

УДК 004.8

UDC 004.8

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ И
КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
(АСК-анализ влияния экологических и произ-
водственно-экономических и факторов на здо-
ровье населения)**

**APPLICATION OF THE INFORMATION
THEORY AND COGNITIVE TECHNOLOGIES
FOR MODELING ECOLOGICAL AND SOCIO-
ECONOMIC SYSTEMS (ASC-analysis of the im-
pact of environmental and commercial factors on
the health of the population)**

Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com

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

Стрельников Виктор Владимирович
д.б.н., профессор
SPIN-код: 2808-3170
strelecol@yandex.ru
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия*

Strelnikov Viktor Vladimirovich
Dr.Sci.Biol., Professor
RSCI SPIN-code: 2808-3170
strelecol@yandex.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Система детерминации здоровья населения представляет собой большую сложную иерархическую систему. Современный уровень управления подобными системами предполагает использование математических моделей и соответствующего программного инструментария для накопления исходных данных (мониторинга), идентификации, прогнозирования и принятия решений. Однако при моделировании подобных больших сложных систем возникает ряд проблем. Основная проблема состоит в том, что в одной модели необходимо корректно и сопоставимо обрабатывать очень большое количество факторов, измеряемых в различных единицах измерения и различных типах шкал (числовых и текстовых). Традиционно для решения этой проблемы и определения значений частных критериев используются экспертные оценки и функции желательности, а в качестве интегрального критерия – среднее геометрическое. Однако традиционный подход, применяемый в настоящее время в данной области, имеет ряд недостатков. Во-первых, в традиционной модели экспертным путем определено, какие факторы влияют на решение тех или иных проблем положительно, какие отрицательно, а какие вообще не влияют. Во-вторых, для численной оценки силы влияния фактора на решение проблемы используются разные алгоритмы вычисления значений функции желательности для положительно и отрицательно влияющих факторов, что при использовании в качестве интегрального критерия среднего геометрического приводит к несопоставимым результатам. В-третьих, использование нормированных функций полезности приводит к нивелированию силы влияния факторов в результате чего сильно влияющие и слабо влияющие факторы по-

A determination system of the population health is a big complex hierarchical system. The current level of management of such systems involves the use of mathematical models and corresponding software tools for the accumulation of baseline data (monitoring), identification, prediction and decision-making. However, when modeling such large complex systems, we face a number of problems. The main problem is that in one model it is necessary to process a very large number of factors in a proper and comparable way, that are measured in different units, and different types of scales (numeric and text). Traditionally, to solve this problem and determine the values of individual criteria we use expert evaluation and desirability functions, and the integral criterion is the geometric mean. However, the traditional approach, currently applied in this field, has several disadvantages. First, in the traditional model it is defined in an expert way, which factors influence the decision of different problems in a positive way, which ones are negative and which ones do not affect. Second, for the numerical evaluation of influence factors on the solution of the problem we use different algorithms for calculating values of the desirability function for positively and negatively influencing factors which, when used as an integral criterion of the geometric average, leads to comparable results. Third, the use of normalized utility functions leads to the leveling force of the impact factors resulting in weak impact and the influencing factors are given the same variation in numeric values and have similar influence on integral criteria. All of the mentioned problems of the traditional approach have been resolved using Automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) and its programmatic Toolkit – Universal cognitive analytical system called "Eidos". In the proposed systemic cognitive model, for the values of envi-

лучают одинаковую вариативность числовых значений и оказывают одинаковое влияние на интегральный критерий. Все перечисленные проблемы традиционного подхода решаются с применением Автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – Универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос». В предлагаемой системно-когнитивной модели для значений экологических и экономических факторов без участия экспертов вычисляется количество и знак содержащейся в них информации о том, что наблюдаются те или иные значения показателей здоровья населения

ronmental and economic factors, without the participation of the experts, we have calculated the amount and the sign of the information contained there about some values of indicators of population health

Ключевые слова: АСК-АНАЛИЗ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ, СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, "EIDOS" INTELLIGENCE SYSTEM, PARAMETRIC TYPING, SYSTEM IDENTIFICATION, INTELLIGENT EMPIRICAL DATA ANALYSIS

Doi: 10.21515/1990-4665-121-001

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА, РЕШАЕМАЯ В РАБОТЕ	3
2. ПРОБЛЕМЫ ТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА.....	3
3. ПРИМЕНЕНИЕ АСК-АНАЛИЗА – ИДЕЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА	5
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ.....	5
4.1. Кратко об АСК-анализе.....	5
4.2. Истоки АСК-анализа.....	6
4.3. Методика АСК-анализа.....	6
4.4. Некоторые результаты применения АСК-анализа в различных предметных областях	11
4.5. Решение проблем традиционного подхода путем применения метода АСК-анализа.....	12
5. ЧИСЛЕННЫЙ ПРИМЕР	26
5.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области	26
5.2. Формализация предметной области	31
5.3. Синтез и верификация системно-когнитивной модели ЭСЭС	40
5.4. Решение задачи системной идентификации.....	44
5.5. Картографическая визуализация результатов идентификации (геокогнитивная система)	45
5.4. Исследование моделируемого объекта путем исследования его модели.....	46
6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	54
7. НЕДОСТАТКИ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ	61
ЛИТЕРАТУРА.....	61
LITERATURA	64

1. Основная проблема, решаемая в работе

Здоровье населения является приоритетной целью социальной политики государства и во многом обусловлено экологическими факторами. Экологические факторы многочисленны и разнообразны и включают в себя различные виды загрязнений почвы, воды и воздуха. Но и экологические факторы в свою очередь обусловлены деятельностью человека: промышленным и сельскохозяйственным производством и просто самой жизнедеятельностью человека в городских и сельских поселениях. Таким образом, система детерминации здоровья населения представляет собой большую сложную иерархическую систему.

Современный уровень управления подобными системами предполагает использование математических моделей и соответствующего программного инструментария для накопления исходных данных (мониторинга), идентификации, прогнозирования и принятия решений.

Однако при моделировании подобных больших сложных систем возникает ряд проблем. Основная проблема состоит в том, что **в одной модели необходимо корректно и сопоставимо обрабатывать очень большое количество факторов, измеряемых в различных единицах измерения и различных типах шкал (числовых и текстовых).**

2. Проблемы традиционного подхода

Традиционно для решения этих проблем и определения значений частных критериев используются экспертные оценки и функции желательности, а в качестве интегрального критерия – среднее геометрическое.

Однако традиционный подход, применяемый в настоящее время в данной области, имеет ряд недостатков, проистекающих из недостаточно обоснованных решений его разработчиков.

Во-первых, в традиционной модели экспертным путем определено, какие факторы влияют на решение тех или иных проблем положительно, какие отрицательно, а какие вообще не влияют.

Во-вторых, для численной оценки силы влияния значения фактора на решение проблемы используются разные алгоритмы вычисления значений функции желательности для положительно и отрицательно влияющих факторов, что при использовании в качестве интегрального критерия среднего геометрического приводит к *несопоставимым* результатам.

В связи с ее важностью приведем большую ссылку из раздела: «2.3.2. Количественная оценка и интеграция индикаторов» работы [1], в которой изложен и применен традиционный подход.

«В ходе выполнения работы по оценке риска полученные натуральные значения индикаторов будут отличаться между собой качественными и количественными характеристиками, что может затруднять их интерпретацию. В данном случае необходима определенная *процедура свёртывания информации*, направленная на преодоление про-

блемы размерности. С этой целью будем применять т.н. функции желательности [35]¹. Эти функции (обычно обозначаются буквой d от французского *desirable* – желательный) представляют собой способ перевода натуральных значений в единую безразмерную числовую шкалу с фиксированными границами. **При этом граничные значения функции, например, 0 и 1, соответствуют традициям «плохо - хорошо»².** Необходимость введения функций желательности определяется различной размерностью переменных, входящих в интегральный показатель, что не позволяет усреднять их непосредственно. Перевод же в единую для всех числовую шкалу снимает это затруднение и даёт возможность объединять в единый показатель самые различные параметры.

Расчет частной функции желательности производится по следующей формуле:

$$d_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2.45)$$

где d_i – частная функция желательности (т.е. преобразованное значение натурального показателя x_i);

x_{\min} – минимальное значение ($x_{\min} - 0$),

x_{\max} – максимальное значение натурального показателя x_i .

Очевидно, что при $x_i = x_{\min}$, либо $x_i = x_{\max}$, d_i определена на интервале [0;1].

Функция желательности, рассчитанная по формуле (2.45.), представляет собой частный отклик какого-либо показателя. Для оценки обобщённого отклика (т.е. обобщённой функции желательности) осуществляют процедуру усреднения в виде средней геометрической.

Обобщённая функция желательности может быть рассчитана по формуле 2.46:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i} = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot d_2 \dots d_n}, \quad (2.46)$$

где d_i – частная функция желательности, n – число показателей» [1].

Обратим внимание на выделенный нами полужирным шрифтом фрагмент процитированного текста. В связи с этим фрагментом приведем еще одну ссылку из раздела: «4.2. Расчет значений индикаторов по функции желательности» работы [1].

«При расчете учитывается тот факт, что увеличение значения индекса может отражать как снижение уровня риска, так и его увеличение. В первом случае (обратная зависимость) применяется стандартная частная функция желательности (4.1).

$$d_i = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (4.1)$$

Во втором случае (при прямой зависимости) значение по формуле 4.1 вычитается из единицы» [1].

Иначе говоря во втором случае применяется формула:

$$d_i = 1 - \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}. \quad (4.1^*)$$

¹ В списке литературы работы [1] под номером 35 значится: «Свод по сжатию информации» (прим.авт.)

² Выделено нами (авт.)

Суть 2-й проблемы состоит в том, что как видно из выражения для интегрального критерия (2.46):

- его значение обращается в 0 если *хотя бы одно из значений* $d_i = 0$;
- 1 он равен только тогда, когда *все значения* $d_i = 1$.

Ясно, что наблюдение хотя бы одного значения показателя, близкого к нулю, намного более вероятно, чем всех, близких к 1, причем это различие вероятностей тем больше, чем больше показателей. Это приводит к неадекватности интегрального критерия в виде среднего геометрического.

В-третьих, использование нормированных функций полезности приводит к нивелированию силы влияния факторов в результате чего сильно влияющие и слабо влияющие факторы получают одинаковую вариативность числовых значений и оказывают одинаковое влияние на интегральный критерий. В результате подход, примененный в традиционном подходе в процедуре, названной «*свёртывание информации*», приводит к решению проблемы размерностей неприемлемо дорогой ценой: ценой необратимой потери ценной информации о значимости значений факторов в результате применения этой процедуры.

3. Применение АСК-анализа – идея решения проблем традиционного подхода

Все перечисленные проблемы традиционного подхода решаются с применением Автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – Универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос». В предлагаемой системно-когнитивной модели для значений экологических и экономических факторов непосредственно на основе данных мониторинга без участия экспертов вычисляется количество и знак содержащейся в них информации о том, что наблюдаются те или иные значения показателей здоровья населения.

4. Автоматизированный системно-когнитивный анализ

4.1. Кратко об АСК-анализе

Системный анализ представляет собой современный метод научного познания, общепризнанный метод решения проблем [2, 3]. Однако возможности практического применения системного анализа ограничиваются отсутствием программного инструментария, обеспечивающего его автоматизацию. Существуют разнородные программные системы, автоматизирующие отдельные этапы или функции системного анализа в различных конкретных предметных областях.

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) представляет собой системный анализ, структурированный по базовым когнитивным операциям (БКО), благодаря чему удалось

разработать для него математическую модель, методiku численных расчетов (структуры данных и алгоритмы их обработки), а также реализующую их программную систему – систему Эйдос [4-11]. Система Эйдос разработана в постановке, не зависящей от предметной области, и имеет ряд программных интерфейсов с внешними данными различных типов [5]. АСК-анализ может быть применен как инструмент, многократно усиливающий возможности естественного интеллекта во всех областях, где используется естественный интеллект. АСК-анализ был успешно применен для решения задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемого объекта путем исследования его модели во многих предметных областях, в частности в экономике, технике, социологии, педагогике, психологии, медицине, экологии, ампелографии и других [12].

4.2. Истоки АСК-анализа

Известно, что системный анализ является одним из общепризнанных в науке методов решения проблем и многими учеными рассматривается вообще как метод научного познания. Однако как впервые заметил еще в 1984 году проф. И. П. Стабин на практике применение системного анализа наталкивается на проблему [13]. Суть этой проблемы в том, что обычно системный анализ успешно применяется в сравнительно простых случаях, в которых в принципе можно обойтись и без него, тогда как в действительно сложных ситуациях, когда он действительно чрезвычайно востребован и у него нет альтернатив, сделать это удастся гораздо реже. Проф. И.П. Стабин предложил и путь решения этой проблемы, который он видел в автоматизации системного анализа [13].

Однако путь от идеи до создания программной системы долог и сложен, т.к. включает ряд этапов:

- выбор теоретического математического метода;
- разработка методики численных расчетов, включающей структуры данных в оперативной памяти и внешних баз данных (даталогическую и инфологическую модели) и алгоритмы обработки этих данных;
- разработка программной системы, реализующей эти математические методы и методики численных расчетов.

4.3. Методика АСК-анализа

4.3.1. Предпосылки АСК-анализа

Отечественные классики системного анализа Перегудов Ф. И. и Тарасенко Ф. П. в своих основополагающих работах 1989 и 1997 годов [2, 3] подробно рассмотрели математические методы, которые в принципе могли бы быть применены для автоматизации отдельных этапов системного ана-

лиза. Однако даже самые лучшие математические методы не могут быть применены на практике без реализующих их программных систем, а путь от математического метода к программной системе долог и сложен. Для этого необходимо разработать численные методы или методики численных расчетов (алгоритмы и структуры данных), реализующие математический метод, а затем разработать программную реализацию системы, основанной на этом численном методе.

В числе первых попыток реальной автоматизации системного анализа следует отметить докторскую диссертацию проф. Симанкова В. С. (2001) [14]. Эта попытка была основана на высокой детализации этапов системного анализа и подборе уже существующих программных систем, автоматизирующих эти этапы. Идея была в том, что чем выше детализация системного анализа, чем мельче этапы, тем проще их автоматизировать. Эта попытка была реализована, однако, лишь для специального случая исследования в области возобновляемой энергетики, т.к. системы оказались различных разработчиков, созданные с помощью различного инструментария и не имеющие программных интерфейсов друг с другом, т.е. не образующие единой автоматизированной системы. Эта попытка, безусловно, явилась большим шагом по пути, предложенному проф. И. П. Стабиным, но и ее нельзя признать обеспечившей достижение поставленной цели, сформулированной Стабиным И.П. (т.е. создание автоматизированного системного анализа), т.к. она не привела к созданию единой универсальной программной системы, автоматизирующей системный анализ, которую можно было бы применять в различных предметных областях.

