

АСК-АНАЛИЗ КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ В МНОГОМЕРНЫХ ЗАШУМЛЕННЫХ ФРАГМЕНТИРОВАННЫХ ДАННЫХ

Луценко Е.В. – д. э. н., к. т. н., профессор

Кубанский государственный аграрный университет

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 автором 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], [10], [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 информационной технологии 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).

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.

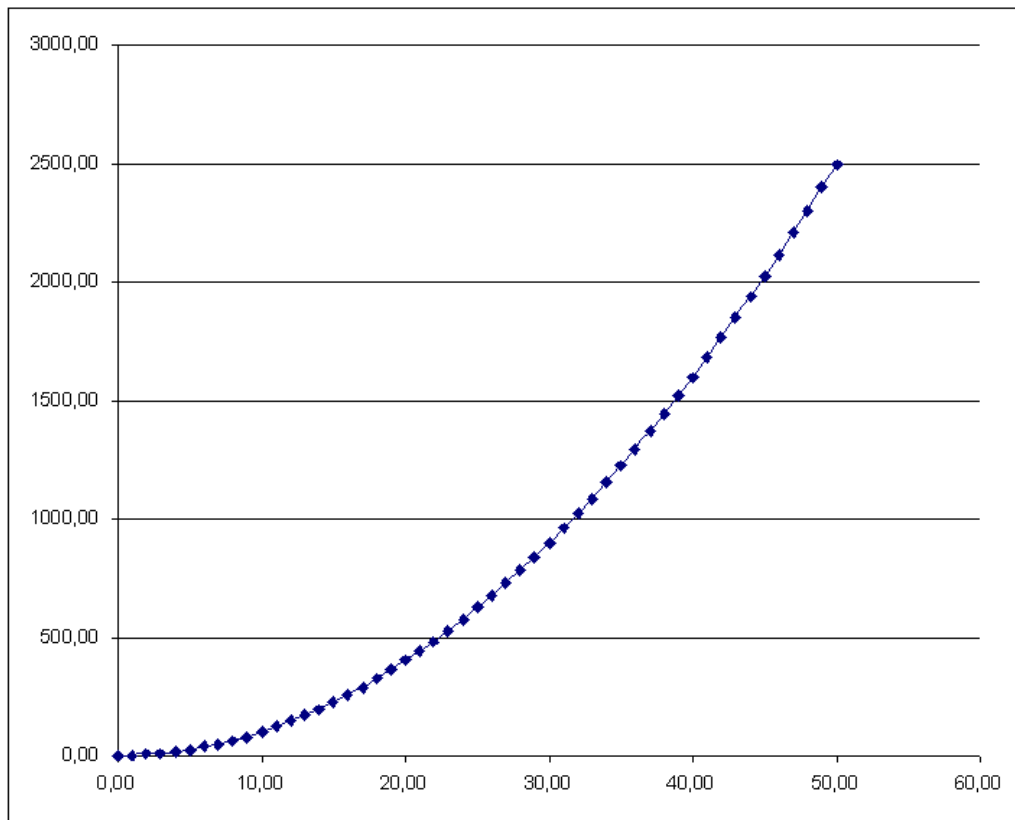


Рисунок 1. Модельная зависимость высоты от времени при бросании шаров

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.

