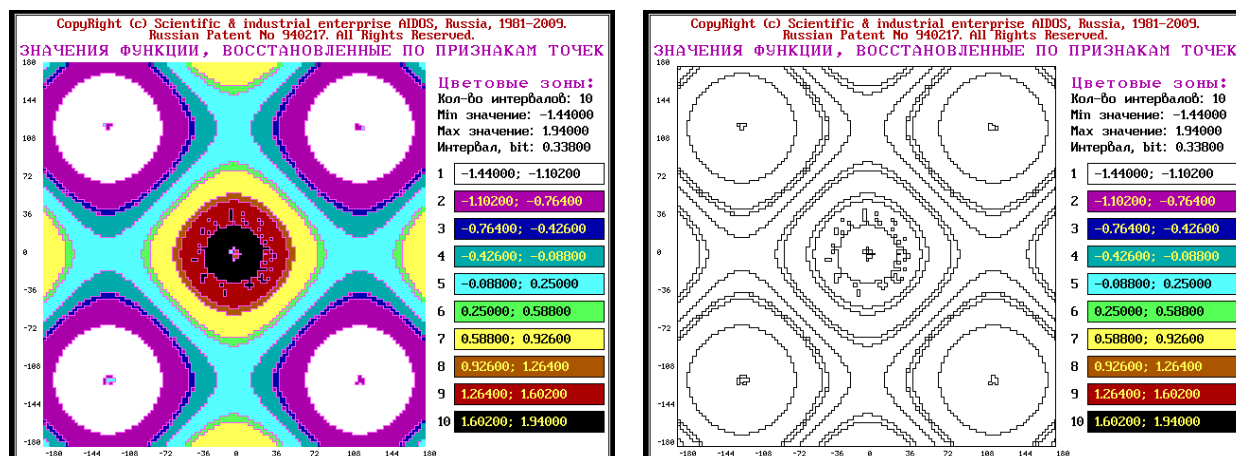
Затем после переиндексации всех баз данных системы в режиме \_72 необходимо выполнить синтез и измерение адекватности модели в режиме \_25. После этого можно запускать режим \_682 подсистемы восстановления и визуализации функций (см. рисунок 1), который и выводит в нашем примере экранную форму, представленную на рисунке 19 (которая записывается в поддиректории: PCX/FUNCT/2D с именами вида: F2D\_0018.PCX):



**Рисунок 19. Экранная форма, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 2d-функций при идентификации обучающей выборки: отображены восстановленные значения функции**

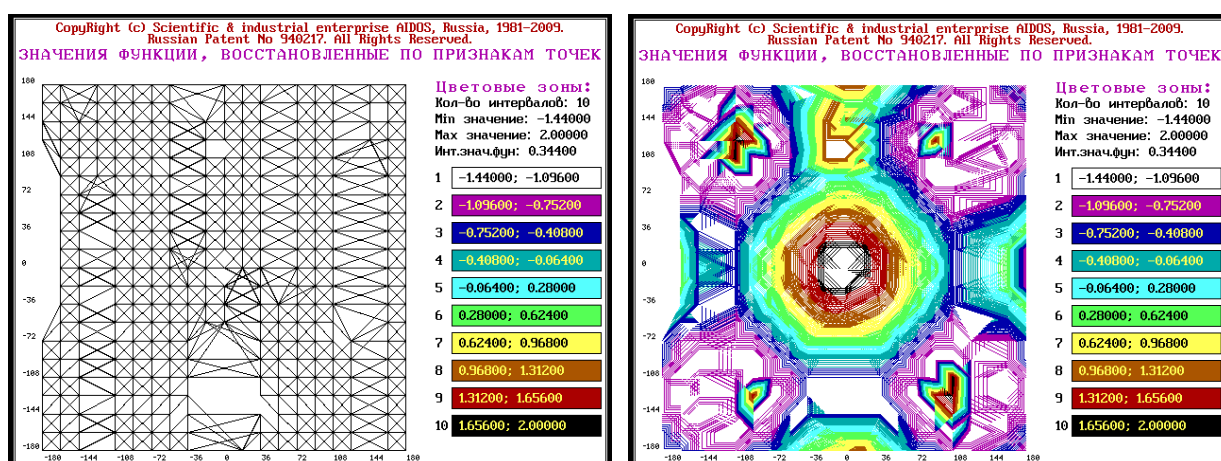
На этом рисунке значение функции отображается цветом пикселей и показывает степень сходства с наиболее похожим классом, определенную системой «Эйдос» при распознавании для каждого пикселя.