Необходимо отметить работы Дж. Клира по системологии и автоматизации решения системных задач, которые внесли большой вклад в автоматизацию системного анализа путем создания и применения универсального решателя системных задач (УРСЗ), реализованного в рамках оригинальной экспертной системы [15, 16]. Однако экспертные системы и технологии их применения того времени³ имели ряд «родовых» недостатков, среди которых отметим следующие. В экспертных системах используются продукционные модели баз знаний, в которых используются четкие продукции, т.е. правила логического вывода типа: «если – то». При каждом применении экспертной системы запускается процесс логического вывода, порождающий цепочку продукций и новые знания, которые и используются для решения задач. Таким образом, в базах знаний экспертной системы не содержится готовых знаний для решения задач, а их генерация требует времени. Поэтому для решения сложных задач экспертные системы обладают слишком низким быстродействием. Размерность баз знаний (количество продукций) экспертных систем очень не велика по нескольким причинам. Во-первых, получение этих знаний от экспертов – это очень трудо-

³ В настоящее время они частично преодолены

емкая и задача, приводящая к большим затратам труда, времени и финансовых средств. Во-вторых, эксперты часто работают на интуитивном уровне и не всегда могут повысить степень формализации своих знаний до уровня вербализации, т.е. выразить их в словах. В третьих, они не всегда и хотят или даже боятся это сделать. Из-за четкого характера продукций при возникновении логического противоречия между ними в процессе логического вывода происходит необратимый останов экспертной системы, а вероятность такого противоречия повышается при увеличении числа продукций.

Все эти недостатки преодолены в АСК-анализе и его программном инструментарии – системе «Эйдос». В частности система «Эйдос» генерирует знания без участия экспертов непосредственно на основе эмпирических данных и использует декларативные базы знаний с нечеткими аналогами продукций (каждая такая нечеткая продукция формализуется в виде системы четких), которых может быть в десятки тысяч раз больше, чем в самых мощных экспертных системах: до 10 млн. нечетких продукций..

4.3.2. АСК-анализ, как метод решения проблем

Автоматизированный системно-когнитивный анализ разработан профессором Е. В. Луценко и предложен в 2002 году [4], хотя его математическая модель в развитом виде опубликована в 1993 году [7], а первые патенты на систему «Эйдос» датируются 1994 годом [8, 9, 10], а первый акт внедрения – 1987 годом [4]. Основная идея, позволившая сделать это, состоит в рассмотрении системного анализа как метода познания (отсюда и «когнитивный» от «cognitio» – знание, познание, лат.). Это позволило структурировать системный анализ не по этапам, как пытались сделать ранее, а по базовым когнитивным операциям системного анализа (БКОСА), т.е. таким операциям, к комбинациям которых сводятся остальные. Эти операции образуют минимальную систему, достаточную для описания системного анализа, как метода познания, т.е. конфигуратор. Понятие конфигулятора предложено В.А.Лефевром [17]. В 2002 году Е.В.Луценко был предложен когнитивный конфигуратор [4], включающий 10 базовых когнитивных операций.

Когнитивный конфигуратор:

- 1) присвоение имен (нормализация);
- 2) восприятие (описание конкретных объектов в форме онтологий, т.е. их признаками и принадлежностью к обобщающим категориям - классам);
- 3) обобщение (синтез, индукция);
- 4) абстрагирование;
- 5) оценка адекватности модели;
- 6) сравнение, идентификация и прогнозирование;
- 7) дедукция и абдукция;

- 8) классификация и генерация конструкторов;
- 9) содержательное сравнение;
- 10) планирование и поддержка принятия управленческих решений.

Каждая из этих операций оказалась достаточно элементарна для формализации и программной реализации.

Компоненты АСК-анализа:

- формализуемая когнитивная концепция и следующий из нее когнитивный конфигуризатор;
- теоретические основы, методология, технология и методика АСК-анализа;
- математическая модель АСК-анализа, основанная на системном обобщении теории информации;
- методика численных расчетов, в универсальной форме реализующая математическую модель АСК-анализа, включающая иерархическую структуру данных и 24 детальных алгоритма 10 БКОСА;
- специальное инструментальное программное обеспечение, реализующее математическую модель и численный метод АСК-анализа – Универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос" [4, 5].

Этапы АСК-анализа:

- 1) когнитивно-целевая структуризация предметной области;
- 2) формализация предметной области (конструирование классификационных и описательных шкал и градаций и подготовка обучающей выборки);
- 3) синтез системы моделей предметной области (в настоящее время система Эйдос поддерживает 3 статистические модели и 7 моделей знаний);
- 4) верификация (оценка достоверности) системы моделей предметной области;
- 5) повышение качества системы моделей;
- 6) решение задач идентификации, прогнозирования и поддержки принятия решений;
- 7) исследование моделируемого объекта путем исследования его моделей является корректным, если модель верно отражает моделируемый объект и включает: кластерно-конструктивный анализ классов и факторов; содержательное сравнение классов и факторов; изучение системы детерминации состояний моделируемого объекта; нелокальные нейроны и интерпретируемые нейронные сети прямого счета; классические когнитивные модели (когнитивные карты); интегральные когнитивные модели (интегральные когнитивные карты), прямые обратные SWOT-диаграммы; когнитивные функции и т.д.

Математические аспекты АСК-анализа

Математическая модель АСК-анализ основана на теории информации, точнее на системной теории информации (СТИ), предложенной

Е.В.Луценко [4, 6]⁴. Это значит, что *в АСК-анализе все факторы рассматриваются с одной единственной точки зрения: сколько информации содержится в их значениях о переходе объекта, на который они действуют, в определенное состояние, и при этом сила и направление влияния всех значений факторов на объект измеряется в одних общих для всех факторов единицах измерения: единицах количества информации* [4, 6].

Это напоминает подход Дугласа Хаббарда [18], но, в отличие от него, имеет открытый универсальный программный инструментарий (систему «Эйдос»), разработанный в постановке, не зависящей от предметной области [5]. К тому же на систему «Эйдос» уже в 1994 году было три патента РФ [8, 9, 10], а первые акты ее внедрения датируются 1987 годом [4], тогда как основная работа Дугласа Хаббарда [18] появилась лишь в 2009 году. Это означает, что идеи АСК-анализа не только появились, но и были доведены до программной реализации в универсальной форме на 23 с лишним года *раньше* появления работ Дугласа Хаббарда.

Поэтому АСК-анализ обеспечивает корректную сопоставимую обработку числовых и нечисловых данных, представленных в разных типах измерительных шкал и разных единицах измерения [4]. В отличие от многофакторного анализа, метод АСК-анализа является устойчивым непараметрическим методом, обеспечивающим создание моделей больших размерностей при неполных и зашумленных исходных данных о сложном нелинейном динамичном объекте управления. Этот метод является чуть ли не единственным на данный момент, обеспечивающим многопараметрическую типизацию и системную идентификацию методов, программный инструментарий которого (интеллектуальная система Эйдос) находится в полном открытом бесплатном доступе [4, 5].

Система «Эйдос» – программный инструментарий АСК-анализа

Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос» представляет собой программный инструментарий АСК-анализа. Система «Эйдос» разработана в универсальной постановке, не зависящей от предметной области [5]. Математическая модель системы «Эйдос» была разработана в 1979 году В 1981 году эта модель впервые была реализована программно и с ее помощью было проведено реальное научное исследование. Первые акты внедрения системы «Эйдос» датируются 1987 годом [4]. До 1992 года система неоднократно реализовалась на разных языках программирования и на разных типах компьютеров, в частности на PDP-11 и Wang-2200C. В 1992 система была реализована на IBM-совместимых персональных компьютерах. В 1994 году было получено три патента РФ [8, 9, 10] на систему «Эйдос». Сегодня система «Эйдос» находится в полном открытом бесплатном доступе (причем с подробно комментированными от-

⁴ Подробнее рассматривать математическую модель АСК-анализа здесь не целесообразно, т.к. она подробно описана в работах [2, 6] и ряде других работ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=123162

крытыми исходными текстами) на сайте автора по адресу: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>. На этой же страничке кратко описана структура системы «Эйдос» и ниже даны ссылки на основные работы по системе и ее применению.

4.4. Некоторые результаты применения АСК-анализа в различных предметных областях

Метод системно-когнитивного анализа и его программный инструментальный интеллектуальная система "Эйдос" были успешно применены при проведении 6 докторских и 7 кандидатских диссертационных работ в ряде различных предметных областей по экономическим, техническим, психологическим и медицинским наукам.

АСК-анализ был успешно применены при выполнении десятков грантов РФФИ и РГНФ различной направленности за длительный период с 2002 года по настоящее время (2016 год).

По проблематике АСК-анализа издана 21 монография, получено 29 патентов на системы искусственного интеллекта, их подсистемы, режимы и приложения, опубликовано более 200 статей в изданиях, входящих в Перечень ВАК РФ (по данным РИНЦ). В одном только Научном журнале КубГАУ (входит в Перечень ВАК РФ с 26-го марта 2010 года) автором АСК-анализа Луценко Е.В. опубликовано 186 статей общим объемом 321,559 у.п.л., в среднем 1,729 у.п.л. на одну статью.

По этим публикациям, грантам и диссертационным работам видно, что АСК-анализ уже был успешно применен в следующих предметных областях и научных направлениях: экономика (региональная, отраслевая, предприятий, прогнозирование фондовых рынков), социология, эконометрика, биометрия, педагогика (создание педагогических измерительных инструментов и их применение), психология (личности, экстремальных ситуаций, профессиональных и учебных достижений, разработка и применение профессиограмм), сельское хозяйство (прогнозирование результатов применения агротехнологий, принятие решений по выбору рациональных агротехнологий и микрорзон выращивания), экология, ампелография, геофизика (глобальное и локальное прогнозирование землетрясений, параметров магнитного поля Земли, движения полюсов Земли), климатология (прогнозирование Эль-Ниньо и Ла-Нинья), возобновляемая энергетика, мелиорация и управление мелиоративными системами, криминалистика, энтомология и ряд других областей.

АСК-анализ вызывает большой интерес во всем мире. Сайт автора АСК-анализа [19] посетило около 500 тыс. посетителей с уникальными IP-адресами со всего мира. Еще около 500 тыс. посетителей открывали статьи по АСК-анализу в Научном журнале КубГАУ.

Необходимо отметить, что в развитии различных теоретических основ и практических аспектов АСК-анализа приняли участие многие уче-

ные: д.э.н., к.т.н., проф. Луценко Е.В., засл. деятель науки РФ, д.т.н., проф. Лойко В.И., к.ф.-м.н., Ph.D., проф., Трунев А.П. (Канада), д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Орлов А.И., к.т.н., доц. Коржаков В.Е., д.э.н., проф. Барановская Т.П., д.э.н., к.т.н., проф. Ермоленко В.В., к.пс.н., Наприев И.Л., к.пс.н., доц. Некрасов С.Д., к.т.н., доц. Лаптев В.Н., к.пс.н., доц. Третьяк В.Г., к.пс.н., Щукин Т.Н., д.т.н., проф. Симанков В.С., д.э.н., проф. Ткачев А.Н., д.т.н., проф. Сафронова Т.И., д.э.н., доц. Горпинченко К.Н., к.э.н., доц. Макаревич О.А., к.э.н., доц. Макаревич Л.О., к.м.н. Сергеева Е.В. (Фомина Е.В.), Бандык Д.К. (Белоруссия), Чередниченко Н.А., к.ф.-м.н. Артемов А.А., д.э.н., проф. Крохмаль В.В., д.т.н., проф. Рябцев В.Г., к.т.н., доц. Марченко А.Ю., д.т.н., проф. Фролов В.Ю., д.ю.н., проф. Швец С.В., засл. деятель науки Кубани, засл. деятель науки Кубани, д.б.н., проф. Трошин Л.П., Засл.изобр. РФ, д.т.н., проф. Серга Г.В., Сергеев А.С., д.б.н., проф. Стрельников В.В. и другие.

4.5. Решение проблем традиционного подхода путем применения метода АСК-анализа

4.5.1. Три принципа построения интеллектуальных измерительных систем в АСК-анализе

Определение силы и направления влияния экономических и экологических факторов на здоровье населения – это по сути дела **измерение** влияния этих факторов, для чего в данной работе предлагается применить интеллектуальную измерительную систему, которую можно было бы назвать «экологической интеллектуальной измерительной системой». В работе [20] подробно рассмотрены теоретические, математические и практические вопросы построения таких систем с применением метода АСК-анализа и его программного инструментария – системы «Эйдос». В частности в работе [20] предлагаются следующие **три принципа** построения интеллектуальных измерительных систем в АСК-анализе.

1-й принцип состоит на *ясном осознании* того обстоятельства, что когда мы получаем результаты измерения, то по сути мы получаем некоторое количество **информации** о том, в каком состоянии находится измеряемый объект. Однако традиционно результаты измерения выражаются в определенных единицах измерения (в частности, единицах измерения физических величин), а не в единицах измерения информации и этим в определенной степени маскируется или скрывается *смысл* [31] *самого измерения*, выраженный в 1-м принципе.

2-й принцип, связан с первым и состоит в понимании того, что когда мы получаем результаты измерения то нас интересует не собственно сам этот результат, а количество информации, которое содержится в результате измерения о состоянии объекта измерения, т.е. о том, что нас собственно интересует. Например, когда врач измеряет температуру пациенту то

его интересует не эта температура сама по себе как некоторые почему-то думают, а возможность на ее основе сделать выводы о состоянии пациента, т.е. о том болен он или нет, и, если болен, то на сколько серьезно и какой у него диагноз и какой выбрать план лечения при этом диагнозе.

3-й принцип состоит в том, что при *построении* измерительной системы на эмпирических примерах производится *градуировка* или метризация измерительных шкал [21], т.е. нанесение на них делений, соответствующих различным степеням выраженности измеряемых свойств у объектов измерения. Затем, когда измерительная система *применяется*, т.е. при измерении по ранее полученным шкалам получают некоторые значения, то на основании этих значений делается вывод о том, что состояние измеряемого объекта близко к состоянию тех примеров, которые давали аналогичный результат измерений при построении шкал. По сути *3-й принцип, отражающий этап построения или синтеза измерительной системы, функционально сходен с этапом обучения системы распознавания образов, а этап ее применения сходен с применением системы распознавания для идентификации состояния объекта измерения.*

Для того, чтобы реализовать сформулированные принципы в реальной интеллектуальной измерительной системе *необходим математический метод, обеспечивающий преобразование данных, полученных в результате измерений, в информацию о состоянии измеряемого объекта.* Такой метод существует – это математический метод АСК-анализа, основанный на системной нечеткой интервальной математике (СНИМ) [6] и представляющий собой реализацию идей СНИМ в теории информации.

Математический метод АСК-анализа основан на системной теории информации (СТИ), которая создана в рамках реализации программной идеи обобщения всех понятий математики, в частности теории информации, базирующихся на теории множеств, путем тотальной замены понятия множества на более общее понятие системы и тщательного отслеживания всех последствий этой замены [6]. Благодаря математическому методу, положенному в основу АСК-анализа, этот метод является непараметрическим и позволяет в реализующей его системе «Эйдос-Х++» сопоставимо обрабатывать десятки и сотни тысяч градаций факторов и будущих состояний нелинейных [22] многопараметрических объектов управления (классов) при неполных (фрагментированных), зашумленных данных числовой и нечисловой природы измеряемых в различных единицах измерения [6, 21].

