

СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ В ДАННЫХ

Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков

*Кубанский государственный университет, г. Краснодар
Адыгейский государственный университет, г. Майкоп*

В статье предлагается программная идея системного обобщения понятий математики, в частности теории информации, основанных на теории множеств, путем замены понятия множества на более содержательное понятие системы. Частично эта идея была реализована Луценко Е.В. при разработке автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализа), математическая модель которого основана на системном обобщении формул для количества информации Хартли и Харкевича. В данной статье реализуется следующий шаг: предлагается системное обобщение понятия функциональной зависимости, и вводятся термины «когнитивные функции» и «когнитивные числа». На численных примерах показано, что АСК-анализ обеспечивает выявление когнитивных функциональных зависимостей в многомерных зашумленных фрагментированных данных.

Определим понятие «система» классическим способом, т.е. путем его подведения под более общее понятие «множество» и выделение специфических признаков. Система представляет собой *множество элементов*, объединенных в целое за счет *взаимодействия* элементов друг с другом, т.е. за счет *отношений* между ними, и обеспечивает преимущества в достижении *целей*. Преимущества в достижении целей обеспечиваются за счет *системного эффекта*. Системный эффект состоит в том, что свойства системы *не сводятся* к сумме свойств ее элементов, т.е. система как целое обладает рядом *новых, т.е. эмерджентных* свойств, которых не было у ее элементов. Уровень системности тем выше, чем выше *интенсивность взаимодействия* элементов системы друг с другом, чем сильнее отличаются свойства системы от свойств входящих в нее элементов, т.е. чем выше системный эффект, *чем значительнее отличается система от множества*. Элементы взаимодействуют (вступают в отношения) друг с другом с помощью имеющихся у них *общих* свойств, а также свойств, которые *коррелируют* между собой.

Таким образом, *система обеспечивает тем большие преимущества в достижении целей, чем выше ее уровень системности*. В частности, система с нулевым уровнем системности вообще ничем не отличается от множества образующих ее элементов, т.е. тождественна этому множеству и никаких преимуществ в достижении целей не обеспечивает. Этим самым достигается выполнение *принципа соответствия* между понятиями системы и множества. Из соблюдения этого принципа для понятий множества и системы следует и его соблюдение для понятий, основанных на теории множеств и их системных обобщений.

На этой основе можно ввести и новое научное понятие: понятие «антисистемы», применение которого оправдано в случаях, когда централизация (монополизация, интеграция) не только не дает положительного эффекта, но даже сказывается отрицательно. *Антисистемой* называется система с отрицательным уровнем системности, т.е. это такое объединение некоторого множества элементов за счет их взаимодействия в целое, которое *препятствует* достижению целей.

Фундаментом современной математики является теория множеств. Эта теория лежит и в основе самого глубокого на сегодняшний день обоснования таких базовых математических понятий, как «число» и «функция». Определенный период этот фундамент казался незыблемым. Однако вскоре работы целой плеяды выдающихся ученых XX века, прежде всего Давида Гильберта, Бертрана Рассела и Курта Гёделя, со всей очевидностью обнажили фундаментальные логические и лингвистические проблемы, в частности проявляющиеся в форме парадоксов теории множеств, что, в свою очередь, привело к появлению ряда развернутых предложений по пересмотру самых глубоких оснований математики [20].

В задачи данной статьи не входит рассмотрение этой интереснейшей проблематики, а также истории возникновения и развития понятий числа и функции. Отметим лишь, что кроме рассмотренных

в литературе вариантов *существует возможность обобщения всех понятий математики, базирующихся на теории множеств, в частности теории информации, путем тотальной замены понятия множества на понятие системы и тщательного отслеживания всех последствий этой замены*. Это утверждение будем называть «программной идеей системного обобщения понятий математики».

Строго говоря, реализация данной программной идеи потребует прежде всего системного обобщения самой теории множеств и преобразования ее в *математическую теорию систем, которая будет плавно переходить в современную теорию множеств при уровне системности, стремящемся к нулю*. При этом необходимо заметить, что существующая в настоящее время наука под названием «Теория систем» ни в коей мере не является обобщением математической теории множеств, и ее не следует путать с математической теорией систем. Вместе с тем, на наш взгляд, существуют некоторые возможности обобщения ряда понятий математики и без разработки математической теории систем. К таким понятиям относятся прежде всего понятия «информация» и «функция».

Системному обобщению понятия информации посвящены работы автора [5, 6, 9-11] и др., поэтому в данной статье на этом вопросе мы останавливаться не будем. Отметим лишь, что на основе предложенной системной теории информации (СТИ) были разработаны математическая модель и методика численных расчетов (структуры данных и алгоритмы), а также специальный программный инструментарий (система «Эйдос») автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), который представляет собой системный анализ, автоматизированный путем его рассмотрения как метода познания и структурирования по базовым когнитивным операциям.

В АСК-анализе теоретически обоснована и реализована на практике в форме конкретной информационно-технологической процедура установления новой универсальной, сопоставимой в пространстве и времени, ранее не используемой *количественной*, т.е. выражаемой числами, меры *соответствия* между событиями или явлениями любого рода, получившей название «системная мера целесообразности информации», которая по существу является *количественной мерой знаний* [10]. Это является достаточным основанием для того, чтобы назвать эти числа «когнитивными» от английского слова «*cognition*» – «познание».