На рисунках 20, 21 и 22 отображены соответственно: восстановленные значения функции с изолиниями; изолинии границ различных восстановленных значений функции; значения функции, соответствующие фактическим.



**Рисунок 20. Экранные формы, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 2d-функций при идентификации обучающей выборки: отображены восстановленные значения функции с изолиниями**

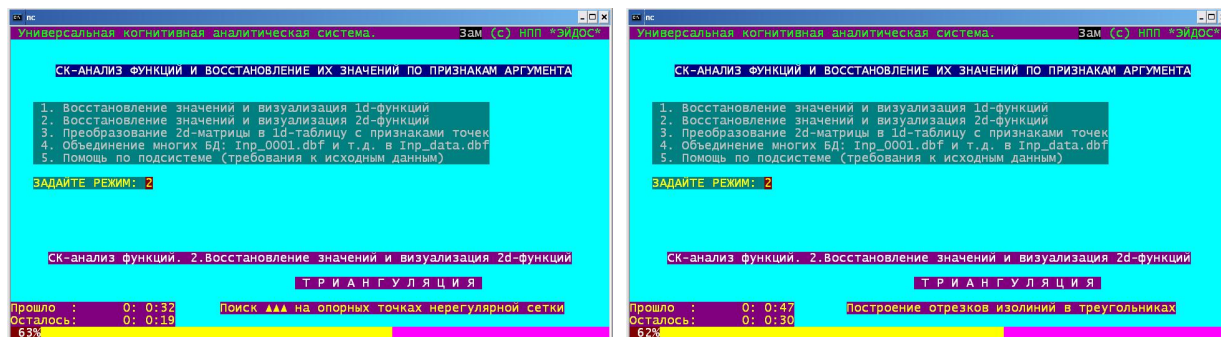
Использован предложенный автором «прямой» алгоритм триангуляции, корректно работающий на нерегулярной решетке опорных точек, для которых известны координаты и значения функции, т.е. позволяющий восстанавливать значения функции для отсутствующих в регулярной решке данных и строить изолинии с цветовым зонированием значений функции по этим треугольникам, путем решения задачи нахождения координат точек пересечения сторон треугольников, заданных двумя точками, и изоплоскости, параллельной координатной плоскости  $xOy$  и соответствующей величине значения функции (рисунок 21).



**Рисунок 21. Экранные формы, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 2d-функций при идентификации обучающей выборки: отображены только изолинии границ различных восстановленных значений функции**

Необходимо уточнить, что рисунки 21 построены всего по 20 точкам по каждой из осей.

Суть «прямого» алгоритма триангуляции на нерегулярной сетке в следующем (рисунок 22):



**Рисунок 22. Экранные формы системы «Эйдос» работы прямого алгоритма триангуляции на нерегулярной решетке**

Шаг 1-й: формируем БД, содержащую все опорные точки.

Шаг 2-й: организуем цикл перебора опорных точек, т.е. точек, по которым известно значение функции.

Шаг 3-й: для каждой опорной точки находим  $n$  ближайших опорных точек и строим на них  $m$  треугольников.

Шаг 4-й:

– вариант 1-й: определяем у какого из треугольников минимальный периметр и заносим его в БД, если он новый (код треугольника – коды точек в порядке возрастания) если текущая точка лежит ВНУТРИ треугольника;