4.5.2. Выполнение этапов АСК-анализа при построении экологической интеллектуальной измерительной системы

АСК-анализ предусматривает следующие этапы [4]:

1) когнитивно-целевая структуризация предметной области;

2) формализация предметной области (конструирование классификационных и описательных шкал и градаций и подготовка обучающей выборки);

3) синтез системы моделей предметной области (в настоящее время система Эйдос поддерживает 3 статистические модели и 7 моделей знаний);

4) верификация (оценка достоверности) системы моделей предметной области;

5) повышение качества системы моделей;

6) решение задач идентификации, прогнозирования и поддержки принятия решений;

7) исследование моделируемого объекта путем исследования его моделей является корректным, если модель верно отражает моделируемый

На 1-м этапе АСК-анализа, который является единственным не формализованным и не автоматизированным в системе «Эйдос» этапом, решается, что рассматривать в качестве факторов, а что в качестве результатов их действия. В данной работе в качестве факторов будем рассматривать производство, экономику и экологию, а в качестве результатов – здоровье населения (все по данным мониторинга)⁵.

На 2-м этапе АСК-анализа, разрабатываются справочники описательных и классификационных шкал и градаций, а затем они используются для кодирования исходных данных, в результате чего формируется обучающая выборка⁶. Описательные шкалы и градации используются в АСК-анализе для формального, пригодного для обработки на компьютерах, описания факторов и их значений, действующих на объект моделирования. В свою очередь классификационные шкалы и их градации (классы) используются для формального описания состояний объекта моделирования, которые обуславливаются (детерминируются) действием на него различных факторов. В АСК-анализе и системе «Эйдос» в настоящее время используются шкалы числового и текстового типа [21]. В шкалах числового типа в качестве градаций используются интервальные числовые значения, а в шкалах текстового типа – уникальные для шкалы текстовые значения. Интервальные числовые значения охватывают весь диапазон изменения величины, формализуемой в виде числовой шкалы, и могут быть определены двумя способами: равные интервалы – разное число наблюдений; разные интервалы – примерно равное число наблюдений. Текстовые интервальные значения – это либо значения полей исходной базы данных, либо слова, либо символы. По сути дела этап формализации предметной области представляет собой нормализацию базы исходных данных.

⁵ Отметим, что если бы перед авторами стояла задача исследовать как влияют производство и экономика на экологию, то в качестве факторов рассматривались бы производство и экономика, а в качестве результатов – экология. Возможно это будет сделано в будущих работах.

⁶ При описании 2-го этапа АСК-анализа мы начинаем использовать терминологию АСК-анализа и системы «Эйдос».

Далее в отдельных подразделах рассмотрим 3-й этап АСК-анализа: синтез системы моделей предметной области, который включает расчет матрицы абсолютных частот, матриц условных и безусловных процентных распределений, а также матрицы информативностей (моделей знаний или системно-когнитивных моделей).

4.5.3. Алгоритм расчета матрицы абсолютных частот

После выполнения этапа формализации предметной области становится возможным расчет матрицы абсолютных частот. При этом ключевым понятием является понятие «факта» или «наблюдения».

Фактом будем называть наблюдение в обучающей выборке определенного сочетания градации описательной шкалы (значения фактора) и градации классификационной шкалы (класса).

В матрице абсолютных частот (также, как и в матрицах условных и безусловных процентных распределений и информативностей) строки содержат информацию о значениях факторов, колонки о классах, а на их пересечении приведено **количество наблюдений** соответствующих значений факторов при данных классах, рассчитанное по обучающей выборке.

Таблица 1 – МАТРИЦА АБСОЛЮТНЫХ ЧАСТОТ

		Классы					Сумма
		<i>1</i>	...	<i>j</i>	...	<i>W</i>	
Значения факторов	<i>1</i>	N_{11}		N_{1j}		N_{1W}	
	...						
	<i>i</i>	N_{i1}		N_{ij}		N_{iW}	$N_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^W N_{ij}$
	...						
	<i>M</i>	N_{M1}		N_{Mj}		N_{MW}	
Суммарное количество признаков				$N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M N_{ij}$			$N_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^M N_{ij}$

Объекты обучающей выборки описываются векторами (массивами) $\vec{L} = \{L_i\}$ имеющих у них признаков:

$\vec{L} = \{L_i\} = n$, если у объекта *i*-й признак встречается *n* раз.

Первоначально в матрице абсолютных частот все значения равны нулю. Затем организуется цикл по объектам обучающей выборки. Если предъявленного объекта, относящегося к *j*-му классу, есть *i*-й признак, то:

$$N_{ij} = N_{ij} + 1; N_{i\Sigma} = N_{i\Sigma} + 1; N_{\Sigma j} = N_{\Sigma j} + 1; N_{\Sigma\Sigma} = N_{\Sigma\Sigma} + 1$$

Здесь можно провести интересную и важную аналогию между способом формирования матрицы абсолютных частот и работой *многоканальной системы выделения полезного сигнала из шума*. Представим себе, что все объекты, предъявляемые для формирования обобщенного образа некоторого класса, в действительности являются различными реализациями одного объекта – "Эйдоса" в смысле Платона [23], по-разному зашумленного различными случайными обстоятельствами. И наша задача состоит в том, чтобы подавить этот шум и выделить из него то общее и существенное, что отличает объекты данного класса от объектов других классов. Учитывая, что шум чаще всего является "белым" и имеет свойство при суммировании с самим собой стремиться к нулю, а сигнал при этом, наоборот, возрастает пропорционально количеству слагаемых, то увеличение объема обучающей выборки приводит ко все лучшему отношению сигнал/шум в матрице абсолютных частот, т.е. к выделению полезной информации из шума. Примерно так мы начинаем постепенно понимать смысл фразы, которую мы сразу не расслышали по телефону и несколько раз переспрашивали. При этом в повторах шум не позволяет понять то одну, то другую часть фразы, но в конце концов за счет использования памяти и интеллектуальной обработки информации мы понимаем ее всю. Так и *объекты, описанные признаками, можно рассматривать как зашумленные фразы, несущие нам информацию об обобщенных образах классов - "Эйдосах" [23], к которым они относятся. И эту информацию мы выделяем из шума при синтезе модели.*

В матрице абсолютных частот (таблица 1) использованы следующие условные обозначения:

$$N_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^W N_{ij}; N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M N_{ij};$$

$$N_{\Sigma\Sigma} = \sum_{i=1}^M N_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^W N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^W N_{ij}$$

где:

N_{ij} – суммарное количество наблюдений в исследуемой выборке факта: "действовало i -е значение фактора и объект перешел в j -е состояние";

$N_{\Sigma j}$ – суммарное по всей выборке количество встреч различных факторов у объектов, перешедших в j -е состояние;

$N_{i\Sigma}$ – суммарное количество встреч i -го фактора у всех объектов исследуемой выборки;

$N_{\Sigma\Sigma}$ – суммарное количество встреч различных значений факторов у всех объектов исследуемой выборки.

4.5.4. Алгоритм расчета матрицы условных и безусловных процентных распределений

На основе анализа матрицы частот (таблица 1) классы можно сравнивать по наблюдаемым частотам признаков только в том случае, если количество объектов обучающей выборки по всем классам *одинаково*, как и *суммарное количество признаков по классам*. Если же они отличаются, то корректно сравнивать классы можно только по условным и безусловным относительным частотам (оценкам вероятностей) наблюдений признаков, посчитанных на основе матрицы частот (таблица 1) [4, 5, 6, 21] в соответствии с выражениями:

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{\Sigma j}}$$

$$P_{i\Sigma} = \frac{N_{i\Sigma}}{N_{\Sigma\Sigma}}$$

В результате получается матрица условных и безусловных процентных распределений (таблица 2):

Таблица 2 – МАТРИЦА УСЛОВНЫХ И БЕЗУСЛОВНЫХ ПРОЦЕНТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

		Классы					Безусловная вероятность признака
		1	...	j	...	w	
Значения факторов	1	P_{11}		P_{1j}		P_{1w}	
	...						
	i	P_{i1}		P_{ij}		P_{iw}	$P_{i\Sigma}$
	...						
	M	P_{M1}		P_{Mj}		P_{Mw}	
Безусловная вероятность класса				$P_{\Sigma j}$			

При расчете матрицы оценок условных и безусловных вероятностей N_j из таблицы 1 могут использоваться либо "Суммарное количество признаков у всех объектов, использованных для формирования обобщенного

образа j -го класса", либо "Суммарное количество объектов обучающей выборки, использованных для формирования обобщенного образа j -го класса", соответственно получаем различные, хотя и очень сходные⁷ семантические информационные модели, которые мы называем СИМ-1 и СИМ-2. Оба этих вида моделей поддерживаются системой "Эйдос".

4.5.5. Алгоритм расчета матрицы знаний (информативностей)

Используя выражения [4, 5, 6, 21 и др.]:

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left(\frac{P_{ij}}{P_{i\Sigma}} \right)^\Psi$$

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^\Psi$$

где:

$$\Psi = \frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}}$$

и данные таблицы 1 непосредственно прямым счетом получаем матрицу знаний (таблица 3):

Таблица 3 – МАТРИЦА ЗНАНИЙ (ИНФОРМАТИВНОСТЕЙ)

		Классы					Значимость фактора
		I	...	j	...	W	
Значения факторов	I	I_{11}		I_{1j}		I_{1W}	$s_{1\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{1j} - \bar{I}_1)^2}$
	...						
	i	I_{i1}		I_{ij}		I_{iW}	$s_{i\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
	...						
	M	I_{M1}		I_{Mj}		I_{MW}	$s_{M\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{Mj} - \bar{I}_M)^2}$
Степень редукции класса		$s_{\Sigma 1}$		$s_{\Sigma j}$		$s_{\Sigma W}$	$H = \sqrt{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}$

⁷ Сходство этих моделей обусловлено тем, что чем больше объектов обучающей выборки относится к некоторому классу, тем больше по этому классу наблюдается суммарное количество признаков.

Здесь – \bar{I}_i это *среднее* количество знаний в i -м значении фактора:

$$\bar{I}_i = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^W I_{ij}$$

Когда количество информации $I_{ij} > 0$ – i -е значение фактора способствует переходу объекта управления в j -е состояние, когда $I_{ij} < 0$ – препятствует этому переходу, когда же $I_{ij} = 0$ – никак не влияет на это.

В векторе i -го фактора (строка матрицы информативностей) отображается, какое количество информации о переходе объекта моделирования в каждое из будущих состояний содержится в том факте, что данное значение фактора действует. В векторе j -го состояния класса (столбец матрицы информативностей) отображается, какое количество информации о переходе объекта моделирования в соответствующее состояние содержится в каждом из факторов.

Таким образом, данная модель позволяет рассчитать, какое количество информации содержится в любом факте о наступлении любого события в любой предметной области, причем для этого не требуется повторности этих фактов и событий. Если данные повторности осуществляются и при этом наблюдается некоторая вариабельность значений факторов, обуславливающих наступление тех или иных событий, то модель обеспечивает *многопараметрическую типизацию*, т.е. синтез обобщенных образов классов или категорий наступающих событий *с количественной оценкой степени и знака влияния на их наступление различных значений факторов*. Причем эти значения факторов могут быть как количественными, так и качественными и измеряться в любых единицах измерения, в любом случае в модели оценивается количество информации, которое в них содержится о наступлении событий, переходе объекта управления в определенные состояния или, просто, о его принадлежности к тем или иным классам. Другие способы метризации приведены в работе [21]. Все они реализованы в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» и обеспечивают сопоставление градациям всех видов шкал числовых значений, имеющих смысл количества информации в градации о принадлежности объекта к классу. Поэтому является корректным применение интегральных критериев, включающих операции умножения и суммирования, для обработки числовых значений, соответствующих градациям шкал. Это позволяет единообразно и сопоставимо обрабатывать эмпирические данные, полученные с помощью любых типов шкал, применяя при этом все математические операции.

Информационный портрет класса – это список значений факторов, ранжированных в порядке убывания силы их влияния на переход объекта управления в состояние, соответствующее данному классу. Информацион-

ный портрет класса отражает систему его детерминации. Генерация информационного портрета класса представляет собой решение обратной задачи прогнозирования, т.к. при прогнозировании по системе факторов определяется спектр наиболее вероятных будущих состояний объекта управления, в которые он может перейти под влиянием данной системы факторов, а в информационном портрете мы, наоборот, по заданному будущему состоянию объекта управления определяем систему факторов, детерминирующих это состояние, т.е. обуславливающих, вызывающих переход объекта управления в это состояние. В начале информационного портрета класса идут факторы, оказывающие положительное влияние на переход объекта управления в заданное состояние, затем факторы, не оказывающие на это существенного влияния, и далее – факторы, препятствующие переходу объекта управления в это состояние (в порядке возрастания силы препятствования). Информационные портреты классов могут быть от *отфильтрованы* по диапазону факторов, т.е. мы можем отобразить влияние на переход объекта управления в данное состояние не всех отраженных в модели факторов, а только тех, коды которых попадают в определенный диапазон, например, относящиеся к определенным описательным шкалам.

Информационный (семантический) портрет значения фактора – это список классов, ранжированный в порядке убывания силы влияния данного значения фактора на переход объекта управления в состояния, соответствующие данным классам. Информационный портрет значения фактора называется также его *семантическим портретом*, т.к. в соответствии с концепцией смысла системно-когнитивного анализа, *смысл значения фактора состоит в том, какие будущие состояния объекта управления он детерминирует или обуславливает*. Сначала в этом списке идут состояния объекта управления, на переход в которые данное значение фактора оказывает наибольшее влияние, затем состояния, на которые данное значение фактора оказывает менее существенное влияние, и далее состояния – переходу в которые данный фактор препятствует. Информационные портреты значений факторов могут быть от *отфильтрованы* по диапазону классов, т.е. мы можем отобразить влияние данного значения фактора на переход объекта управления не во все возможные будущие состояния, а только в состояния, коды которых попадают в определенный диапазон (классификационную шкалу). В качестве количественной меры влияния факторов, предложено использовать обобщенную формулу А.Харкевича, полученную на основе предложенной эмерджентной теории информации [4, 5, 6, 29, 30]. При этом непосредственно из матрицы абсолютных частот рассчитывается база знаний (таблица 3), которая и представляет собой основу содержательной информационной модели предметной области.

Информационные портреты классов и факторов выводятся в системе «Эйдос» в режимах 4.2.1, 4.3.1 и в виде прямых и инвертированных SWOT-диаграмм [24] в режимах 4.4.8, 4.4.9.

4.5.6. Решение 1-й проблемы

Формулировка 1-й проблемы, в традиционной модели экспертным путем определено, какие факторы влияют на решение тех или иных проблем положительно, какие отрицательно, а какие вообще не влияют.