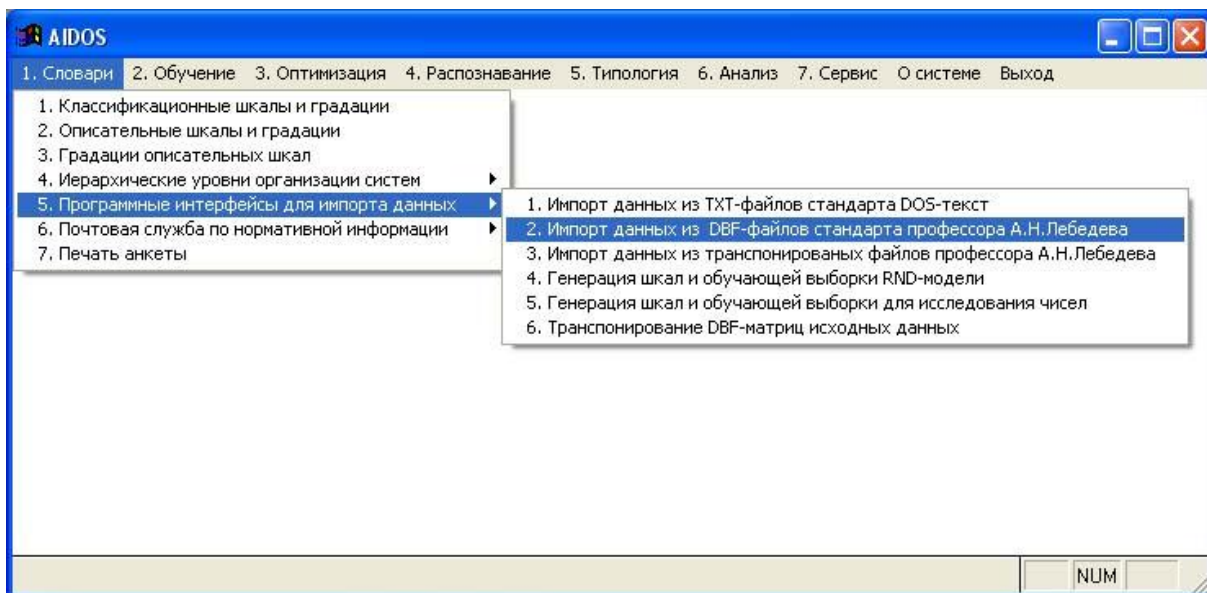
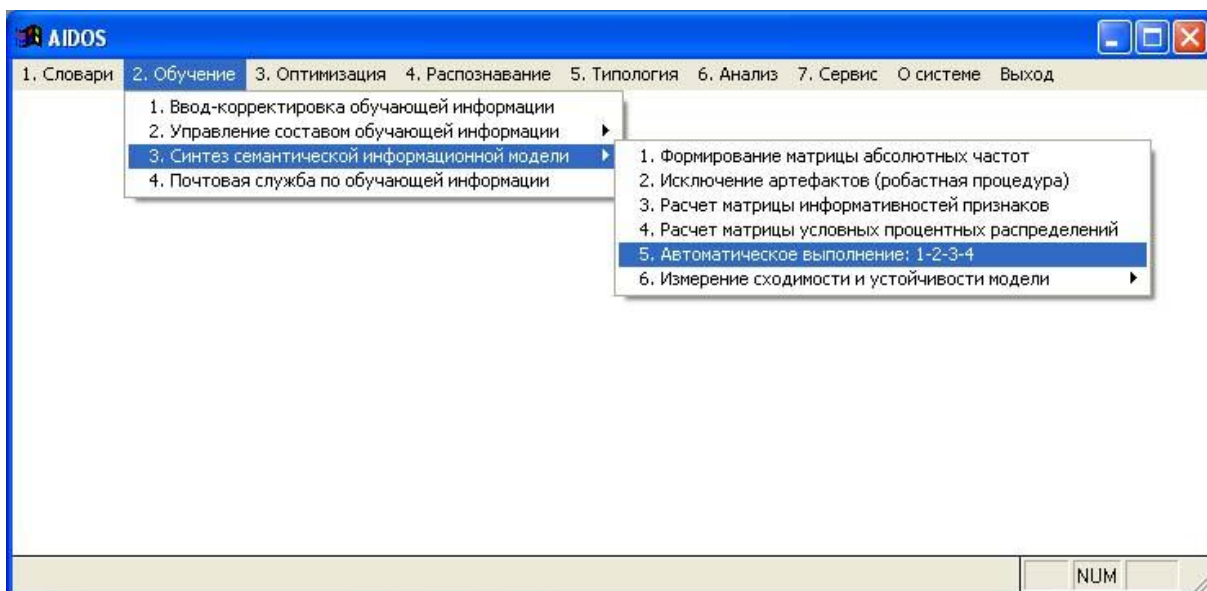


Рисунок 2 – Экранная форма системы "Эйдос", позволяющая запустить программный интерфейс импорта данных из нужного стандарта внешнего файла

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).