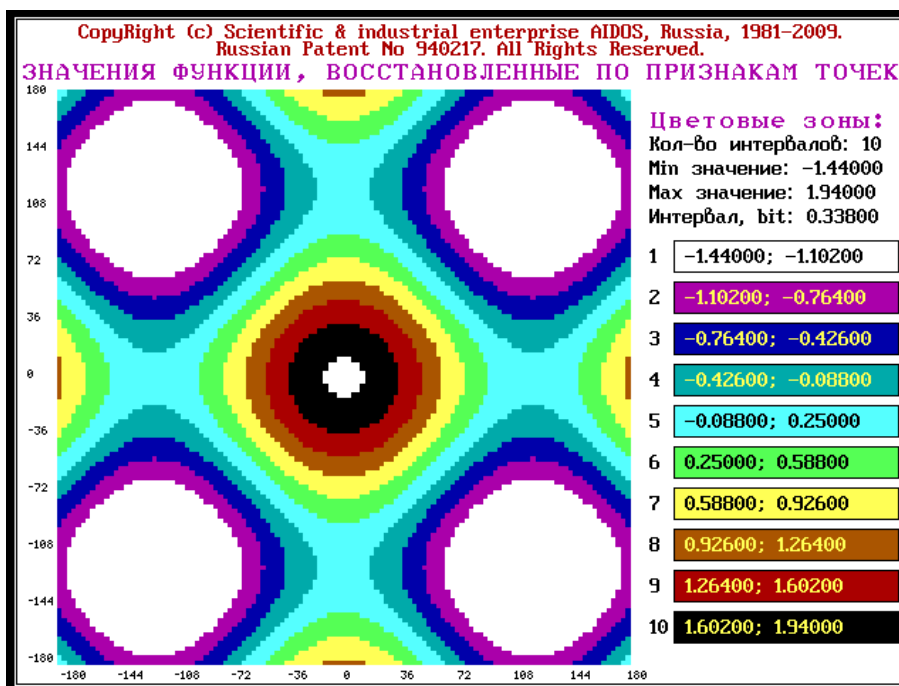
– вариант 2-й: добавлять все разные (новые) треугольники с минимальной суммой расстояний от вершин до текущей точки, но только если текущая точка лежит внутри треугольника.

Шаг 5-й: конец цикла перебора опорных точек

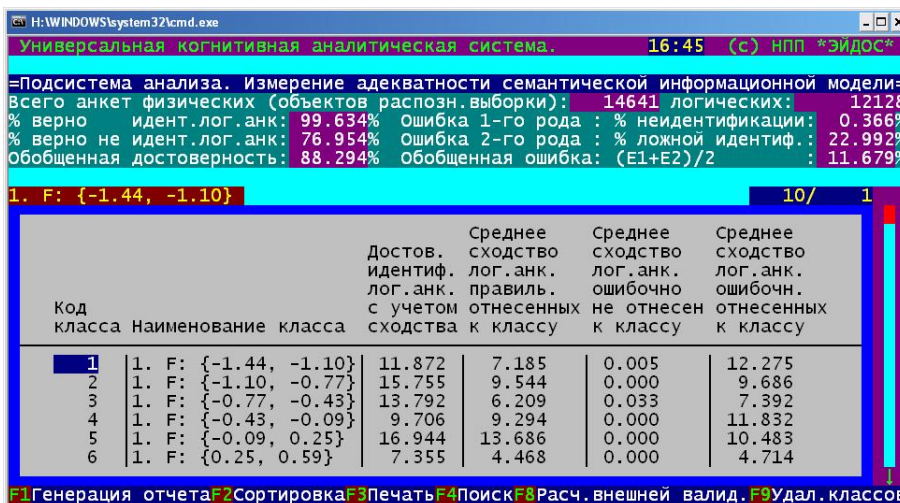
Необходимо отметить, что в настоящее время идет отработка алгоритма данного модуля и проводятся численные эксперименты с различными алгоритмами, т.е. процесс разработки модуля \_68 системы «Эйдос» не завершен.

При формировании рисунка 19 идентифицировались значения функции, соответствующие всем значениям аргумента, заданным в обучающей выборке, т.е. работоспособность модели проверялась в наиболее «мягком» или «щадящем» варианте, при этом она оказалась довольно высокой (рисунок 24), что видно и при визуальном сравнении рисунков 19 и 22.