В предыдущем разделе, посвященном расчету матрицы информативностей, мы видели, что она рассчитывается на основе матрицы абсолютных частот, получаемой непосредственно на основе эмпирических данных (данных мониторинга), т.е. **без использования экспертных оценок**. При этом определяется количество информации, содержащееся в факте действия определенного значения фактора о переходе объекта моделирования в состояние, соответствующее классу. Когда количество информации $I_{ij} > 0$ – i -е значение фактора способствует переходу объекта управления в j -е состояние, когда $I_{ij} < 0$ – препятствует этому переходу, когда же $I_{ij} = 0$ – никак не влияет на это.

Весовые коэффициенты таблицы 3 непосредственно определяют, какое количество информации I_{ij} система управления получает о наступлении события: "объект моделирования перейдет в j -е состояние", из сообщения: "на объект моделирования действует i -е значение фактора".

Принципиально важно, что эти весовые коэффициенты не определяются экспертами неформализуемым способом на основе интуиции и профессиональной компетенции (т.е. фактически «на глазок»), а рассчитываются на основе хорошо теоретически обоснованной математической модели [4, 5, 6] непосредственно на основе эмпирических данных и удовлетворяют всем сформулированным выше трем принципам построения интеллектуальных измерительных систем.

4.5.7. Решение 2-й проблемы

Формулировка 2-й проблемы, для численной оценки силы влияния фактора на решение проблемы используется разные алгоритмы вычисления значений функции желательности для положительно и отрицательно влияющих факторов, что при использовании в качестве интегрального критерия среднего геометрического приводит к несопоставимым результатам.

Эта проблема решается в АСК-анализе и системе «Эйдос» просто тем, что в них используется хорошо теоретически обоснованная математическая модель [4, 5, 6], в соответствии с которой **по одной и той же формуле**:

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^\Psi$$

рассчитывается количество информации в i -х значениях факторов, как способствующих, так и препятствующих переходу объекта моделирования в j -е состояние, а также вообще не влияющих на это.

При этом, как об этом уже было сказано выше, способствует или препятствует i -е значение фактора переходу объекта моделирования в j -е состояние определяется **знаком** количества информации, а сила влияния – **модулем** количества информации:

- если значение фактора способствует переходу, то знак количества информации положительный; если препятствует – то отрицательный;
- чем сильнее влияние – тем больше количество информации по модулю; чем слабее – тем он ближе к нулю.

В АСК-анализе и системе «Эйдос» используется аддитивный интегральный критерий, представляющий собой суммарное количество информации, содержащейся в системе значений факторов, действующих на объект моделирования, о том, что он перейдет в некоторое будущее состояние [4, 5, 6, 21]. Этот интегральный критерий имеет две модификации: не нормированную (сумма знаний) и нормированную (резонанс знаний).

Интегральный критерий «Сумма знаний» представляет собой суммарное количество знаний, содержащееся в системе факторов различной природы, характеризующих сам объект управления, управляющие факторы и окружающую среду, о переходе объекта в будущие целевые или нежелательные состояния.

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний [21] и имеет вид:

$$I_j = (\vec{I}_{ij}, \vec{L}_i).$$

В выражении круглыми скобками обозначено скалярное произведение. В координатной форме это выражение имеет вид:

$$I_j = \sum_{i=1}^M I_{ij} L_i,$$

где: M – количество градаций описательных шкал (значений факторов);

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – вектор состояния j -го класса;

$\vec{L}_i = \{L_i\}$ – вектор состояния распознаваемого объекта, включающий все виды факторов, характеризующих сам объект, управляющие воздействия и окружающую среду (массив–локатор), т.е.:

$$\bar{L}_i = \begin{cases} 1, \text{ если } i - \text{й фактор действует;} \\ n, \text{ где } : n > 0, \text{ если } i - \text{й фактор действует с истинностью } n; \\ 0, \text{ если } i - \text{й фактор не действует.} \end{cases}$$

В текущей версии системы «Эйдос-Х++» значения координат вектора состояния распознаваемого объекта принимались равными либо 0, если признака нет, или n, если он присутствует у объекта с интенсивностью n, т.е. представлен n раз (например, буква «о» в слове «молоко» представлена 3 раза, а буква «м» - один раз).

Интегральный критерий «Семантический резонанс знаний» представляет собой нормированное суммарное количество знаний, содержащееся в системе факторов различной природы, характеризующих сам объект управления, управляющие факторы и окружающую среду, о переходе объекта в будущие целевые или нежелательные состояния.

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний [21] и имеет вид:

$$I_j = \frac{1}{\sigma_j \sigma_l M} \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_j) (L_i - \bar{L}),$$

где:

M – количество градаций описательных шкал (признаков);

\bar{I}_j – средняя информативность по вектору класса;

\bar{L} – среднее по вектору объекта;

σ_j – среднее квадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

σ_l – среднее квадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

$\bar{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – вектор состояния j-го класса;

$\bar{L}_i = \{L_i\}$ – вектор состояния распознаваемого объекта, включающий все виды факторов, характеризующих сам объект, управляющие воздействия и окружающую среду (массив-локатор), т.е.:

$$\bar{L}_i = \begin{cases} 1, \text{ если } i - \text{й фактор действует;} \\ n, \text{ где } : n > 0, \text{ если } i - \text{й фактор действует с истинностью } n; \\ 0, \text{ если } i - \text{й фактор не действует.} \end{cases}$$

В текущей версии системы «Эйдос-Х++» значения координат вектора состояния распознаваемого объекта принимались равными либо 0, если

признака нет, или n , если он присутствует у объекта с интенсивностью n , т.е. представлен n раз (например, буква «о» в слове «молоко» представлена 3 раза, а буква «м» – один раз).

Приведенное выражение для интегрального критерия «Семантический резонанс знаний» получается непосредственно из выражения для критерия «Сумма знаний» после замены координат перемножаемых векторов их стандартизированными значениями:

$$I_{ij} \rightarrow \frac{I_{ij} - \bar{I}_j}{\sigma_j}, \quad L_i \rightarrow \frac{L_i - \bar{L}}{\sigma_l}.$$

Свое наименование интегральный критерий сходства «Семантический резонанс знаний» получил потому, что по своей математической форме является корреляцией двух векторов: состояния j -го класса и состояния распознаваемого объекта.

Таким образом, в АСК-анализе и системе «Эйдос» используется одно общее математическое выражение для частных критериев, как способствующих, так и препятствующих переходу объекта моделирования в некоторое состояние, а также вообще не влияющих на это, и аддитивный интегральный критерий, что обеспечивает сопоставимость измерений и результатов системной идентификации.

4.5.8. Решение 3-й проблемы

Формулировка 3-й проблемы, использование нормированных функций полезности приводит к нивелированию силы влияния факторов в результате чего сильно влияющие и слабо влияющие факторы получают одинаковую вариативность числовых значений и оказывают одинаковое влияние на интегральный критерий.

В АСК-анализе и системе «Эйдос» в качестве частных критериев используются **не нормированные**, причем разными способами для способствующих и препятствующих значений факторов, функции желательности как в традиционном подходе, а количество информации в значении фактора о принадлежности или не принадлежности объекта к классу.

Поэтому модель АСК-анализа и системы «Эйдос» сохраняет всю полезную информацию о ценности различных значений факторов, которая полностью теряется при их нормировке в традиционном подходе. Кроме того это открывает возможность, а также простой и убедительный путь к определению количественной меры ценности значения фактора для идентификации состояния объекта моделирования, которые отсутствуют в традиционном подходе.

Кратко рассмотрим этот путь. Одно и тоже значение фактора может содержать большое положительное количество информации о принадлежности объекта к одним категориям, среднее отрицательное количество информации о его не принадлежности к другим категориям и практически не

содержать никакого количества информации о принадлежности или не принадлежности объекта к еще каким-то категориям. При этом в одних значениях факторов содержится много положительной и отрицательной информации, а в других мало или вообще практически не содержится. Таким образом, все значения факторов с точки зрения оценки их ценности можно разделить на три основных категории:

– детерминистские значения факторов, которые точно и однозначно определяют принадлежность и не принадлежность объекта к определенным категориям и содержат об этом теоретически максимальное количество информации (в этом случае между значениями факторов и состояниями объекта моделирования есть взаимно-однозначное соответствие, т.е. каждое значение фактора встречается при единственном состоянии объекта);

– статистические значения факторов, которые с определенной степенью уверенности определяют принадлежность и не принадлежность объекта к определенным категориям и содержат об этом некоторое большее или меньшее количество информации (в этом случае условные вероятности встречи данного значения фактора более-менее существенно отличаются по разным категориям, соответствующим состояниям объекта);

– бесполезные значения факторов, которые вообще не позволяют определить принадлежность и не принадлежность объекта к определенным категориям и не содержат об этом практически никакой информации (в этом случае условные вероятности встречи данного значения фактора практически совпадают по разным категориям, соответствующим состояниям объекта).

Это означает, что *естественной количественной мерой ценности значения фактора для идентификации состояния объекта моделирования является вариабельность количества информации в значении фактора о принадлежности объекта к различным классам.*

Существует несколько количественных мер вариабельности: средний модуль отклонения от среднего, дисперсия, среднеквадратичное отклонение и другие. В АСК-анализе и системе «Эйдос» в качестве количественной меры ценности значения фактора для идентификации состояния объекта и используется среднеквадратичное отклонение вариабельности количества информации в значении фактора о принадлежности объекта к различным классам, чем решается 3-я проблема традиционного подхода.

На рисунке 1 приведена Парето-кривая значимости значений факторов в системно-когнитивной модели INF4 [21]:

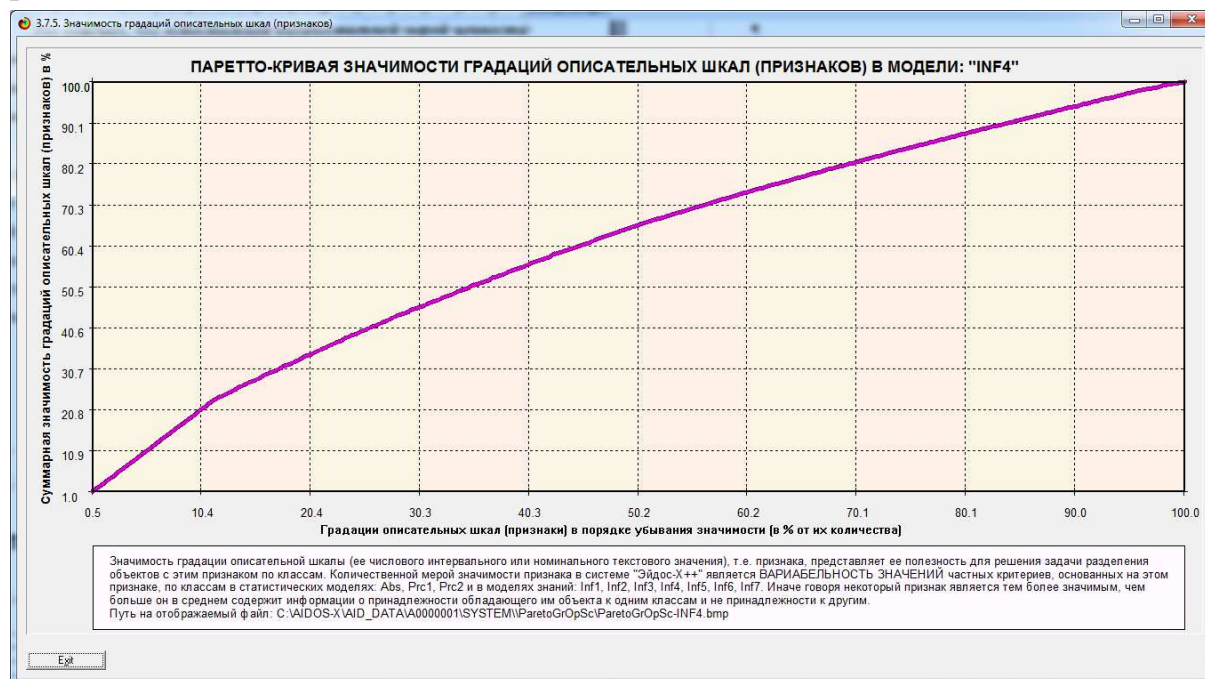


Рисунок 1. Парето-кривая значимости значений факторов в системно-когнитивной модели INF4

Из приведенного рисунка видно, что 10% значений факторов суммарно обеспечивают 20% значимости, 50% значимости обеспечиваются 35% значений факторов, а 50% значений факторов обеспечивают 65% значимости. При увеличении объема данных различие между наименее и наиболее значимыми значениям факторов возрастает. Это значит, что в модели, созданной на основе пилотного исследования, можно оставить, например, 10% наиболее ценных для решения задач значений факторов, которые суммарно обеспечат 90% суммарной значимости первоначальной модели.

Отметим, что ценность фактора рассчитывается как среднее ценностей его градаций.

Проиллюстрируем на кратком численном примере, как изложенные выше теоретические положения могут быть реализованы на практике.

5. Численный пример

5.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области

На этом этапе мы должны решить, что будем рассматривать как факторы, а что как результаты их действия. Это единственный неформализованный и не реализованный программно в системе «Эйдос» этап АСК-анализа. В данном случае в качестве факторов, учитываемых

в модели эколого-социально-экономической системы (ЭСЭС) выберем следующие (таблица 4):

Таблица 4 – Факторы (описательные шкалы), учитываемые в модели эколого-социально-экономической системы (ЭСЭС)

№ фактора	№ колонки базы исходных данных	Наименование колонки	№ экологического фактора	№ экономического фактора
1	59	НН4+, (т)	1	
2	60	БПК, (т)	2	
3	61	ВЗП	3	
4	62	ВВ, (т)	4	
5	63	Fe, (т)	5	
6	64	Cd, мг/кг	6	
7	65	КВБО, (т)	7	
8	66	КВПО, (т)	8	
9	67	КВУО, (т)	9	
10	68	Нефтепродукты, (т)	10	
11	69	Нитраты, (т)	11	
12	70	ОНО СВ, (млн.м3)	12	
13	71	СВ ТО, (млн.м3)	13	
14	72	ВОДПОТ, (млн.м3)	14	
15	73	ОВТБО, тыс. м3	15	
16	74	СР (млн.м3)	16	
17	75	ЗПП, (Га)	17	
18	76	ПЗЛ, (Га)	18	
19	77	ООПТ, (Га)	19	
20	78	Свинец в почве (вал)	20	
21	79	СПАВ, (т)	21	
22	80	УКИЗВ	22	
23	81	Фосфор общий, (т)	23	
24	82	Хлориды, (т)	24	
25	83	Цинк в почве(вал), (мг/кг)	25	
26	84	ЧН(тыс.чел)	26	
27	85	Аммиак	27	
28	86	Азота оксид	28	
29	87	Азота диоксид	29	
30	88	Серы диоксид	30	
31	89	Углерода оксид	31	
32	90	Сероводород	32	
33	91	Взвешенные в-ва	33	
34	92	ПУ	34	
35	93	Бензол	35	
36	94	Толуол	36	
37	95	Железо	37	
38	96	Никель	38	
39	97	Кадмий	39	
40	98	Цинк	40	
41	99	Медь	41	
42	100	Кобальт	42	
43	101	Свинец	43	
44	102	Марганец	44	
45	103	МИНУДОБР	45	
46	104	ОРГУДОБР	46	
47	105	ОБОБРОТХ	47	
48	106	НАКОТХ	48	

49	107	ОБОЦЭС	49	
50	108	ЗАГРАВ	50	
51	109	ЗПЕСТ	51	
52	110	ЧПИО		1
53	111	СХИЛ		2
54	112	РЫБПР		3
55	113	ДПИ		4
56	114	ОБРПРОИЗ		5
57	115	ПРАСЭГВ		6
58	116	строительство		7
59	117	ОРТИРУ		8
60	118	ПВСХУ		9
61	119	ПВИННАС		10
62	120	ППЛЯГНАС		11
63	121	ВАЛСБОРЗЕРН		12
64	122	ВАЛСБОРКАРТ		13
65	123	ВАЛСОВ		14
66	124	ВАЛСБОРЯГ		15
67	125	ВАЛСБОРВИН		16
68	126	ПРЯИЦ		17
69	127	ПРМОЛ		18
70	128	ОРТОРГ		19

Всего в модели учитывается 70 факторов, из них 51 характеризующих экологию (выделены светло-зеленым цветом) и 19, характеризующих экономику и производство (выделены светло-голубым цветом).