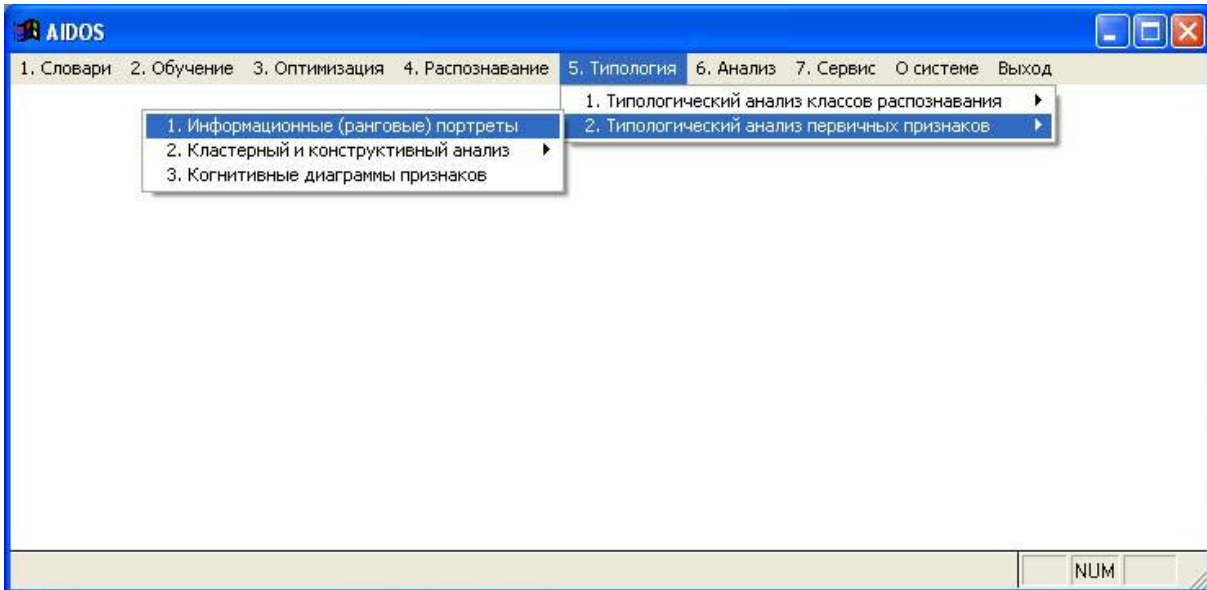


Рисунок 3 – Экранные формы выхода на режимы синтеза семантической информационной модели и генерации когнитивных функций