В настоящее время функция понимается как соответствие нескольких множеств чисел друг другу. Поэтому виды функций можно классифицировать по крайней мере в зависимости от:

- природы этих чисел (натуральные, целые, дробные, действительные, комплексные и т.п.);
- количества и вида множеств чисел, связанных друг с другом в функции (функции одного, нескольких, многих, счетного или континуального количества аргументов, однозначные и многозначные функции, дискретные или континуальные функции) [10];
- степени жесткости и меры силы связи между множествами чисел (детерминистские функции, функции, в которых в качестве меры связи используется вероятность, корреляция и другие меры);
- степени расплывчатости чисел в множествах и самой формы функции (четкие и нечеткие функции, использование различных видов шкал, в частности интервальных оценок).

Так как функции, выявляемые в модели предметной области методом АСК-анализа, связывают друг с другом множества когнитивных чисел, то предлагается называть их «когнитивными функциями». Учитывая перечисленные возможности классификации, когнитивные функции можно считать недетерминистскими многозначными функциями многих аргументов, в которых в качестве меры силы связи между множествами используется количественная мера знаний, т.е. системная мера целесообразности информации, основанная на интервальных оценках, номинальных и порядковых шкалах и шкалах отношений. Отметим, что детерминистские однозначные функции нескольких аргументов могут рассматриваться как частный случай когнитивных функций, к которому они сводятся при анализе жестко детерминированной предметной области, скажем, явлений, описываемых классической физикой.

Рассмотрим пример выявления и определения вида когнитивной функции на данных, моделирующих результаты физического эксперимента Галилея с бросанием бильярдных шаров с разных этажей Пизанской башни (табл. 1).

Затем также средствами Excel первые три столбца данной таблицы записаны в стандарте DBF 4 (dBASE IV) (*.dbf) для передачи в систему «Эйдос», которая работает с этим стандартом баз данных. Затем с использованием стандартного программного интерфейса импорта данных из файлов стандарта, впервые предложенного автору профессором А.Н. Лебедевым при проведении одной из совместных работ (рис. 2), осуществляется автоматизированное формирование классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки, т.е. формализация предметной области.

Таблица 1

Результаты «эмпирических» испытаний при отсутствии шума и фрагментации.
 Амплитуда сигнала = 1,00. Амплитуда шума аргумента = 0,00.
 Амплитуда шума функции = 0,00

№	Группа	Время	Высота	№	Группа	Время	Высота	№	Группа	Время	Высота
1	0	0,00	0,00	18	3	17,00	289,00	35	12	34,00	1156,00
2	0	1,00	1,00	19	3	18,00	324,00	36	12	35,00	1225,00
3	0	2,00	4,00	20	4	19,00	361,00	37	13	36,00	1296,00
4	0	3,00	9,00	21	4	20,00	400,00	38	14	37,00	1369,00
5	0	4,00	16,00	22	4	21,00	441,00	39	14	38,00	1444,00
6	0	5,00	25,00	23	5	22,00	484,00	40	15	39,00	1521,00
7	0	6,00	36,00	24	5	23,00	529,00	41	16	40,00	1600,00
8	0	7,00	49,00	25	6	24,00	576,00	42	17	41,00	1681,00
9	1	8,00	64,00	26	6	25,00	625,00	43	18	42,00	1764,00
10	1	9,00	81,00	27	7	26,00	676,00	44	18	43,00	1849,00
11	1	10,00	100,00	28	7	27,00	729,00	45	19	44,00	1936,00
12	1	11,00	121,00	29	8	28,00	784,00	46	20	45,00	2025,00
13	1	12,00	144,00	30	8	29,00	841,00	47	21	46,00	2116,00
14	2	13,00	169,00	31	9	30,00	900,00	48	22	47,00	2209,00
15	2	14,00	196,00	32	10	31,00	961,00	49	23	48,00	2304,00
16	2	15,00	225,00	33	10	32,00	1024,00	50	24	49,00	2401,00
17	3	16,00	256,00	34	11	33,00	1089,00	51	25	50,00	2500,00

Таблица 1 рассчитана и представлена в графическом виде на рисунке 1 с помощью Excel.