В качестве результата совместного действия этих экологических и экономико-производственных факторов будем рассматривать здоровье населения, измеряемое в следующих 53 классификационных шкалах (таблица 5):

Таблица 5 – Классификационные шкалы, учитываемые в модели эколого-социально-экономической системы (ЭСЭС)

№ классификационной шкалы	№ колонки базы исходных данных	Наименование колонки
1	6	ОЗ (случ./1000)
2	7	АФЗ, (шт)
3	8	АЮЗ, (шт)
4	9	ГФЗ, (шт)
5	10	ГЮЗ, (шт)
6	11	МСМ (случ/1000)
7	12	ОСМ (случ./1000)
8	13	Рождаемость
9	14	ЧУ ИБ
10	15	ОЧУ НОВ
11	16	ОЧУ БСК
12	17	ОЧУ БОД
13	18	ОЧУ БОП
14	19	ОЧУ ВП
15	20	ТВЧУ ИБ
16	21	ТВЧУ НОВ
17	22	ТВЧУ БСК
18	23	ТВЧУ БОД
19	24	ТВЧУ БОП
20	25	ТВЧУ ВП

21	26	Сведпребер
22	27	ОЗДНО-14
23	28	ОЗПН15-17
24	29	ОЗВН18
25	30	Туб
26	31	траввзр18М
27	32	травмвзр18 Ж
28	33	травмД (0-17) М
29	34	травмД (0-17) Ж
30	35	ИЗ (1000ч) ОКИ УСТ ЭТИОЛ
31	36	ИЗ (1000ч) ОКИ НЕУСТ ЭТИОЛ
32	37	ИЗ САЛЬМОНЕЛЕЗ
33	38	ИЗ ДИЗЕНТИРИЯ
34	39	ИЗ ОСТВИРГЕП
35	40	ИЗ КОКЛЮШ
36	41	ПЕДИКУЛЕЗ
37	42	ЧБР
38	43	СНЗП
39	44	ЧПНР
40	45	ЧЗПР
41	46	СД 1-4 лет
42	47	ПВНИТН
43	48	ПВНИДН
44	49	СДОСН
45	50	ЗАТВН
46	51	ПЗАП
47	52	ЗОВГ
48	53	КОТХЗ
49	54	СОНОБ
50	55	СБСК
51	56	СОБОД
52	57	СОБОП
53	58	ЗПСИХР

Расшифровка кратких наименований классификационных и описательных шкал приведена в таблице 6:

Таблица 6 – Расшифровка кратких наименований классификационных и описательных шкал модели ЭСЭС

№ п/п	Сокращение	Полное наименование
1	сведпребер	Сведения о прерывании беременности до 22 недели (на 1000 Ж вертильного возраста)
2	ОЗДНО-14	Общая заболеваемость детского населения (0-14)
3	ОЗПН15-17	Общая заболеваемость подросткового населения (15-17)
4	ОЗВН18	Общая заболеваемость взрослого населения (18 и старше)
5	Туб	Туберкулез (на 1000)
6	траввзр18М	травматизм взрослые(18 старше) М
7	травмвзр18 Ж	травматизм взрослые(18 старше) Ж
8	травмД (0-17) М	травматизм дети 0-17 лет М
9	травмД (0-17) Ж	травматизм дети (0-17) Ж
10	ЧБР	численность безработных
11	СНЗП	средняя номинальная заработанная плата
12	ЧПНР	численность пенсионеров на тыс.чел
13	ЧЗПР	численность зарегистрированных реступлений
14	СД 1-4 лет	смертность детей 1-4 лет (на 1000 соотв вор)
15	ПВНИТН	Первичный выход на инвалидность трудоспособного населения на 10 тыс
16	ПВНИДН	Первичный выход на инвалидность детского населения (на 10 тыс. населения)

17	СДОСН	Средняя длительность одного случая временной нетрудоспособности (за исключением по беременности и родам)
18	ЗАТВН	Заболееваемость активным туберкулезом всего населения (на 100 тыс. населения)
19	ПЗАП	Показатель впервые выявленных заболеваний алкогольными психозами (на 100 тыс. населения)
20	ЗОВГ	заболеваемость острым вирусным гепатитом (на100 тыс. насел.)
21	КОТХЗ	Количество обострений у лиц с тяжелыми хроническими заболеваниями на 1тыс. соотв. населения
22	СОНОБ	смертность от новообразований на 100тыс
23	СБСК	смертность от болезней системы кровообращения
24	СОБОД	смертность от болезней органов дыхания
25	СОБОП	смертность от болезней органов пищеварения
26	ЗПСИХР	заболеваемость Психические расстройства (на 100 тыс)
27	МИНУДОБР	внесение минеральных удобрений тыс.ц
28	ОРГУДОБР	внесение органических удобрений тыс.ц
29	ОБОБРОТХ	Объем образовавшихся отходов, млн.м3
30	НАКОТХ	Накоплено отходов, тыс.т
31	ОБОЦЭС	Обобщенная оценка экологической ситуации
32	ЗАГРАВ	Загрязнение атмосферного воздуха
33	ЗПЕСТ	Загрязнение атмосферного воздуха
34	ПВСХУ	посевная площадь всех сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий
35	ОРТИРУ	оптовая и розничная торговля, ремонт автотранспортных средств бытовых предметов
36	ПВИННАС	площадь виноградных насаждений в хозяйствах все категорий, га
37	ППЛЯГНАС	площадь плодово-ягодных насаждений в хозяйствах всех категорий
38	ПРАСЭГВ	производство и распределение электроэнергии, газа и воды
39	ЧПИО	численность предприятий и организаций
40	ОРТОРГ	оборот розничной торговли, мил.руб
41	ВАЛСОВ	валовый сбор овощей в хозяйствах тыс.т
42	ПРЯИЦ	производство яиц всех видов миллион шт
43	ПРМОЛ	производство молока тыс.т
44	ВАЛСБОРЯГ	валовый сбор плодов и ягод тыс.т
45	ВАЛСБОРВИН	валовой сбор винограда тон
46	ВАЛСБОРКАР	валовой сбор картофеля тыс.тон
47	ВАЛСБОРЗЕРН	валовой сбор зерна, тыс.т
48	ОБРПРОИЗ	обрабатывающие производство
49	ДПИ	добыча полезных ископаемых
50	РЫБПР	рыболовство, рыбоводство
51	СХИЛ	сельское хозяйство и лесное
52	НН4+	Азот аммонийный
53	Сd	Кадмий
54	АФЗ	Количество автобусов у физ.лиц
55	АЮЗ	Количество автобусов у юр.лиц
56	ВВ	Взвешенные вещества
57	ВЗП	Величина загрязнения почвы
58	ВОДПОТ	Объем водопотребления
59	ГФЗ	Количество грузовых автомобилей у физ.лиц
60	ГЮЗ	Количество грузовых автомобилей у юр.лиц
61	ЗВВ	Затраты на выполнение природоохранных мероприятий
62	ЗВПМ	Затраты предприятий на выполнение природоохранных мероприятий
63	ЗПВПМ	
64	ЗПП	Площадь залесенных, закустаренных прибрежных полос
65	КВБО	Количество выбросов без очистки
66	КВПО	Количество выбросов, поступивших на очистку
67	КВУО	Количество выбросов уловленных и обезвреженных
68	КПП	Количество применяемых пестицидов в пересчете на действующее вещество
69	КРС	Крупный рогатый скот
70	ЛАФЗ	Количество легковых автомобилей у физ.ли
71	ЛАЮЗ	Количество легковых автомобилей у юр.ли

72	МАД	Муниципальные автодороги
73	МСМ	Младенческая смертность на 1000 чел,
74	ОВТБО	Объем вывезенных твердых бытовых отходов
75	ОЗ	Общая заболеваемость
76	ОиК	Количество овец и коз,
77	ОНО СВ	Общий объем нормативно-очищенных СВ
78	ООП	Объем обрабатывающей промышленности
79	ООПТ	Особо охраняемые природные территории
80	ОРЭГВ	Объем производства и распределения электроэнергии, газа и воды
81	ОСМ	Общая смертность на 1000 чел
82	ОСХ	Объем сельского хозяйства
83	ПАЕ	Площадь административной единицы
84	ПЗЛ	Площадь занятая лесами
85	ПНП	Площадь населенных пунктов
86	ПО	Промышленные объекты
87	ППП	Площадь прибрежных полос
88	ПСВ	Пашни, сады и виноградники
89	ПУ	Предельные углеводороды C1-C10
90	СВ ТО	Общий объем СВ, требующих очистки
91	СП НВОС	Общая сумма платежей за НВОС
92	СПАВ	Синтетические поверхностно-активные вещества
93	СР	Объем годового стока рек,
94	УКИЗВ	Удельный комбинированный индекс загрязнения воды рек
95	ЧН	Численность населения,

Необходимость сокращений наименований обусловлена тем, что эти наименования используются в большом количестве текстовых и графических выходных форм и в их не сокращенном виде эти формы были бы неудобочитаемыми.

Выбор именно этих, а не каких-либо других классификационных шкал и описательных шкал обусловлен достигнутым на практике компромиссом между желанием авторов, основанном на системном подходе к моделированию ЭСЭС, с одной стороны как можно шире охватить данными мониторинга моделируемую систему, а с другой стороны, имеющимися реальными ограничениями в доступе к данным мониторинга и вообще их наличием в базах данных различных ведомств (можно перечислить какие данные кто предоставил).

5.2. Формализация предметной области

Формализация предметной области включает конструирование классификационных и описательных шкал и градаций и кодирование исходных данных с их применением, т.е. подготовку обучающей выборки.

В системе «Эйдос» эта работа полностью автоматизирована в универсальном программном интерфейсе ввода данных из внешних баз данных.

Исходные данные имеют вид (таблица 7):

Таблица 7 – Excel-файл исходных данных (полностью, представлен в транспонированном виде)

Точка контроля	КРАСНОДАР	ТУАПСЕ	НОВОРОССИЙСК	ПДК	0,25 * ПДК	0,50 * ПДК	1,25 * ПДК	1,50 * ПДК
КОЛ-ВО ЖИТЕЛЕЙ	853848	63058	266977					
ПЛОЩАДЬ КМ2	841,48714	33,41085	835,01217					
КООРДИНАТЫ X	45°02'00" с. ш.	44°06'00" с. ш.	44°43'00" с. ш.					
КООРДИНАТЫ Y	38°59'00" в. д.	39°05'00" в. д.	37°46'00" в. д.					
ОЗ (случ./1000)	624,73	422,99	330,28	459,3333333	114,8333333	229,6666667	574,1666667	689
АФЗ, (шт)	2138	435	1061	1211,333333	302,8333333	605,6666667	1514,166667	1817
АЮЗ, (шт)	3219	474	784	1492,333333	373,0833333	746,1666667	1865,416667	2238,5
ГФЗ, (шт)	22223	3133	6583	10646,33333	2661,583333	5323,166667	13307,91667	15969,5
ГЮЗ, (шт)	20048	1434	439	7307	1826,75	3653,5	9133,75	10960,5
МСМ (случ/1000)	6,1	9,4	3	6,166666667	1,541666667	3,083333333	7,708333333	9,25
ОСМ (случ./1000)	11,2	12,7	10,6	11,5	2,875	5,75	14,375	17,25
Рождаемость	15,7	13,4	12	13,7	3,425	6,85	17,125	20,55
ЧУ ИБ	81	16	97	18	4,5	9	22,5	27
ОЧУ НОВ	1996	235	585	240,7	60,175	120,35	300,875	361,05
ОЧУ БСК	5780	858	1730	721	180,25	360,5	901,25	1081,5
ОЧУ БОД	463	67	95	61,3	15,325	30,65	76,625	91,95
ОЧУ БОП	554	76	168	83	20,75	41,5	103,75	124,5
ОЧУ ВП	682	156	240	125	31,25	62,5	156,25	187,5
ТВЧУ ИБ	56	14	79	13,6	3,4	6,8	17	20,4
ТВЧУ НОВ	384	45	135	57,8	14,45	28,9	72,25	86,7
ТВЧУ БСК	685	135	274	109,6	27,4	54,8	137	164,4
ТВЧУ БОД	100	14	31	15,9	3,975	7,95	19,875	23,85
ТВЧУ БОП	186	39	75	32,7	8,175	16,35	40,875	49,05
ТВЧУ ВП	445	102	173	88,9	22,225	44,45	111,125	133,35
Сведпребер	20,26	19,79	10,33	18,31	4,5775	9,155	22,8875	27,465
ОЗДН0-14	2243,43	2357,23	1793,5	1725,82	431,455	862,91	2157,275	2588,73
ОЗПН15-17	2210,98	2643,96	1717,73	1993,67	498,4175	996,835	2492,0875	2990,505
ОЗВН18	1455,87	1513,89	978,86	1212,88	303,22	606,44	1516,1	1819,32
Туб	35,8	42,8	46,7	39,9	9,975	19,95	49,875	59,85
траввзр18М	115,85	103,93	89,36	88,74	22,185	44,37	110,925	133,11
травмвзр18 Ж	82,39	58,73	82,19	60,41	15,1025	30,205	75,5125	90,615
травмД (0-17) М	194,53	118,39	140,73	124,08	31,02	62,04	155,1	186,12
травмД (0-17) Ж	140,36	62,15	101,22	83,36	20,84	41,68	104,2	125,04
ИЗ (1000ч) ОКИ УСТ ЭТИОЛ	194,2	96,09	267,3	145,2	36,3	72,6	181,5	217,8
ИЗ (1000ч) ОКИ НЕУСТ ЭТИОЛ	750,2	75	237,4	306,2	76,55	153,1	382,75	459,3