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

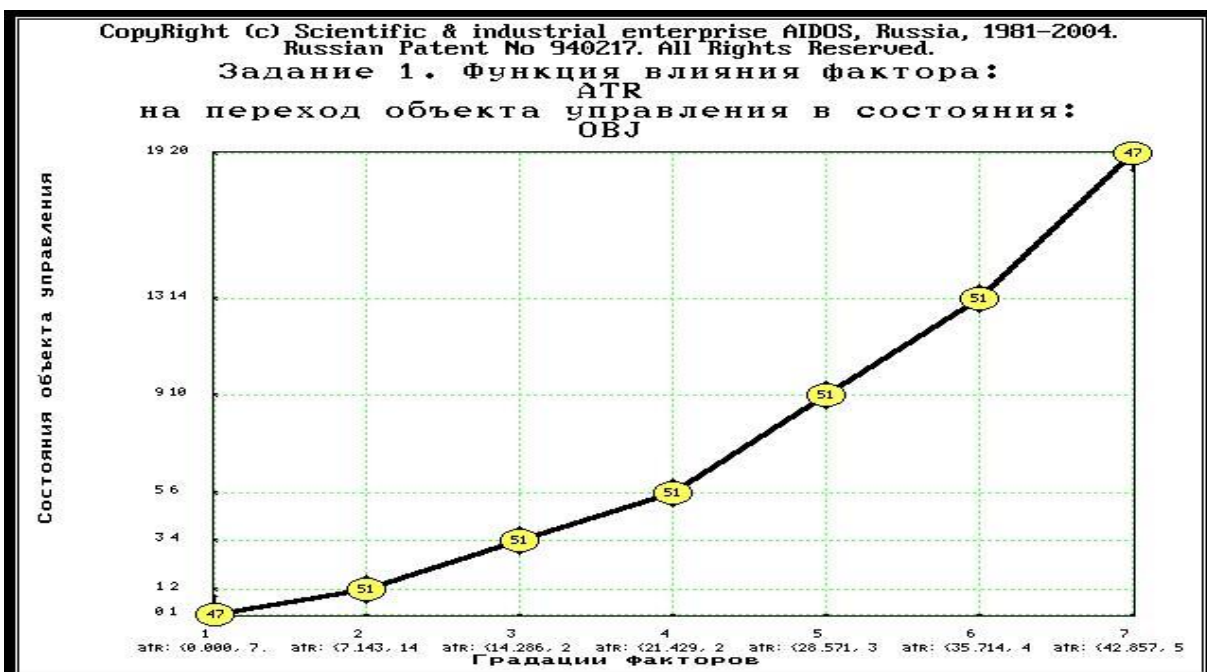


Рисунок 4 – Пример когнитивной функции, построенной на основе

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 статистические 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.

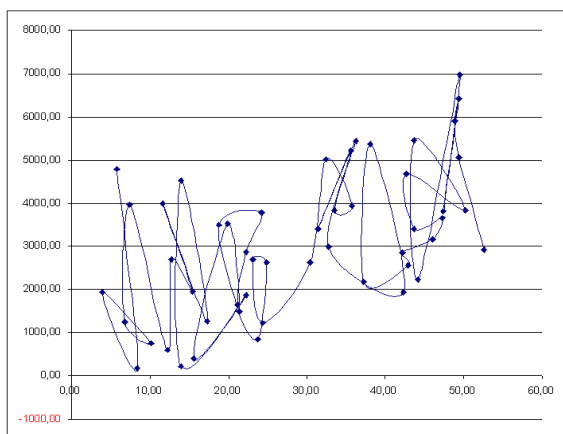


Рисунок 5 – Графическое отображение зашумленных исходных данных

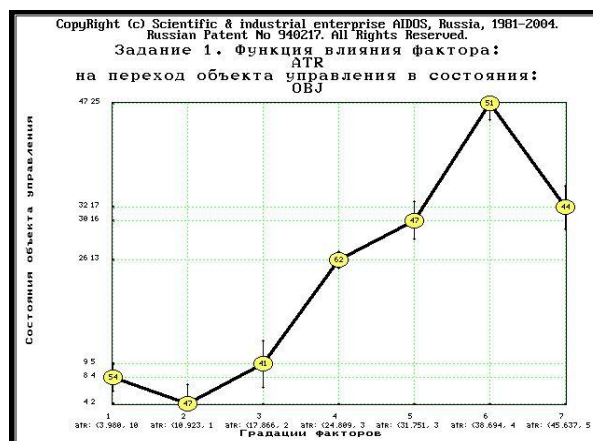


Рисунок 6 – Когнитивная функция, выявленная в зашумленных данных

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 – 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	18,80	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

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.