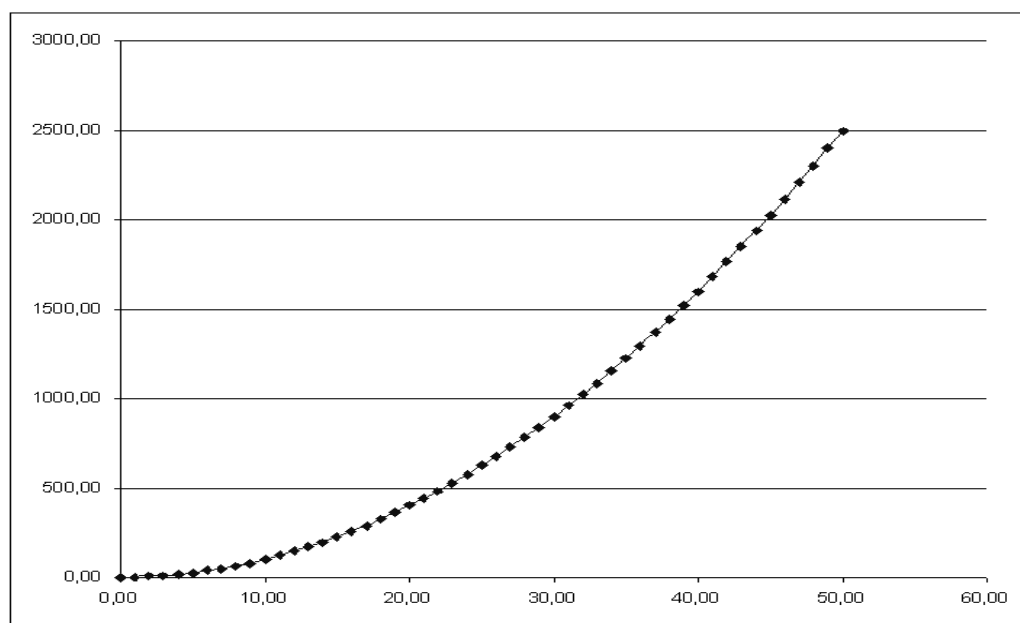


Рис. 1. Модельная зависимость высоты от времени при бросании шаров

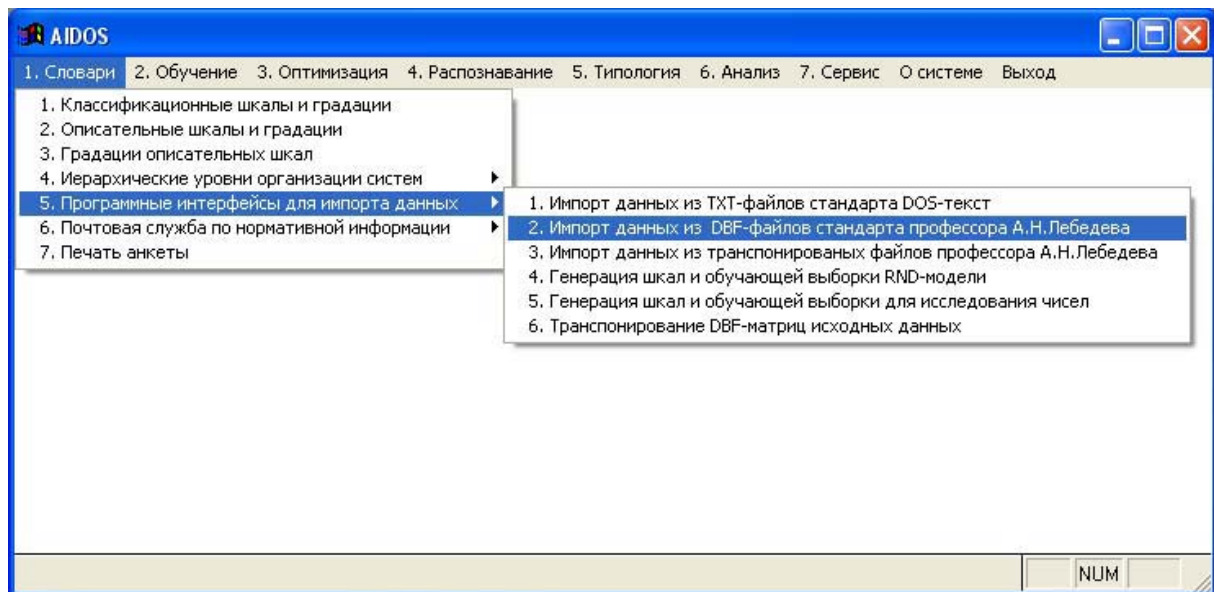
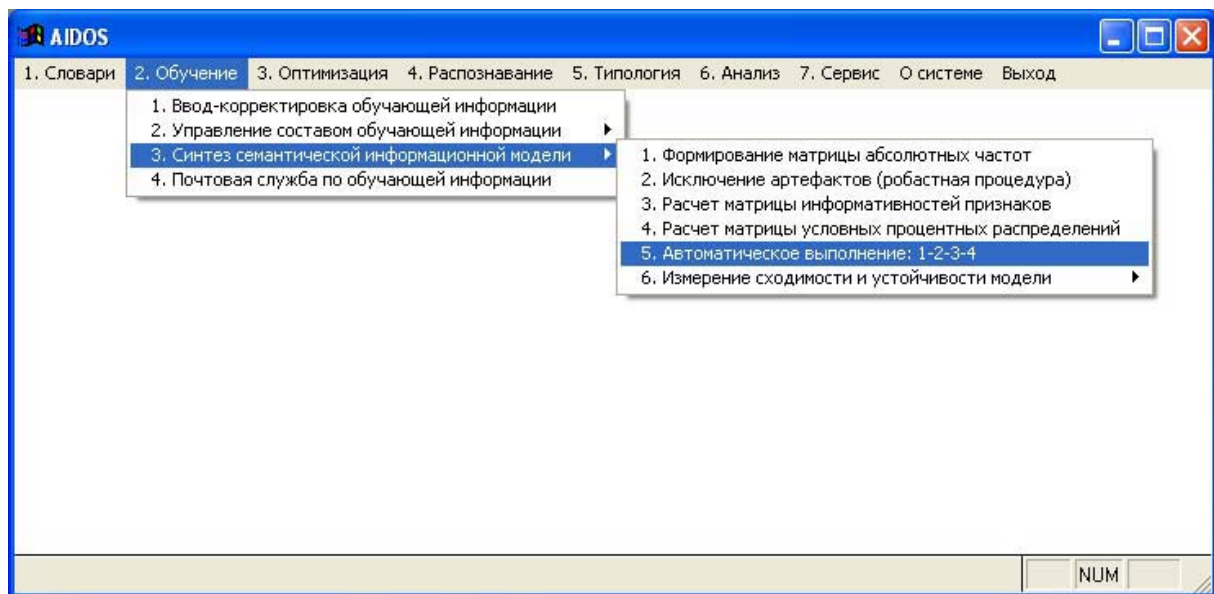


Рис. 2. Экранная форма системы «Эйдос», позволяющая запустить программный интерфейс импорта данных из нужного стандарта внешнего файла

После синтеза семантической информационной модели (СИМ) (уже содержащей все когнитивные функции) в 3-м режиме 2-й подсистемы системы «Эйдос» осуществляется переход в режим, обеспечивающий графическое отображение когнитивных функций (рис. 3).