ИЗ САЛЬМОНЕЛЕЗ	41,21	17,19	21,17	19,27	4,8175	9,635	24,0875	28,905
ИЗ ДИЗЕНТЕРИЯ	4,13	0,00001	8,14	3,27	0,8175	1,635	4,0875	4,905
ИЗ ОСТВИРГЕП	9,99	1,56	4,23	4,41	1,1025	2,205	5,5125	6,615
ИЗ КОКЛЮШ	19,51	0,00001	0,33	3,78	0,945	1,89	4,725	5,67
ПЕДИКУЛЕЗ	24,33	23,44	7,16	11,56	2,89	5,78	14,45	17,34
ЧБР	5175	510	1748	772	193	386	965	1158
СНЗП	31575	26001	30694	25777	6444,25	12888,5	32221,25	38665,5
ЧПНР	239,9	36	73,4	34,2	8,55	17,1	42,75	51,3
ЧЗПР	15186	1900	3321	1567	391,75	783,5	1958,75	2350,5
СД 1-4 лет	34,3	93,7	48,4	40,3	10,075	20,15	50,375	60,45
ПВНИТН	43,9	65,4	29,3	44,8	11,2	22,4	56	67,2
ПВНИДН	33,6	18,1	22,1	25,8	6,45	12,9	32,25	38,7
СДОСН	12,7	12,6	11,6	11,8	2,95	5,9	14,75	17,7
ЗАТВН	36,7	43	47,5	40,3	10,075	20,15	50,375	60,45
ПЗАП	11,8	0,8	1	6,8	1,7	3,4	8,5	10,2
ЗОВГ	9,99	1,56	4,23	4,41	1,1025	2,205	5,5125	6,615
КОТХЗ	135,3	135,4	102,3	124,7	31,175	62,35	155,875	187,05
СОНОБ	223,4	182,1	186,7	196	49	98	245	294
СБСК	647	664,8	552,2	586,8	146,7	293,4	733,5	880,2
СОБОД	51,8	51,9	30,3	49,9	12,475	24,95	62,375	74,85
СОБОП	62	58,9	53,6	67,5	16,875	33,75	84,375	101,25
ЗПСИХР	353,4	221,6	234,6	238,5	59,625	119,25	298,125	357,75
НН4+, (т)	22,52	46,97	0,94	23,47666667	5,869166667	11,73833333	29,34583333	35,215
БПК, (т)	492,72	75,66	11,09	193,1566667	48,28916667	96,57833333	241,4458333	289,735
ВЗП	10,925	12,195	11,655	11,59166667	2,897916667	5,795833333	14,48958333	17,3875
ВВ, (т)	863,55	70,31	10,12	314,66	78,665	157,33	393,325	471,99
Fe, (т)	15,12567	1,9208	0,17639	5,740953333	1,435238333	2,870476667	7,176191667	8,61143
Cd, мг/кг	0,21	0,27	0,27	0,25	0,0625	0,125	0,3125	0,375
КВБО, (т)	14,007	3,939	31,472	16,47266667	4,118166667	8,236333333	20,59083333	24,709
КВПО, (т)	10,418	10,07	1129,435	383,3076667	95,82691667	191,6538333	479,1345833	574,9615
КВУО, (т)	10,358	9,972	1127,386	382,572	95,643	191,286	478,215	573,858
Нефтепродукты, (т)	1,8	0,53	0,05	0,793333333	0,198333333	0,396666667	0,991666667	1,19
Нитраты, (т)	9490,5628	73,34764	18,80663	3194,239023	798,5597558	1597,119512	3992,798779	4791,358535
ОНО СВ, (млн.м3)	1,37	10,64	24,63	12,21333333	3,053333333	6,106666667	15,26666667	18,32
СВ ТО, (млн.м3)	79,62	11,27	28,26	39,71666667	9,929166667	19,85833333	49,64583333	59,575
ВОДПОТ, (млн.м3)	234,98	0,26	11,19	82,14333333	20,53583333	41,07166667	102,6791667	123,215
ОВТБО, тыс. м3	4000	440,5	702,2113	1714,2371	428,559275	857,11855	2142,796375	2571,35565

СР (млн.м3)	13276,66	914,3	461,69	4884,216667	1221,054167	2442,108333	6105,270833	7326,325
ЗПП, (Га)	187	2,84	367	185,6133333	46,40333333	92,80666667	232,0166667	278,42
ПЗЛ, (Га)	961	209516	49178	86551,66667	21637,91667	43275,83333	108189,5833	129827,5
ООПТ, (Га)	66,6	20271,83	12136	10824,81	2706,2025	5412,405	13531,0125	16237,215
Свинец в почве (вал)	15,7	18,5	18,5	17,56666667	4,391666667	8,783333333	21,95833333	26,35
СПАВ, (т)	2,62675	0,33503	0,03061	0,997463333	0,249365833	0,498731667	1,246829167	1,496195
УКИЗВ	3,125	3,55	3,715	3,463333333	0,865833333	1,731666667	4,329166667	5,195
Фосфор общий, (т)	301,3	14,29	1,16	105,5833333	26,39583333	52,79166667	131,9791667	158,375
Хлориды, (т)	5749,63	233,33	160,96	2047,973333	511,9933333	1023,986667	2559,966667	3071,96
Цинк в почве(вал), (мг/кг)	57,3	67,8	67,9	64,33333333	16,08333333	32,16666667	80,41666667	96,5
ЧН(тыс.чел)	893,347	129,066	313,307	445,24	111,31	222,62	556,55	667,86
Аммиак	0,3285	0,1395	0,0535	0,2	0,05	0,1	0,25	0,3
Азота оксид	0,605	0,341	0,2	0,4	0,1	0,2	0,5	0,6
Азота диоксид	0,1445	0,0983	0,0965	0,2	0,05	0,1	0,25	0,3
Серы диоксид	0,0878	0,0448	0,0173	0,5	0,125	0,25	0,625	0,75
Углерода оксид	3,8	2,1	1,3	5	1,25	2,5	6,25	7,5
Сероводород	0,01993	0,45448	0,0006	0,008	0,002	0,004	0,01	0,012
Взвешенные в-ва	0,1268	0,057	0,0453	5	1,25	2,5	6,25	7,5
ПУ	3,482	2,1124	1,552	0,3	0,075	0,15	0,375	0,45
Бензол	0,1783	0,1	0,1	0,6	0,15	0,3	0,75	0,9
Толуол	0,4728	0,2503	0,1348	0,04	0,01	0,02	0,05	0,06
Железо	0,031243	0,01429	0,00747	0,001	0,00025	0,0005	0,00125	0,0015
Никель	0,00321055	0,00091995	0,0006304	0,0003	0,000075	0,00015	0,000375	0,00045
Кадмий	0,00001893	0,000008756	0,000004165	0,003	0,00075	0,0015	0,00375	0,0045
Цинк	0,00290568	0,00142038	0,00163815	0,0004	0,0001	0,0002	0,0005	0,0006
Медь	0,00215	0,001273	0,001055	0,0004	0,0001	0,0002	0,0005	0,0006
Кобальт	0,000103	0,0000725	0,0000925	0,001	0,00025	0,0005	0,00125	0,0015
Свинец	0,000730725	0,00042992	0,00025655	0,01	0,0025	0,005	0,0125	0,015
Марганец	0,0006269	0,00051798	0,00182133	0,000988737	0,000247184	0,000494368	0,001235921	0,001483105
МИНУДОБР	15,3	0,0001	0,2	59,6	14,9	29,8	74,5	89,4
ОРГУДОБР	42,3	0,0001	0,4	82,2	20,55	41,1	102,75	123,3
ОБОБРОТХ	4,177	0,441	0,702	0,276	0,069	0,138	0,345	0,414
НАКОТХ	43286	6896,055	7735,936	2061,86	515,465	1030,93	2577,325	3092,79
ОБОЦЭС	[1]-Крайне не благоприятная	[4]-Умеренно благоприятная	[4]-Умеренно благоприятная	[3]-Неопределенно	[5]-Благоприятная	[4]-Умеренно благоприятная	[2]-Умеренно не благоприятная	[1]-Крайне не благоприятная
ЗАГРАВ	[1]-Крайне не благоприятная	[5]-Благоприятная	[4]-Умеренно благоприятная	[3]-Неопределенно	[5]-Благоприятная	[4]-Умеренно благоприятная	[2]-Умеренно не благоприятная	[1]-Крайне не благоприятная

ЗПЕСТ	[4]-Умеренно благоприятная	[5]-Благоприятная	[5]-Благоприятная	[3]-Неопределенно	[5]-Благоприятная	[4]-Умеренно благоприятная	[2]-Умеренно не благоприятная	[1]-Крайне не благоприятная
ЧПИО	58837	2915	6377	3132	783	1566	3915	4698
СХИЛ	822	2915	9377	3132,6	783,15	1566,3	3915,75	4698,9
РЫБПР	61	2	17	8	2	4	10	12
ДПИ	184	6	14	12,3	3,075	6,15	15,375	18,45
ОБРПРОИЗ	4827	163	595	246,8	61,7	123,4	308,5	370,2
ПРАСЭГВ	298	23	44	19,3	4,825	9,65	24,125	28,95
строительство	8268	337	1198	405,5	101,375	202,75	506,875	608,25
ОРТИРУ	21810	661	2564	953	238,25	476,5	1191,25	1429,5
ПВСХУ	30,3	0,5	2,1	33,1	8,275	16,55	41,375	49,65
ПВИННАС	83	15	1423	559	139,75	279,5	698,75	838,5
ППЛЯГНАС	3241	2281	537	993	248,25	496,5	1241,25	1489,5
ВАЛСБОРЗЕРН	82,1	0,2	3	292,5	73,125	146,25	365,625	438,75
ВАЛСБОРКАРТ	19	1,9	5	13,7	3,425	6,85	17,125	20,55
ВАЛСОВ	37	2,5	4,8	17,4	4,35	8,7	21,75	26,1
ВАЛСБОРЯГ	35	15,2	3,7	7,8	1,95	3,9	9,75	11,7
ВАЛСБОРВИН	724	146	5667	4852,3	1213,075	2426,15	6065,375	7278,45
ПРЯИЦ	11,5	4,6	143,5	31,8	7,95	15,9	39,75	47,7
ПРМОЛ	15,9	4,4	2,9	29,6	7,4	14,8	37	44,4
ОРТОРГ	415498	28052	84410	24293	6073,25	12146,5	30366,25	36439,5

Исходные данные приведены по трем точкам: Краснодар, Новороссийск и Туапсе. Кроме того в исходные данные включена шкала по ПДК для удобства сравнения полученных результатов по трем городам (точкам).

Для ввода этих исходных данных в систему «Эйдос» используем режим 2.3.2.2 с указанными параметрами (рисунок 2):

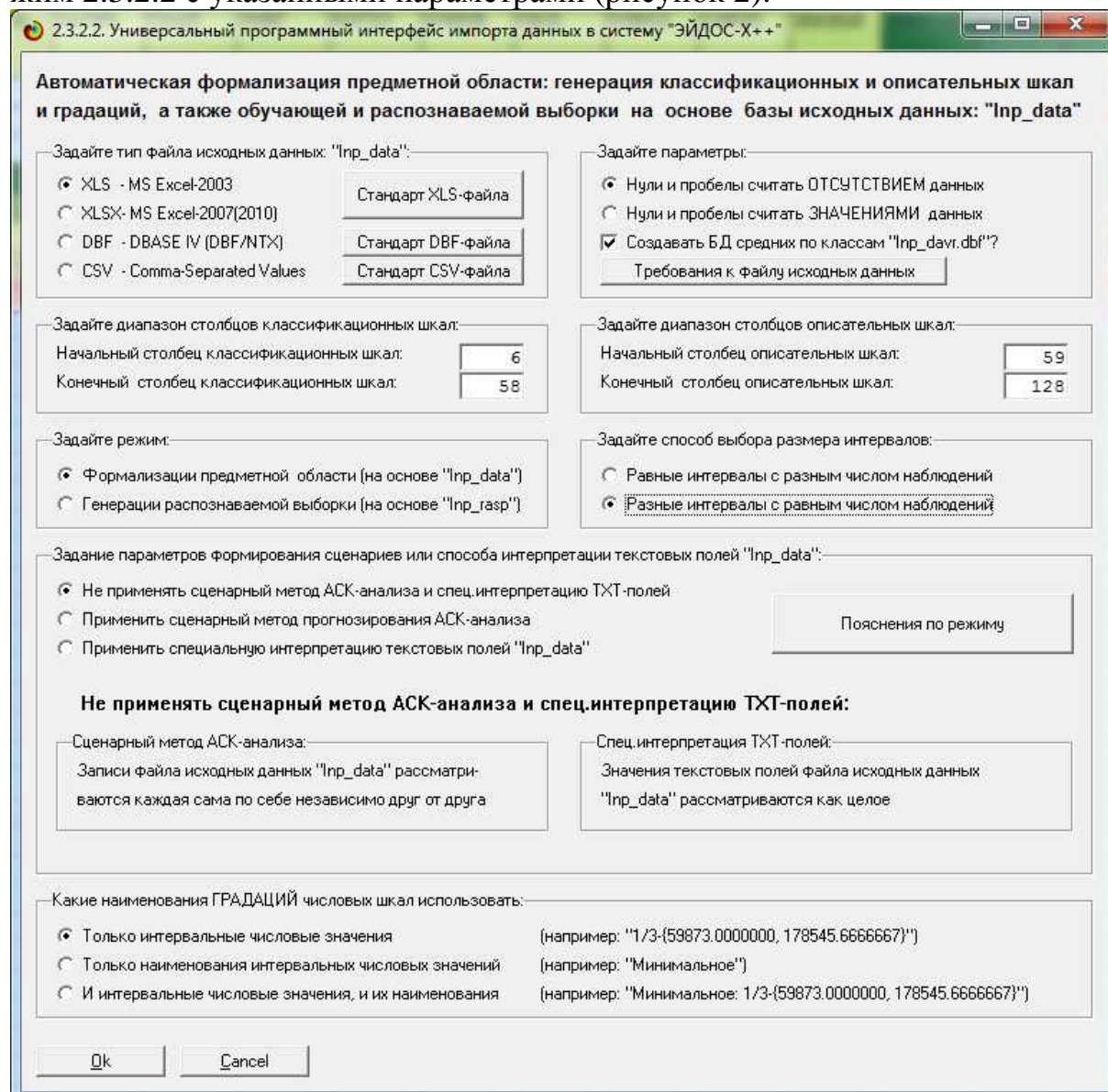


Рисунок 2. Экранная форма универсального программного интерфейса импорта данных в систему «Эйдос»

Отметим, что выбрана опция: «Разные интервалы с равным числом наблюдений», т.к. при предварительных расчетах выбор опции «Равные интервалы с равным числом наблюдений» показал, что эмпирические данные очень неравномерно распределены по диапазону их изменения и в случае выбора этого варианта некоторые интервальные значения получаются не представленными наблюдениями.