**Рисунок 23. Экранная форма, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 2d-функций при идентификации обучающей выборки: отображены только значения функции, соответствующие фактическим**



**Рисунок 24. Экранная форма измерения внутренней валидности модели восстановления значений 2d-функций**

Чтобы проверить *прогностические возможности предлагаемого подхода* в режиме \_628 (рисунок 24) была удалена часть обучающей выборки с 7321 точки до конца, т.е. до 14641-й точки:

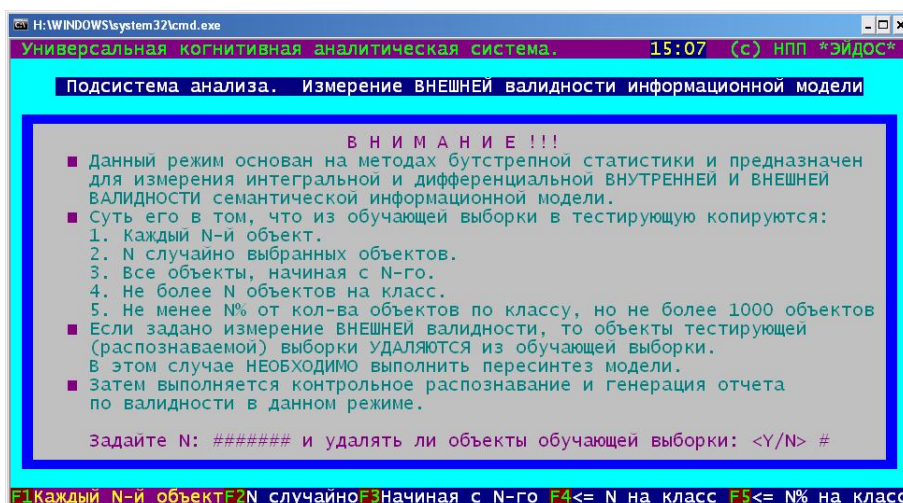


Рисунок 25. Экранная форма режима \_628 системы «Эйдос»

После этого в режиме \_235 был выполнен синтез модели, а в режиме \_42 восстановление значений функции как для первых 7320 значений аргумента, для которых они и должны достоверно восстанавливаться, так и для 7321 точки, которые остались в распознаваемой выборке, но отсутствовали в обучающей. Ясно, что основной интерес представляет возможность восстановления значений функции, соответствующих именно этим значениям аргумента. Результат этого численного эксперимента приведен на рисунке 25:

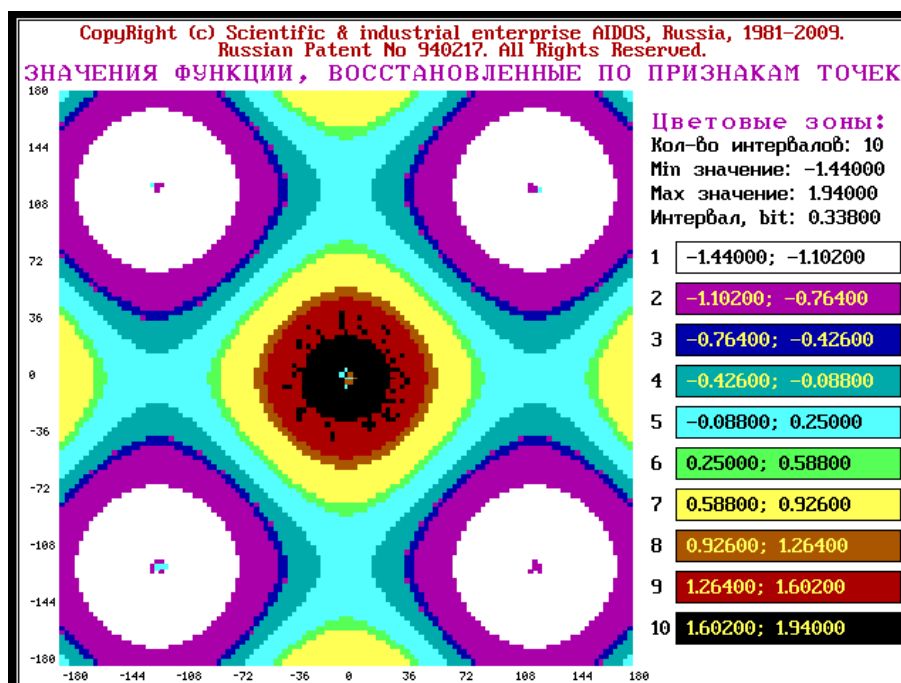


Рисунок 26. Экранная форма, выдаваемая подсистемой \_68 системы «Эйдос» для 2d-функций при идентификации распознаваемой выборки, не входящей в обучающую выборку