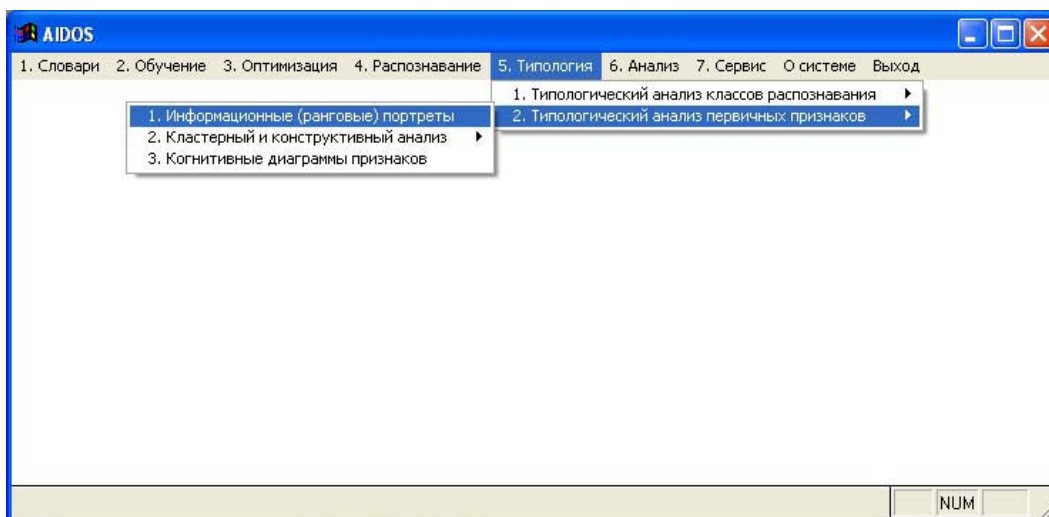


Рис. 3. Экранные формы выхода на режимы синтеза семантической информационной модели и генерации когнитивных функций

После формирования задания на графическое отображение когнитивных функций и его запуска на исполнение получаем результат, представленный на рисунке 4.

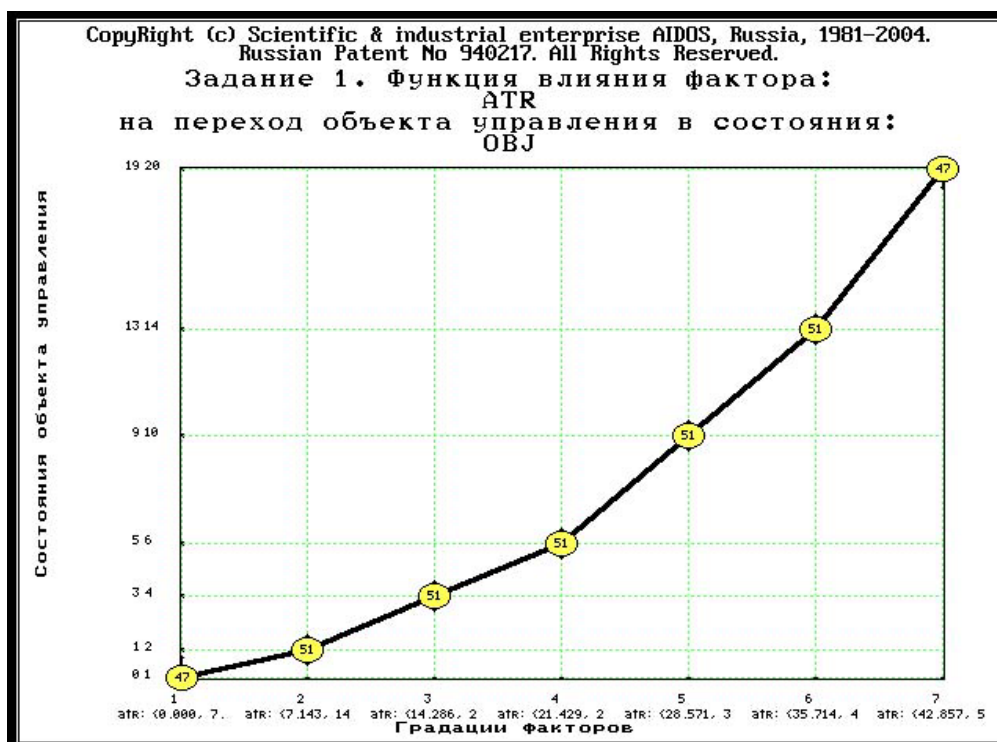


Рис. 4. Пример когнитивной функции, построенной на основе смоделированных данных в технологии АСК-анализа

Сравнение функций на рисунках 1 и 4 показывает их высокую идентичность, что позволяет сделать вывод о том, что технология АСК-анализа обеспечивает выявление закономерностей в эмпирических данных и их отображение в графической форме. Однако остается вопрос о степени адекватности данной технологии при решении подобных задач на многомерных зашумленных фрагментированных данных большой размерности, т.е. на данных, которые чаще всего и встречаются на практике. Под фрагментированными мы понимаем данные с неполными повторностями. Стандартные статисти-

ческие методы, такие, например, как индексный метод, не позволяют обрабатывать подобные данные, поэтому приходится либо заполнять отсутствующие повторности каким-либо способом, не всегда обоснованным и корректным, либо вообще отказаться от обработки полного массива данных, выбрав из него очень небольшие «корректные» с этой точки зрения фрагменты.