Таблица 1 полностью соответствует требованиям этого программного интерфейса, описанным в его Help (рисунок 3):

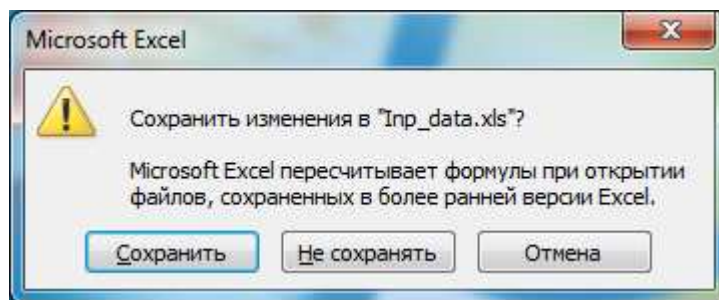


Рисунок 3. HELP универсального программного интерфейса импорта данных в систему «Эйдос»

Отметим, что действующие факторы и их конкретные значения описываются колонками 6-58 файла исходных данных, приведенного в таблице 1, а результаты действия этих факторов – колонками 59-128.

В модели используются и числовые, и текстовые шкалы и градации.

При нажатии на 'ОК' на экранной форме, представленной на рисунке 2, система «Эйдос» загружает Excel-файл исходных данных, анализирует его и выводит на заднем фоне (т.е. за всеми открытыми окнами) окно:



на котором можно выбрать любой вариант, а затем экранную форму внутреннего калькулятора, представленную на рисунке 4:

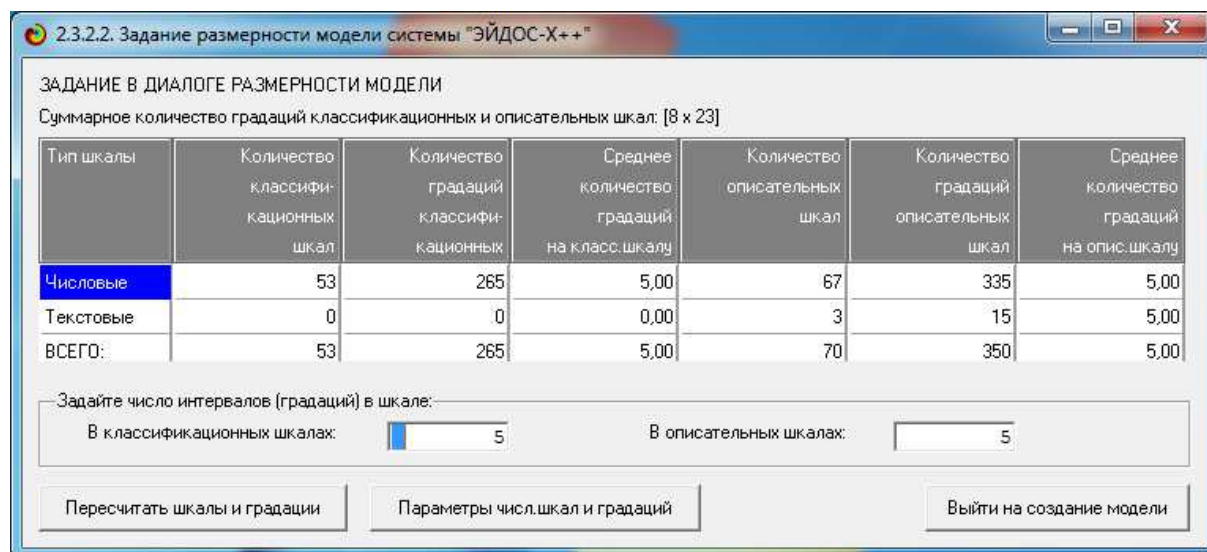
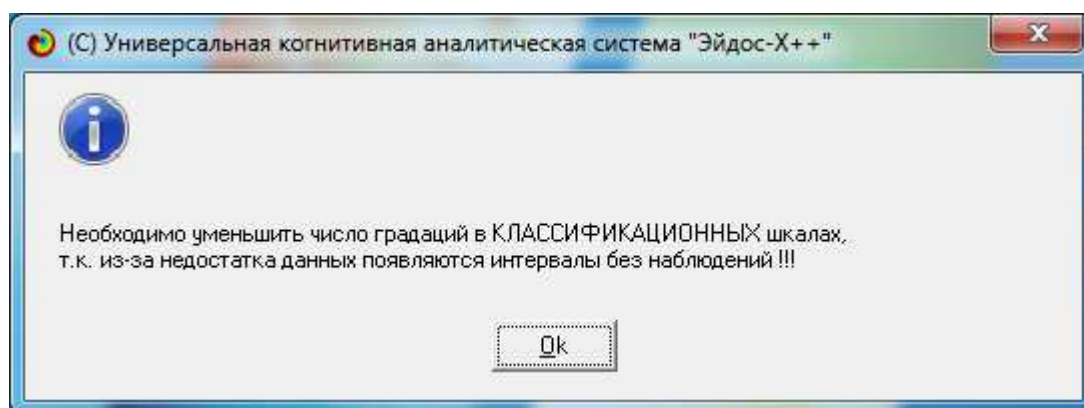


Рисунок 4. Внутренний калькулятор универсального программного интерфейса импорта данных в систему «Эйдос»

При выборе для числовых шкал 5 интервальных значений, как указано на рисунке 4, появляются сообщения, приведенные ниже, а затем опять экранная форма калькулятора, приведенная на рисунке 4:



Эти рекомендации обусловлены тем, что в исходных данных (таблица 7) слишком мало контрольных точек для такого числа интервалов. Сле-

дую этим рекомендациям зададим не по 5, а по 3 интервальных значения, а затем пересчитаем шкалы и градации и выйдем на расчет модели.

Здесь пользователь имеет возможность просмотреть отчет о формируемых классификационных и описательных шкалах и градациях (рисунок 5), а также задать число интервальных числовых значений в числовых шкалах (после этого нужно пересчитать шкалы и градации). Из отчета видно, что в результате сформировано 53 классификационных шкалы и 70 описательных шкал по 3 градации в каждой числовой шкале.

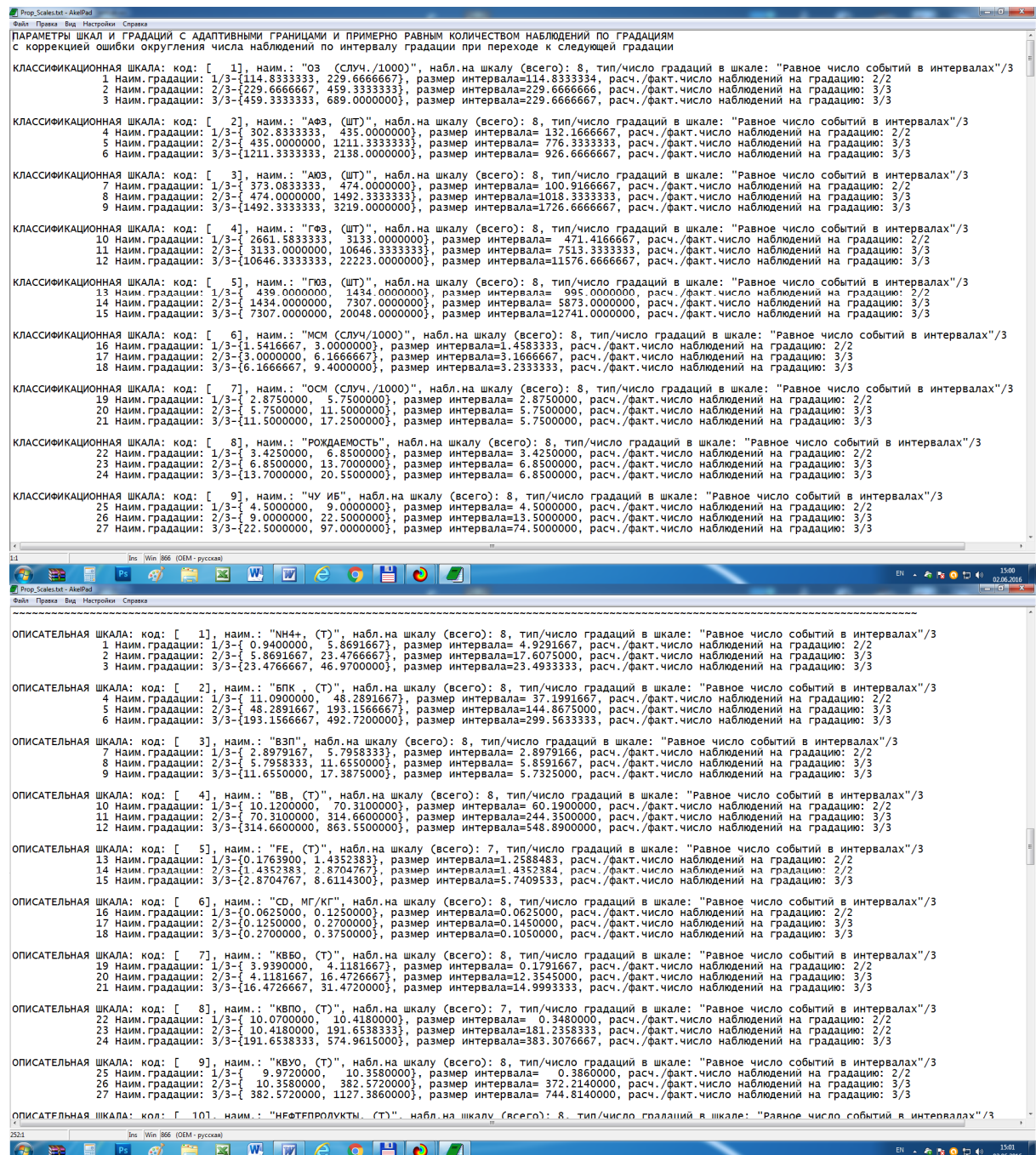


Рисунок 5. Отчет о формируемых классификационных и описательных шкалах и градациях (фрагмент)

При выходе на создание модели происходит нормализаций базы исходных данных и формирование обучающей выборки (базы событий). Стадия исполнения и его результаты отражены на экранной форме, приведенной на рисунке 6. Из этой экранной формы видно, что ввод в систему «Эйдос» исходных данных из таблицы 1 осуществлен за 18 секунд.

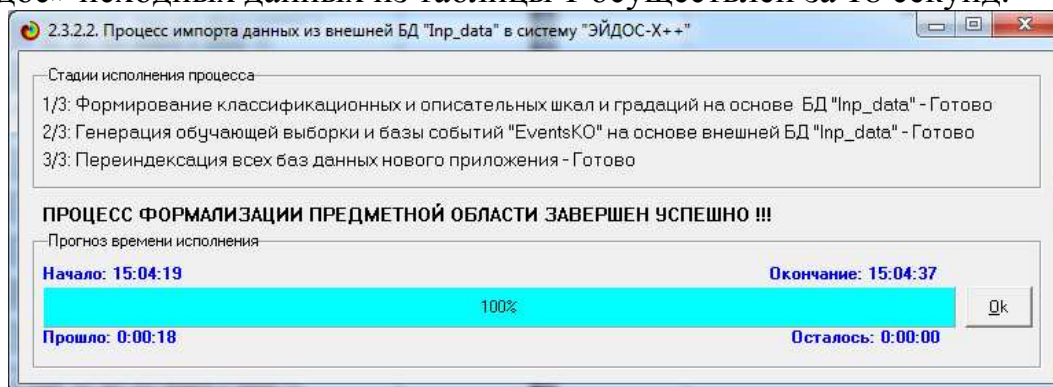


Рисунок 6. Отчет о формируемых классификационных и описательных шкалах и градациях

5.3. Синтез и верификация системно-когнитивной модели ЭСЭС

Следующий этап АСК-анализа – это синтез и верификация (оценка достоверности) модели выполняется в режиме 3.5 при указанных параметрах (рисунок 7):

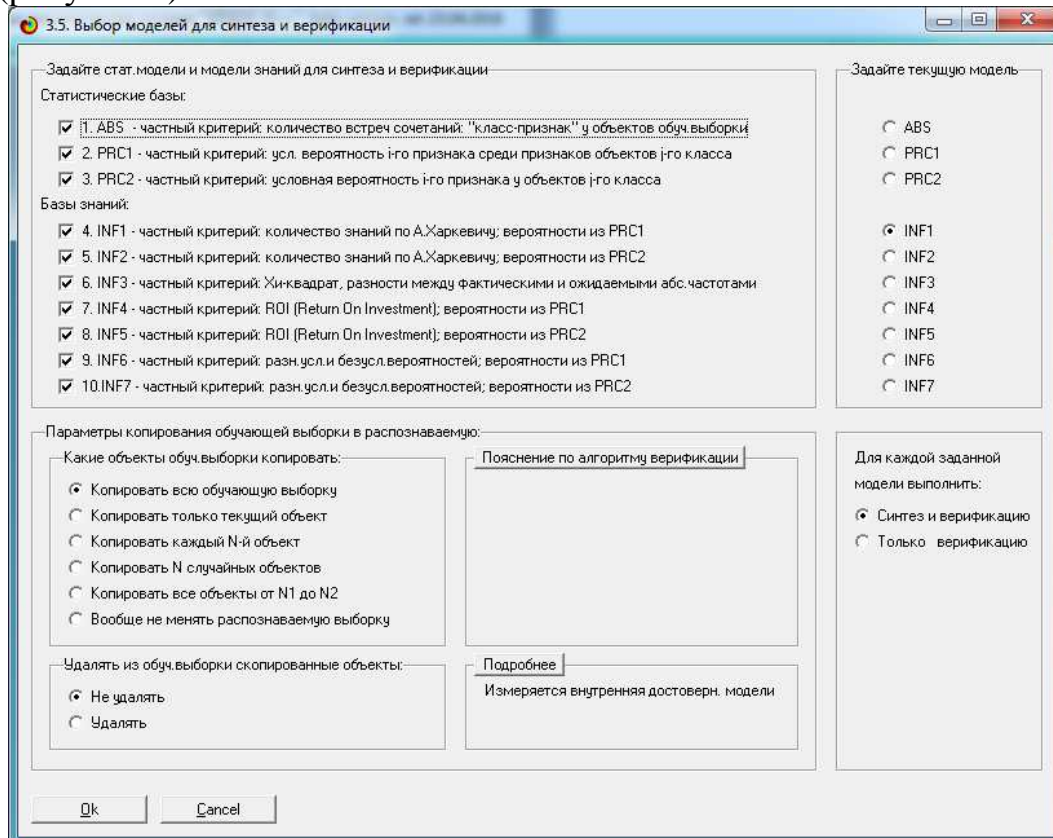


Рисунок 7. Экранная форма режима синтеза и верификации модели

Стадия процесса исполнения и его результат отображается на экранной форме, приведенной на рисунке 8.