Прежде всего видно, что значения функции для точек, для которых они не были указаны в обучающей выборке, *вполне успешно восстановлены по свойствам этих точек, связь которых со значениями функции выявлена на основе опорных точек*, входящих в обучающую выборку. Кроме того при *сравнении* изображений кривой на рисунках 19 и 25 видно, что вообще различия между ними минимальные, хотя они должны быть только в правой части, соответствующей удаленным из обучающей выборки значениям аргумента и функции (рисунок 26):

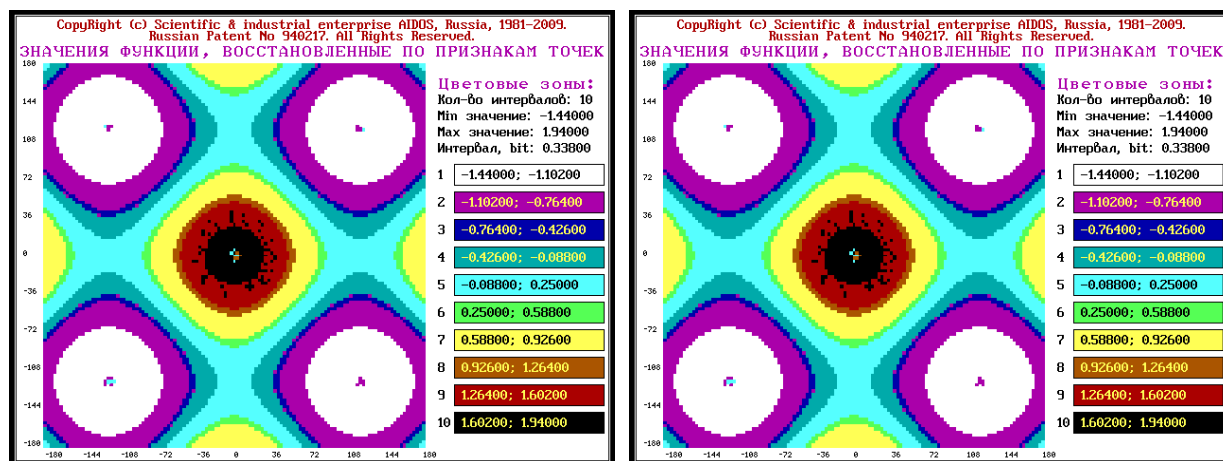


Рисунок 27. Сравнение рисунков 19 и 25

Конечно, возможно, что такой результат обусловлен тем, что в нашем примере были выбраны признаки аргумента *сильно связанные* со значением функции. Так что представляют интерес дальнейшие исследования и численные эксперименты, которые могли бы позволить оценить устойчивость метода к шуму как в обучающей, так и в распознаваемой выборках, а также к дефициту априорной информации. Ранее проведенные исследования показали, что в этом метод СК-анализа обеспечивает высокое качество подавления шума, как при синтезе модели (обучении системы), так и при идентификации объектов в интегральном критерии [1].

### Возможные области применения предлагаемой технологии.

В общем плане необходимо отметить, что как сам метод СК-анализа, так и реализующая его система «Эйдос», все ее подсистемы и режимы, реализованы в постановке не зависящей от конкретной предметной области, что позволяет надеяться на широкую применимость предлагаемых методов, технологий и методик.

Везде, где есть базы данных, привязанные к географически координатам, т.е. картографические, геоинформационные, экологические, социологические, политологические, медицинские, геологические, кадастровые, метеорологические, сельскохозяйственные и многие-многие другие, везде есть точки двух видов:

1. Связанные только с информацией о факторах, обуславливающих вид пространственных распределений интересующих нас функций.

2. Снабженные как информацией об интересующих нас параметрах пространственных распределений (функций), так и информацией о факторах, различные значения которых, по видимому обуславливают (детерминируют) фактический вид этих распределений.

А раз так, то возникает задача на основе информации о факторах для точек 1-го типа восстановить для них и наиболее вероятные значения различных функций, используя при этом априорную информацию о *взаимосвязи значений факторов и функций*, полученную на основе точек 2-го типа (опорных точек). Необходимо обратить внимание на то, что сам вид этой взаимосвязи еще необходимо выявить и отразить в формальной модели. И рассмотренные технологии и программный инструментальный позволяют в ряде случаев решить подобные задачи.