Модельные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты «эмпирических» испытаний при наличии шума по аргументу и результату, но при отсутствии фрагментации. Амплитуда сигнала = 1. Амплитуда шума аргумента = 10. Амплитуда шума функции = 5000

№	Группа	Время	Высота	№	Группа	Время	Высота	№	Группа	Время	Высота
1	48	5,78	4792,21	18	35	18,80	3492,74	35	54	38,05	5367,44
2	2	8,39	180,70	19	38	24,20	3783,32	36	22	37,28	2180,54
3	19	3,98	1930,22	20	29	22,32	2885,84	37	26	42,92	2562,97
4	8	10,18	752,70	21	16	21,14	1648,32	38	29	42,19	2858,40
5	13	6,78	1259,30	22	9	23,79	854,88	39	32	45,97	3168,07
6	40	7,36	3965,76	23	26	24,86	2631,81	40	37	47,24	3662,87
7	6	12,27	602,80	24	27	23,18	2694,71	41	34	43,66	3410,73
8	27	12,70	2707,32	25	12	24,36	1218,05	42	47	42,63	4690,27
9	20	15,42	1971,45	26	26	30,46	2625,14	43	38	50,28	3836,79
10	40	11,60	3981,49	27	50	32,42	5015,21	44	55	43,69	5452,67
11	13	17,38	1266,58	28	39	35,72	3945,50	45	22	44,22	2236,85
12	45	14,01	4523,64	29	38	33,50	3836,35	46	70	49,53	6983,14
13	2	13,97	219,87	30	52	35,68	5204,54	47	38	47,35	3821,59
14	19	22,26	1870,29	31	34	31,44	3418,48	48	64	49,37	6428,55
15	4	15,62	401,40	32	54	36,30	5435,37	49	59	48,91	5901,79
16	35	19,94	3527,71	33	30	32,72	2994,49	50	51	49,34	5058,41
17	15	21,39	1495,18	34	19	42,35	1935,42	51	29	52,58	2916,84

Графическое отображение таблицы 2 и результат восстановления когнитивной функции путем повторения уже перечисленных выше шагов представлены на рисунках 5 и 6.

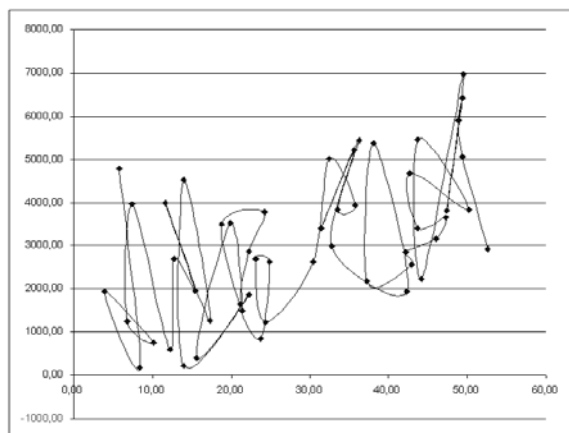


Рис. 5. Графическое отображение зашумленных исходных данных

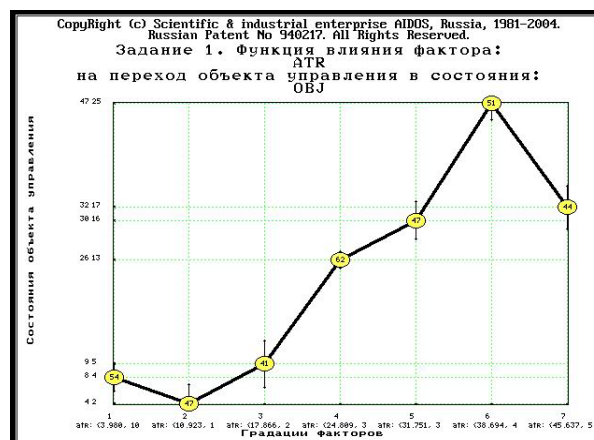


Рис. 6. Когнитивная функция, выявленная в зашумленных данных

Сравнение рисунков 5 и 6 показывает возможность использования АСК-анализа для выделения сигнала из шума даже при небольшом объеме обучающей выборки (всего 51 пример) и довольно жестких условиях:

- амплитуда шума результата была взята в 5000 раз выше минимального ненулевого значения амплитуды полезного сигнала и в 2 раза выше его максимального значения;
- шум аргумента составлял около 20 % от значения аргумента, т.е. был способен смещать данные до 10 позиций между группами всего при 51 позиции.

Сравнение рисунков 4, 5 и 6 показывает, что даже в этих условиях, при которых вид полезного сигнала на фоне шума уже практически не просматривается, вид когнитивной функции изменился весьма незначительно, и в основном это изменение связано с «краевыми эффектами». Причем краевые эффекты хорошо предсказуемы и могут быть скомпенсированы дополнительно, т.к. приводят к увеличению минимальных значений когнитивной функции и уменьшению ее максимальных значений. При увеличении объема исходных данных вклад краевых эффектов в общую картину значительно уменьшается.

Рассмотрим влияние фрагментации на результаты выявления и определение вида когнитивной функции (табл. 3).

Таблица 3 получена из таблицы 2 путем удаления всех результатов измерений с номерами, кратными 3 (показаны на желтом фоне). Результат восстановления когнитивной функции на данных таблицы 3 приведен на рисунке 7.

Сравнение вида когнитивной функции на рисунках 4, 6 и 7 показывает, что даже 33-процентная фрагментация не оказывает какого-либо существенного влияния на ее вид, тогда как при применении стандартных методов даже отсутствие двух данных в строке или столбце уже превращаются в настоящую проблему, т.к. такие пропуски уже некорректно восстанавливать путем интерполяции.

В заключение необходимо сказать несколько слов о взаимосвязи, существующей между информационными (семантическими) портретами факторов, которые позволяют генерировать технологию АСК-анализа, и когнитивными функциями.