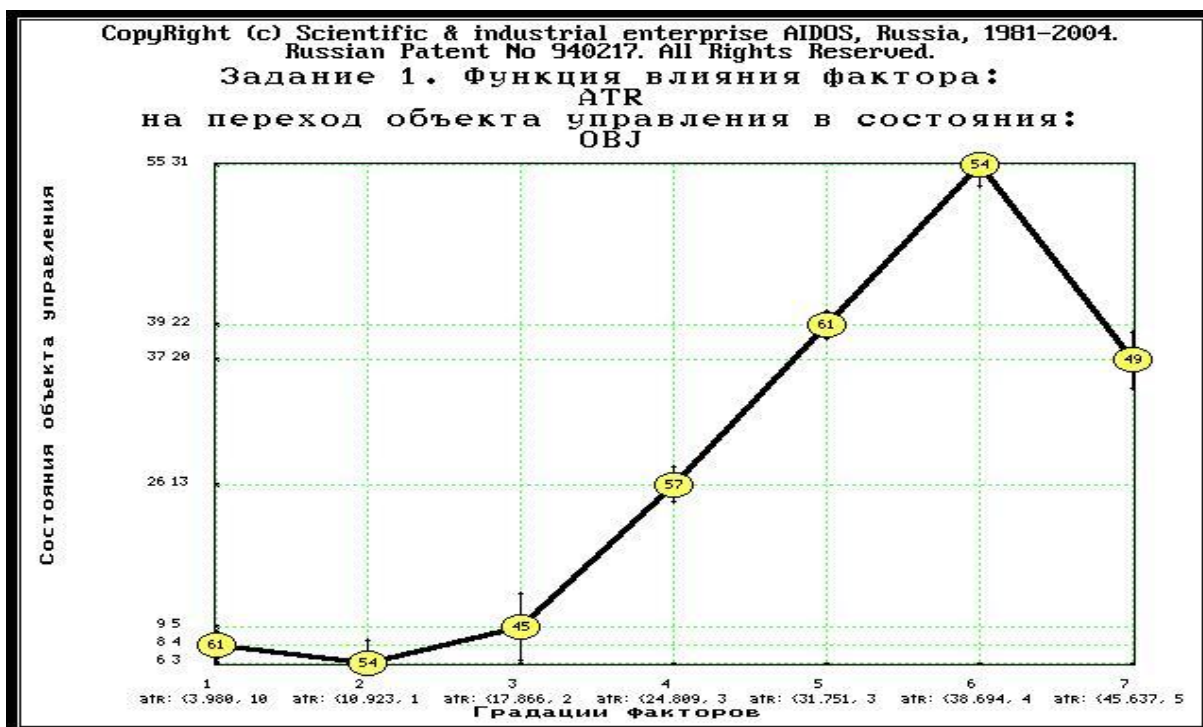


Рисунок 7 – Результат восстановления когнитивной функции на данных таблицы 3

В заключение необходимо сказать несколько слов о взаимосвязи, существующей между информационными (семантическими) портретами факторов, которые позволяет генерировать технология 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.

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 состояний 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 на многомерных зашумленных фрагментированных данных можно рассматривать работы [1–4], [12–20].

Список литературы

1. Калустов А.А. Применение автоматизированного системно-когнитивного анализа для совершенствования методов компьютерной селекции подсолнечника / А.А. Калустов, Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 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 // 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 // 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 // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/08/p08.asp>.
- 5¹. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". – Краснодар: КубГАУ, 2004. – 633 с.
- 6². 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.
7. Луценко Е.В. Виртуализация общества как основной информационный аспект глобализации (основы информационно-функциональной теории развития техники и информационной теории стоимости) / Е.В. Луценко // 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 // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №06(8). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/06/10/p10.asp>.

¹ для удобства читателей данная работа размещена на сайте автора по адресу: <http://lc.kubagro.ru/aidos/ASK-Analis/Conternt.htm>

² данная работа размещена на сайте автора по адресу: <http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/index.htm>

9³. Луценко Е.В. Расчет эластичности объектов информационной безопасности на основе системной теории информации // 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 // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №03(5). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/03/04/p04.asp>.

11⁴. 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. – 280 с.

12. Сафронова Т.И. Исследование семантической информационной модели 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/2004/05/14/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 // 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 // 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 // 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 // Научный журнал КубГАУ

³ данная работа размещена в Научном журнале КубГАУ по адресу: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/05/p05.asp>

⁴ данная работа размещена на сайте автора по адресу: <http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos96/aidos96.htm>

[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 // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №04(6). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/04/17/p17.asp>.

20. Френкель А., Бар-Хиллел И. Основания теории множеств: Пер. с англ. – М., 1966. –556 с.