Например, картографическая визуализация с применением предложенных технологий возможна и может быть эффективной в следующих предметных областях:

– *в сельском хозяйстве* по информации по климатическим факторам в различные периоды развития растений (фенофазы) тех или иных сортов и культур и полученных при этих условиях урожаях, можно прогнозировать риски возделывания этих сортов и культур различных зонах и микрорайонах выращивания [14], в которых они еще не выращивались;

– *в кадастровом плане* по информации о свойствах земельных участков и ценах на них можно оценить еще не оцененные земельные участки по их свойствам;

– *в риэлтерской деятельности* по информации о свойствах жилой и нежилой недвижимости и ценах на нее в городах и сельской местности можно оценить еще не оцененные объекты по их свойствам (включая экологические и свойства инфраструктуры), используя предлагаемую технологию для формализации известных методов оценки: затратного, рыночного и доходного, также для их объединения в едином комплексном методе;

– *в геологии* по информации о результатах разведки полезных ископаемых и сопутствующей информации, полученной другими методами, и реальном наличии этих ископаемых в уже известных месторождениях можно определить вероятность наличия месторождений различных полезных ископаемых в регионах, где он еще не разведаны;

– *в социологии* по информации об условиях и качестве жизни и социальном статусе различных возрастных, профессиональных и иных групп населения можно прогнозировать социальный статус по условиям жизни;

– *в политологии* по информации об условиях и качестве жизни и политических предпочтениях различных возрастных, профессиональных и иных групп населения можно прогнозировать политические предпочтения по условиям жизни;

– **в экологии** по характеристикам производственной и сельскохозяйственной инфраструктуры и известной экологической ситуации можно прогнозировать экологическую обстановку для районов, в которых не осуществляется экологический мониторинг окружающей среды, но есть информация об инфраструктуре;

– **в медицине** по характеристикам производственной и сельскохозяйственной инфраструктуры и известной распространенности различных видов заболеваний можно прогнозировать вероятность этих заболеваний для районов, для которых подобные данные отсутствуют, но есть информация об инфраструктуре;

– **в транспорте** (безопасности дорожного движения) по известным данным о характеристиках дорог, перекрестков, транспортных развязок, истории, а также о типах и тяжести дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в различных местах можно прогнозировать опасность участков дорожного по их характеристикам и своевременно принимать меры по переоборудованию их в более безопасные (зная факторы риска);

– **в экономике** на основе информации о взаимосвязи событий на фондовом рынке с динамикой локальных неоднородностей пространства-времени в Солнечной системе оказывается возможным прогнозировать события и на фондовом рынке и их динамику [15].

Понятно, что приведенными примерами возможные области применения предлагаемых технологий далеко не исчерпываются. Во многих из перечисленных областей предлагаемая автором технология СК-анализа успешно апробирована [1-15].

Результаты восстановления значений функций выдаются в текстовом виде, а также в наглядной графической форме картографической визуализации (как слои карты).

Необходимо отметить, что картографическая визуализация в варианте, реализованном в текущей версии подсистемы \_68, может быть применена для сравнительно небольших участков земной поверхности, для которых замена географических координат декартовыми координатами не приводит к неприменимым с точки зрения пользователя ошибкам.

Текущая версия подсистемы обеспечивает визуализацию участка в форме квадрата  $400 \times 400 = 160000$  элементов изображения. Это не принципиальное ограничение, которое может быть легко снято, но пока в этом не было необходимости. При большем количестве элементов визуализация также осуществляется, но элементы могут накладываться один на другой. С другой стороны Excel позволяет обрабатывать таблицы до 65536 строк, что составляет  $256^2$  и соответствует квадратному изображению  $256 \times 256$  элементов, что значительно меньше, чем возможно в текущей версии. Поэтому возникает вопрос о том, каким же образом подготовить данные для изображения  $400 \times 400 = 160000$  элементов, т.е. каким образом создать файл `Inp_data.dbf` из 160000 записей? Принято решение создавать такой файл за