Информационный (семантический) портрет фактора – это список классов, ранжированный в порядке убывания силы влияния данного фактора на переход объекта управления в состояния, соответствующие данным классам.

Информационный портрет фактора называется также его *семантическим портретом*, т.к. в соответствии с концепцией смысла системно-когнитивного анализа, являющейся обобщением концепции смысла Шенка-Абельсона, *смысл фактора состоит в том, какие будущие состояния объекта управления он детерминирует* [10].

Сначала в этом списке идут состояния объекта управления, на переход в которые данный фактор оказывает наибольшее влияние, затем состояния, на которые данный фактор не оказывает существенного влияния, и далее состояния, переходу в которые данный фактор препятствует (также в порядке увеличения силы).

Информационные портреты факторов могут быть *отфильтрованы* по диапазону классов, в результате чего отображается влияние данного фактора на переход объекта управления не во все возможные будущие состояния, а только в те состояния, коды которых попадают в определенный диапазон, например, относящиеся к определенным классификационным шкалам.

Если взять несколько информационных портретов факторов, соответствующих градациям одной описательной шкалы, отфильтровать их по диапазону градаций некоторой классификационной шкалы и взять из каждого информационного портрета по *одному* состоянию, на переход в которое объекта управления данная градация фактора оказывает *наибольшее* влияние, то мы получим зависимость, отражающую «вероятность» перехода объекта управления в будущие состояния под влиянием различных значений некоторого фактора. Если на когнитивной функции отображать не по одному, а по два состояния или более будущих состояний объекта управления, на переход в которые значения факторов оказывают наибольшее влияние, то будут получены *многозначные когнитивные функции*, которые в данной статье не приводятся.

Когнитивная функция представляет собой график зависимости «вероятностей» перехода объекта управления в будущие состояния под влиянием различных значений некоторого фактора.

Таблица 3

Результаты «эмпирических» испытаний при наличии шума по аргументу и результату и с 33-процентной фрагментацией. Амплитуда сигнала = 1.
Амплитуда шума аргумента = 10. Амплитуда шума функции = 5000

№	Группа	Время	Высота	№	Группа	Время	Высота	№	Группа	Время	Высота
1	48	5,78	4792,21	18	35	18,8 0	3492,7 4	35	54	38,0 5	5367,4 4
2	2	8,39	180,70	19	38	24,2 0	3783,3 2	36	22	37,2 8	2180,5 4
3	19	3,98	1930,22	20	29	22,3 2	2885,8 4	37	26	42,9 2	2562,9 7
4	8	10,18	752,70	21	16	21,1 4	1648,3 2	38	29	42,1 9	2858,4 0
5	13	6,78	1259,30	22	9	23,7 9	854,88	39	32	45,9 7	3168,0 7
6	40	7,36	3965,76	23	26	24,8 6	2631,8 1	40	37	47,2 4	3662,8 7
7	6	12,27	602,80	24	27	23,1 8	2694,7 1	41	34	43,6 6	3410,7 3
8	27	12,70	2707,32	25	12	24,3 6	1218,0 5	42	47	42,6 3	4690,2 7
9	20	15,42	1971,45	26	26	30,4 6	2625,1 4	43	38	50,2 8	3836,7 9
10	40	11,60	3981,49	27	50	32,4 2	5015,2 1	44	55	43,6 9	5452,6 7
11	13	17,38	1266,58	28	39	35,7 2	3945,5 0	45	22	44,2 2	2236,8 5
12	45	14,01	4523,64	29	38	33,5 0	3836,3 5	46	70	49,5 3	6983,1 4
13	2	13,97	219,87	30	52	35,6 8	5204,5 4	47	38	47,3 5	3821,5 9
14	19	22,26	1870,29	31	34	31,4 4	3418,4 8	48	64	49,3 7	6428,5 5
15	4	15,62	401,40	32	54	36,3 0	5435,3 7	49	59	48,9 1	5901,7 9
16	35	19,94	3527,71	33	30	32,7 2	2994,4 9	50	51	49,3 4	5058,4 1
17	15	21,39	1495,18	34	19	42,3 5	1935,4 2	51	29	52,5 8	2916,8 4

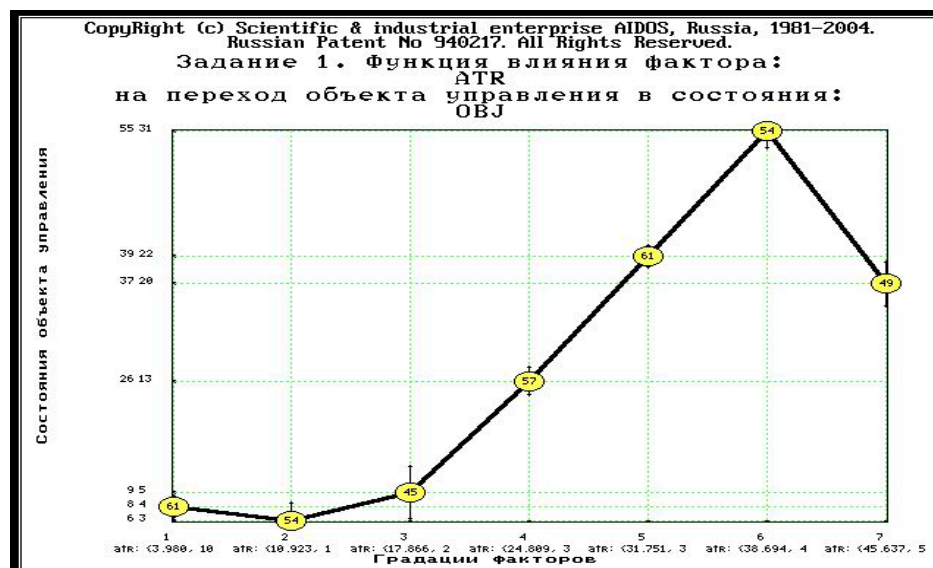


Рис. 7. Результат восстановления когнитивной функции на данных таблицы 3

Когнитивные функции влияния являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, предоставляемым АСК-анализом и его программным инструментарием – системой «Эйдос». Необходимо отметить, что на вид когнитивных функций математической моделью СК-анализа не накладывается никаких ограничений, в частности они могут быть и *нелинейные*.