два этапа: сначала создать файлы с именами вида: Inp\_0###.dbf, где “#” – цифры; объединить эти файлы один файл, так, чтобы данные из файлов с большими номерами следовали за данными из файлов с меньшими номерами. Для этой цели случит режим: «4. Объединение многих БД: Inp\_0001.dbf и т.д. в Inp\_data.dbf». Однако этот режим скорее всего будет не очень востребованным, т.к. интеллектуальная обработка графической информации требует очень значительных затрат вычислительных ресурсов, прежде всего времени, т.к. по сути приходится решать задачу идентификации по многим признакам из многих возможных вариантов для каждого элемента изображения, часто пикселя, которых могут быть десятки и даже сотни тысяч.

**Выводы.** На основе вышеизложенного на наш взгляд можно обоснованно предположить, что системно-когнитивный анализ и его инструментарий – система «Эйдос» являются адекватным средством как для восстановления значений одномерных и двумерных функций как между значениями аргумента (интерполяция), так вне их (экстраполяция или прогнозирование) на основе априорной информации о связи признаков аргумента и значений функции в опорных точках. Представляет интерес возможность прогнозирования и картографической визуализации результатов восстановления функций, привязанных к географическим координатам в картографических базах данных. Материалы данной статьи могут стать основой для нескольких лабораторных работ по дисциплинам: «Интеллектуальные информационные системы», «Представление знаний», «Интеллектуальные информационные технологии», «Системы управления знаниями», «Человеко-машинное взаимодействие» и может *применяться* в вузах, готовящих специалистов по специальностям «Прикладная информатика» и «Информационные системы и технологии».

### Литература<sup>1</sup>

1. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с.
2. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС". Пат. № 2003610986 РФ. Заяв. № 2003610510 РФ. Оpubл. от 22.04.2003.
3. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ изображений (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №02(46). – Шифр Информрегистр: 0420900012\0017. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/02/pdf/10.pdf>
4. Луценко Е.В. АСК-анализ как метод выявления когнитивных функциональных зависимостей в многомерных зашумленных фрагментированных данных / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №03(11). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/03/pdf/19.pdf>

<sup>1</sup> Для удобства читателей некоторые из этих работ размещены по адресу: <http://lc.kubagro.ru>

5. Луценко Е.В. Математический метод СК-анализа в свете идей интервальной бутстрепной робастной статистики объектов нечисловой природы / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №01(3). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/01/pdf/13.pdf>
6. Луценко Е.В. Неформальная постановка и обсуждение задач, возникающих при системном обобщении теории множеств на основе системной теории информации (Часть 1-я: задачи 1-3) / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №03(37). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/03/pdf/12.pdf>
7. Луценко Е.В. Неформальная постановка и обсуждение задач, возникающих при системном обобщении теории множеств на основе системной теории информации (Часть 2-я: задачи 4–9) / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №04(38). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0049. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/04/pdf/03.pdf>
8. Луценко Е.В. Проблема референтного класса и ее концептуальное, математическое и инструментальное решение в системно-когнитивном анализе / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №09(43). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0130. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/09/pdf/01.pdf>
9. Луценко Е.В. Программная идея системного обобщения математики и ее применение для создания системной теории информации / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(36). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/11.pdf>
10. Луценко Е.В. СК-анализ и система "Эйдос" в свете философии Платона / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №01(45). – Шифр Информрегистра: 0420900012\0010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/08.pdf>
11. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(41). – Шифр Информрегистра: 0420800012\0091. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>
12. Луценко Е.В. Численный расчет эластичности объектов информационной безопасности на основе системной теории информации / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №01(1). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/05.pdf>
13. Луценко Е.В. Теоретические основы и технология адаптивного семантического анализа в поддержке принятия решений (на примере универсальной автоматизированной системы распознавания образов "ЭЙДОС-5.1"): Монография (научное издание). - Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1996. - 280с.
14. Лопатина Л.М. Концептуальная постановка задачи: "Прогнозирование количественных и качественных результатов выращивания заданной культуры в заданной точке" / Л.М. Лопатина, И.А. Драгавцева, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/pdf/08.pdf>
15. Трунев А.П. Прогнозирование курсов валют по астрономическим данным с использованием системы искусственного интеллекта. // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №7(51). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/07/pdf/15.pdf>