Смысл когнитивной функции влияния можно прояснить, если представить себе очень упрощенный случай, когда у нас есть всего две описательные шкалы, формализующие факторы, и одна классификационная, формализующая состояния объекта управления. В этом случае когнитивные функции влияния можно считать *сечениями* поверхности двумерного графика, отражающего зависимость состояния объекта от факторов, поверхностью, параллельной классификационной шкале и одной из описательных шкал. Этот же смысл сохраняется у функций влияния и тогда, когда классификационных и описательных шкал много, но наглядно представить себе это сложнее. Подобный численный пример, аналогичный приведенным в данной статье, разработан и исследован автором, однако здесь он не приводится по причине значительного объема. Так, например, таблица исходных данных, созданная на основе приведенного в данной статье 51 примера, по каждой из осей составит уже 2601 строку.

Каждая опорная точка на графиках когнитивных функций снабжена числом и вертикальным интервалом, которые отражают вклад данного значения фактора в детерминацию конкретного состояния объекта управления. Это в определенной мере является аналогом доверительного интервала в СК-анализе [9]. Число означает процент количества информации от теоретически максимально возможного, которое мы получаем из факта действия данного значения фактора о переходе объекта управления в данное состояние. Вертикальный интервал тем меньше, чем выше степень детерминации.

В системе «Эйдос» в режиме импорта данных реализована возможность генерации случайной модели (классификационных и описательных шкал и обучающей выборки), которая позволяет исследовать влияние белого шума на характеристики семантической информационной модели.

В частности, этот режим позволяет определить, какая часть валидности обусловлена законами теории вероятностей, а какая работой системы распознавания, причем в зависимости от параметров модели (размерности по классам и признакам и объема обучающей выборки). Например, при увеличении объема выборки результат все ближе к предсказываемому теорией вероятностей. Но при небольших объемах выборки модель даже в шуме находит «нешумовые» особенности, в результате чего валидность модели получается заметно выше, чем по теории вероятностей даже при довольно больших выборках. Это позволяет сделать вывод, что при анализе величины интегральной валидности конкретной модели и попытках оценивать ее в категориях «довольно хорошая» или «не достаточно высокая», необходимо сравнивать ее с валидностью, получаемой по теории вероятностей. Например, если в модели есть два класса, то валидность даже с неработающей системой распознавания или при полном отсутствии каких-либо закономерностей в предметной области должна быть 50% при равновероятных классах, а если

классов 10, то валидность должна быть 10%. И только то, что выше значения, предсказываемого теорией вероятности, можно считать вкладом в валидность системы распознавания.

Если статистика мала и закон больших чисел неприменим, то система «Эйдос» воспринимает шум как закономерности (причем даже иногда детерминистского характера, когда статистики вообще нет) и работает с очень высокой валидностью, тем выше, чем меньше статистика.

Получается, что о выявлении закономерностей в предметной области можно говорить только тогда, когда статистика достаточно велика, т.е. настолько велика, что если бы в ней закономерностей не было (а был только шум), то валидность была бы близка с предсказываемой теорией вероятностей, а фактически она значительно выше, чем эта величина.

Это позволяет сделать некоторые выводы.

Во-первых, валидность при уменьшении отношения сигнал/шум должна стремиться не к нулю, а к величине, предсказываемой теорией вероятностей для равновероятных событий. Можно, конечно, ввести некую величину (каузальная валидность) как разность фактической валидности в системе «Эйдос» и теоретически предсказанной по теории вероятностей. Вот она уже и будет стремиться к нулю.

Во-вторых, белый шум обладает такими статистическими характеристиками (автокорреляция белого шума равна нулю), что при увеличении объема исследуемой выборки эта каузальная валидность стремится к нулю и при внутренней, и при внешней валидности.

В-третьих, то, что каузальная валидность на практике весьма медленно стремится к нулю, может означать, с одной стороны, невысокое качество генератора псевдослучайных чисел, а с другой стороны – высокое качество семантической информационной модели, являющейся мощным средством выявления закономерностей в предметной области. Кстати, это можно рассматривать как процедуру, позволяющую количественно сравнивать различные генераторы «на степень их случайности».

Интересно сделать случайную модель с такими же параметрами, как какая-нибудь из реальных моделей (с таким же количеством классов, признаков, анкет), и сравнить валидность с валидностью реальной модели. Можно считать, что разница между валидностью в реальном примере и случайной модели обусловлена наличием причинно-следственных связей в предметной области.

В качестве развернутых примеров применения аппарата когнитивных функций, реализованного в АСК-анализе, при проведении реальных исследований с целью выявления причинно-следственных зависимостей в многомерных зашумленных фрагментированных данных можно рассматривать работы [1–4], [12–29].

Литература

1. *Калустов А.А.* Применение автоматизированного системно-когнитивного анализа для совершенствования методов компьютерной селекции подсолнечника / А.А. Калустов, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: Куб-ГАУ, 2005. – №02(10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/02/10/p10.asp>.
2. *Крохмаль В.В.* Когнитивная структуризация и формальная постановка задачи устойчивости перерабатывающего комплекса / В.В. Крохмаль // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – № 01(3). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/01/15/p15.asp>.
3. *Крохмаль В.В.* Синтез численной модели и анализ устойчивости перерабатывающего комплекса АПК Краснодарского края / В.В. Крохмаль // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №01(3). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/01/09/p09.asp>.
4. *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 // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/08/p08.asp>.
5. *Луценко Е.В.* Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности 351400 «Прикладная информатика (по отраслям)». – Краснодар: КубГАУ, 2004. – 633 с.
6. *Луценко Е.В.* Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объ-

ектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем) // Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 605 с.

7. Луценко Е.В. Виртуализация общества как основной информационный аспект глобализации (основы информационно-функциональной теории развития техники и информационной теории стоимости) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №01(9). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/01/02/p02.asp>.

8. Луценко Е.В. Критерии реальности и принцип эквивалентности виртуальной и «истинной» реальности / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №06(8). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/06/10/p10.asp>.

9. Луценко Е.В. Расчет эластичности объектов информационной безопасности на основе системной теории информации // Ж-л «Безопасность информационных технологий». – М.: МИФИ, 2003. – №2. – С. 82–90.

10. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ как развитие концепции смысла Шенка-Абельсона / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №03(5). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/03/04/p04.asp>.

11. 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: Краснодарский юридический институт МВД РФ, 1996. – 280 с.

12. Сафронова Т.И. Исследование семантической информационной модели управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах / Т.И. Сафронова, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/14/p14.asp>.

13. Сафронова Т.И. Когнитивная структуризация и формализация задачи управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах / Т.И. Сафронова, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/13/p13.asp>.

14. Сафронова Т.И. Проблема управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах и концепция ее решения / Т.И. Сафронова, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/11/p11.asp>.

15. Сафронова Т.И. Синтез, оптимизация и верификация семантической информационной модели управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах / Т.И. Сафронова, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/12/p12.asp>.

16. Ткачев А.Н. Гуманистическая экономика, качество жизни и цели региональной администрации / А.Н. Ткачев, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №04(6). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/04/18/p18.asp>.

17. Ткачев А.Н. Исследование многоуровневой семантической информационной модели влияния инвестиций на уровень качества жизни населения региона / А.Н. Ткачев, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №04(6). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/04/19/p19.asp>.

18. Ткачев А.Н., Луценко Е.В. Постановка задачи и синтез многоуровневой модели влияния инвестиций на качество жизни. Труды Кубанского государственного аграрного университета, 2002. – Вып. 401 (429), юбилейный. – С. 314–326.

19. Ткачев А.Н. Формальная постановка задачи и синтез многоуровневой семантической информационной модели влияния инвестиций на уровень качества жизни населения региона / А.Н. Ткачев, Е.В.

- Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №04(6). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/04/17/p17.asp>.
20. Френкель А. А., Бар-Хиллел И. Основания теории множеств. – М.: Мир, 1966. – 556 с.
21. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Интеллектуализация – генеральное направление развития информационных технологий. Майкоп: Ежеквартальный реферируемый научный журнал «Вестник АГУ», 2006.-№1(20), с.242-244. Режим доступа: http://vestnik.adygnet.ru/files/2006.1/98/lucenko2006_1.pdf
22. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Количественные меры уровня системности и степени детерминированности в рамках СТИ. Вестник АГУ. - 2006. - № 4(23). - 14 с. Режим доступа: http://vestnik.adygnet.ru/files/2006.4/402/lucenko2006_4.pdf
23. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Адаптивная семантическая информационная модель прогнозирования рисков совершения ДТП. Рецензируемый, реферируемый научный журнал АГУ, Вестник АГУ, Серия: «Естественно-математические и технические науки», С.55-60.
24. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (АСОИУ) (на примере АСУ вузом). Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В. Луценко. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2009. – 536 с.
25. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Рефлективная автоматизированная система управления качеством подготовки специалистов. // Вестник АГУ. - 2007. - № 4. - С. 28-36. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/download/62223184.pdf>
26. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Системно-когнитивный анализ в социологии российского региона. // Вестник АГУ. - 2008. - № 8. - С. 185-191. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/download/78640878.pdf>
27. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Решение обобщенной задачи о назначениях в системно-когнитивном анализе // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №07(51). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/07/pdf/04.pdf>
28. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Интеллектуальная система прогнозирования последствий ошибочного конфигурирования системы безопасности MS Windows // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №05(59). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/05/pdf/06.pdf>
29. Луценко Е.В., Коржаков В.Е. Системно-когнитивный подход к построению корпоративной системы управления знаниями. // Материалы междунауч. конф. «Инновационная экономика южного региона России: кластеры, среды, процессы и проекты»: материалы Международной науч. Прак. конф. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2010. 189 с. С. 24-38.

System-cognitive analysis as a method of revealing of relationships of cause and effect in data

E.V. Lutsenko, V.E. Korzhakov

In article the program idea of system generalization of concepts of mathematics, in particular is offered to the theory of the information, the sets based on the theory, by replacement of concept of set by more substantial concept of system. Partially this idea has been realised by Lutsenko E.V. by working out of the automated is system-cognitive analysis (ASK-ANALYSIS) which mathematical model is based on system generalization of formulas for quantity of information Hartly and Harkevitch. In given article the following step is realised: system generalization of concept of functional dependence is offered, and terms «cognitive functions» and «cognitive numbers» are entered. On numerical examples it is shown, that the ASK-ANALYSIS provides revealing cognitive functional dependences in multidimensional noisy and fragments data.