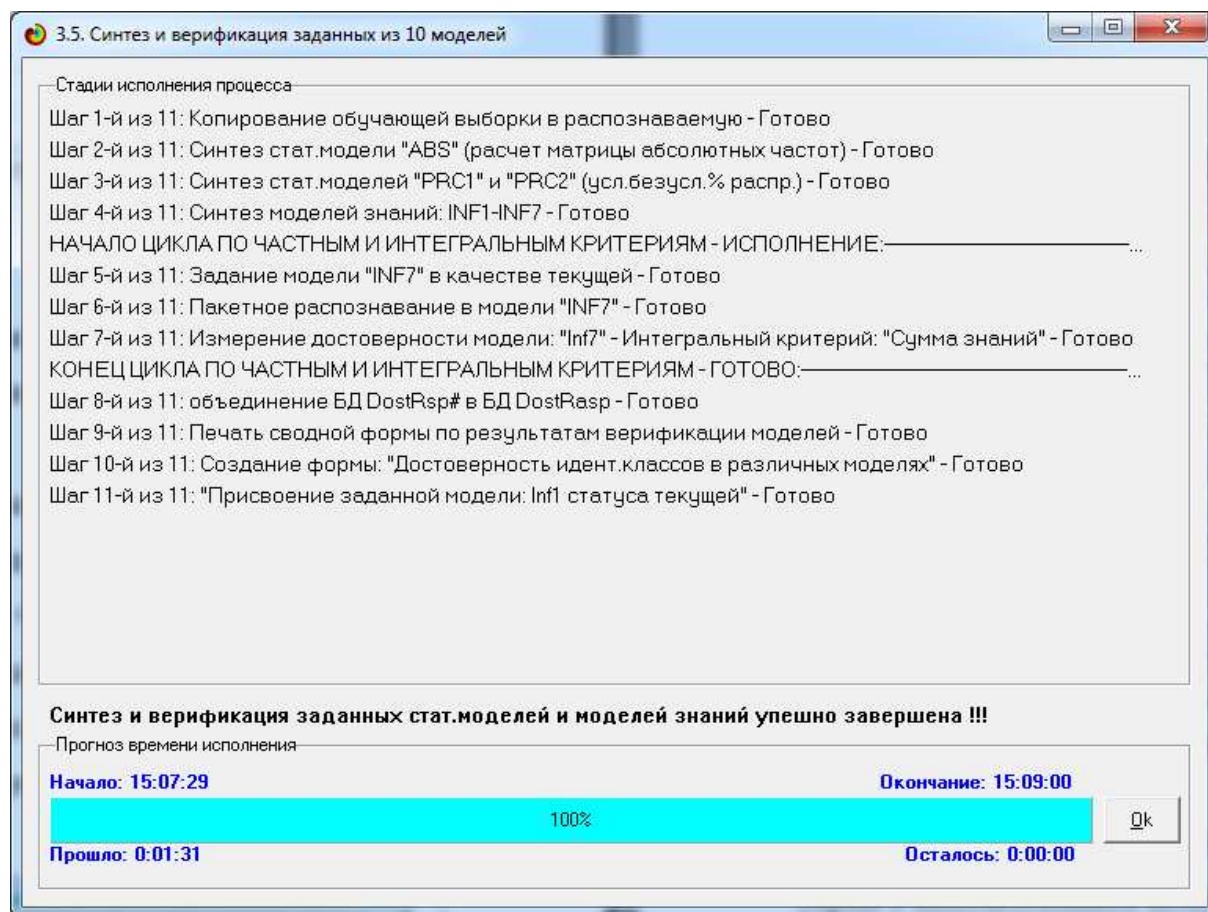


Рисунок 8. Экранная форма отображения стадии процесса синтеза и верификации модели

В результате выполнения этого режима создается 3 статистических и 7 системно-когнитивных моделей, отражающих влияние факторов на качество результатов смешивания комбикормов. Отметим, что как это видно из рисунка 18, весь процесс синтеза и верификации этих моделей занял минут 31 секунду. Достоверность созданных моделей в соответствии с метрикой, сходной с F-критерием, приведена на рисунке 9, пояснение – на рисунке 10.

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

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентифика...	Вероятность правильной не идентиф...	Средняя вероятно...	Дата получения результата	Время получения результ...
ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	100.000	90.747	95.373	02.06.2016	15:08:17
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Сумма абс. частот по признак...	100.000	3.534	51.767	02.06.2016	15:08:17
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	90.747	95.373	02.06.2016	15:08:21
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	3.534	51.767	02.06.2016	15:08:21
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	100.000	90.747	95.373	02.06.2016	15:08:26
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000	3.534	51.767	02.06.2016	15:08:26
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	97.349	94.201	95.775	02.06.2016	15:08:31
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	22.185	61.092	02.06.2016	15:08:31
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	97.349	92.193	94.771	02.06.2016	15:08:36
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	100.000	22.908	61.454	02.06.2016	15:08:36
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	100.000	93.349	96.675	02.06.2016	15:08:41
6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич...	Сумма знаний	100.000	93.349	96.675	02.06.2016	15:08:41
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	97.831	96.739	97.285	02.06.2016	15:08:45
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	22.185	61.092	02.06.2016	15:08:45
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	97.831	96.739	97.285	02.06.2016	15:08:50
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	100.000	22.040	61.020	02.06.2016	15:08:50
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	97.831	95.213	96.522	02.06.2016	15:08:54
9. INF6 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	100.000	22.185	61.092	02.06.2016	15:08:54
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	97.831	95.213	96.522	02.06.2016	15:08:59
10. INF7 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	100.000	22.185	61.092	02.06.2016	15:08:59

Помощь

Рисунок 9. Достоверность созданных моделей в соответствии с метрикой, сходной с F-критерием

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

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

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

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

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

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

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

Рисунок 10. Пояснение по метрике, сходной с F-критерием

Из рисунка 9 видно, что в модели INF1, основанной на частном критерии с использованием количества знаний по А.Харкевичу, получена достоверность идентификации более 97% и достоверность неидентификации более 94%, чего вполне для целей данной работы. Этим самым решена проблема, поставленная в работе, успешно решена.

Ниже на рисунке 11 приведены экранные формы системы «Эйдос», на которых показаны фрагменты моделей ABS, PRC2, INF1 и INF3. Эти модели отличаются частными критериями, названия которых приведены в названии экранных форм, а подробнее их смысл описан в работе [21].

5.5. Модель: "1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "Класс-признак" у объектов обучающей выборки"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ОЗ (случ./л...)	2. ОЗ (случ./л...)	3. ОЗ (случ./л...)	4. АФЗ (шт)/1/3-...	5. АФЗ (шт)/2/3-...	6. АФЗ (шт)/3/3-...	7. АОЗ (шт)/1/3-...	8. АОЗ (шт)/2/3-...
1	НН4+, (Т)-1/3-(0.940000, 5.8691667)	1	1		1	1		1	1
2	НН4+, (Т)-2/3-(5.8691667, 23.4766667)	1	1	1		2	1		2
3	НН4+, (Т)-3/3-(23.4766667, 46.9700000)		1	2	1		2	1	
4	БПК, (Т)-1/3-(11.0900000, 48.2891667)	1	1		1	1		1	1
5	БПК, (Т)-2/3-(48.2891667, 193.1566667)	1	2		1	2		1	2
6	БПК, (Т)-3/3-(193.1566667, 492.7200000)			3			3		
7	ВЗП-1/3-(2.8979167, 5.7958333)	2			1	1		1	1
8	ВЗП-2/3-(5.7958333, 11.6550000)		2	1		2	1		2
9	ВЗП-3/3-(11.6550000, 17.3875000)		1	2	1		2	1	
10	ВВ, (Т)-1/3-(10.1200000, 70.3100000)				1	1		1	1
11	ВВ, (Т)-2/3-(70.3100000, 314.6600000)	2	1			2		1	2
12	ВВ, (Т)-3/3-(314.6600000, 863.5500000)			3			3		
13	FE, (Т)-1/3-(0.1763900, 1.4352383)	1	1		1	1		1	1
14	FE, (Т)-2/3-(1.4352383, 2.8704767)	1	1		1	1		1	1
15	FE, (Т)-3/3-(2.8704767, 8.6114300)		1	2			2		1
16	CD, МГКГ-1/3-(0.0625000, 0.1250000)	2			1	1		1	1
17	CD, МГКГ-2/3-(0.1250000, 0.2500000)		3	1	1	2	1	1	2

5.5. Модель: "3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ОЗ (случ./л...)	2. ОЗ (случ./л...)	3. ОЗ (случ./л...)	4. АФЗ (шт)/1/3-...	5. АФЗ (шт)/2/3-...	6. АФЗ (шт)/3/3-...	7. АОЗ (шт)/1/3-...	8. АОЗ (шт)/2/3-...	9. АОЗ (шт)/3/3-...
1	НН4+, (Т)-1/3-(0.940000, 5.8691667)	50.000	33.333		50.000	33.333		50.000	33.333	
2	НН4+, (Т)-2/3-(5.8691667, 23.4766667)	50.000	33.333	33.333		66.667	33.333		66.667	
3	НН4+, (Т)-3/3-(23.4766667, 46.9700000)		33.333	66.667	50.000		66.667	50.000		66.667
4	БПК, (Т)-1/3-(11.0900000, 48.2891667)	50.000	33.333		50.000	33.333		50.000	33.333	
5	БПК, (Т)-2/3-(48.2891667, 193.1566667)	50.000	66.667		50.000	66.667		50.000	66.667	
6	БПК, (Т)-3/3-(193.1566667, 492.7200000)			100.000			100.000			100.000
7	ВЗП-1/3-(2.8979167, 5.7958333)	100.000			50.000	33.333		50.000	33.333	
8	ВЗП-2/3-(5.7958333, 11.6550000)		66.667	33.333		66.667	33.333		66.667	
9	ВЗП-3/3-(11.6550000, 17.3875000)		33.333	66.667	50.000		66.667	50.000		66.667
10	ВВ, (Т)-1/3-(10.1200000, 70.3100000)		66.667		50.000	33.333		50.000	33.333	
11	ВВ, (Т)-2/3-(70.3100000, 314.6600000)	100.000	33.333		50.000	66.667		50.000	66.667	
12	ВВ, (Т)-3/3-(314.6600000, 863.5500000)			100.000			100.000			100.000
13	FE, (Т)-1/3-(0.1763900, 1.4352383)	50.000	33.333		50.000	33.333		50.000	33.333	
14	FE, (Т)-2/3-(1.4352383, 2.8704767)	50.000	33.333		50.000	33.333		50.000	33.333	
15	FE, (Т)-3/3-(2.8704767, 8.6114300)		33.333	66.667		33.333	66.667		33.333	66.667
16	CD, МГКГ-1/3-(0.0625000, 0.1250000)	100.000			50.000	33.333		50.000	33.333	
17	CD, МГКГ-2/3-(0.1250000, 0.2500000)		100.000	33.333	50.000	66.667	33.333	50.000	66.667	

5.5. Модель: "4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; верности из PRC1"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ОЗ (случ./л...)	2. ОЗ (случ./л...)	3. ОЗ (случ./л...)	4. АФЗ (шт)/1/3-...	5. АФЗ (шт)/2/3-...	6. АФЗ (шт)/3/3-...	7. АОЗ (шт)/1/3-...	8. АОЗ (шт)/2/3-...	9. АОЗ (шт)/3/3-...
1	НН4+, (Т)-1/3-(0.940000, 5.8691667)	0.471	0.195		0.471	0.195		0.471	0.195	
2	НН4+, (Т)-2/3-(5.8691667, 23.4766667)	0.211	-0.064	-0.046		0.430	-0.046		0.430	
3	НН4+, (Т)-3/3-(23.4766667, 46.9700000)		-0.101	0.411	0.175		0.411	0.175		0.175
4	БПК, (Т)-1/3-(11.0900000, 48.2891667)	0.471	0.195		0.471	0.195		0.471	0.195	
5	БПК, (Т)-2/3-(48.2891667, 193.1566667)	0.175	0.393		0.175	0.393		0.175	0.393	
6	БПК, (Т)-3/3-(193.1566667, 492.7200000)			0.737			0.737			0.737
7	ВЗП-1/3-(2.8979167, 5.7958333)	0.958			0.464	0.188		0.464	0.188	
8	ВЗП-2/3-(5.7958333, 11.6550000)		0.435	-0.042		0.435	-0.042		0.435	
9	ВЗП-3/3-(11.6550000, 17.3875000)		-0.101	0.411	0.175		0.411	0.175		0.175
10	ВВ, (Т)-1/3-(10.1200000, 70.3100000)		0.689		0.471	0.195		0.471	0.195	
11	ВВ, (Т)-2/3-(70.3100000, 314.6600000)	0.669	-0.101		0.175	0.393		0.175	0.393	
12	ВВ, (Т)-3/3-(314.6600000, 863.5500000)			0.737			0.737			0.737
13	FE, (Т)-1/3-(0.1763900, 1.4352383)	0.471	0.195		0.471	0.195		0.471	0.195	
14	FE, (Т)-2/3-(1.4352383, 2.8704767)	0.464	0.188		0.464	0.188		0.464	0.188	
15	FE, (Т)-3/3-(2.8704767, 8.6114300)		-0.101	0.411		-0.101	0.411		-0.101	0.411
16	CD, МГКГ-1/3-(0.0625000, 0.1250000)	0.958			0.464	0.188		0.464	0.188	
17	CD, МГКГ-2/3-(0.1250000, 0.2500000)		0.508	-0.357	0.066	0.218	-0.357	0.066	0.218	

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. O3 (СЛУЧ.Л...	2. O3 (СЛУЧ.Л...	3. O3 (СЛУЧ.Л...	4. АФ3 (ШТ)1/3...	5. АФ3 (ШТ)2/3...	6. АФ3 (ШТ)3/3...	7. АФ3 (ШТ)1/3...	8. АФ3 (ШТ)2/3...	9. АФ3 (ШТ)3/3...
1	НН4+ (Т)1/3-(0.9400000, 5.8691667)	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	
2	НН4+ (Т)2/3-(5.8691667, 23.4766667)	0.257	-0.094	-0.067	-0.743	0.906	-0.067	-0.743	0.906	
3	НН4+ (Т)3/3-(23.4766667, 46.9700000)	-0.783	-0.152	0.876	0.217	-1.152	0.876	0.217	-1.152	
4	БПК (Т)1/3-(11.0900000, 48.2891667)	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	
5	БПК (Т)2/3-(48.2891667, 193.1566667)	0.217	0.848	-1.124	0.217	0.848	-1.124	0.217	0.848	
6	БПК (Т)3/3-(193.1566667, 492.7200000)	-0.743	-1.094	1.933	-0.743	-1.094	1.933	-0.743	-1.094	
7	ВЗП-1/3-(2.8979167, 5.7958333)	1.478	-0.768	-0.749	0.478	0.232	-0.749	0.478	0.232	
8	ВЗП-2/3-(5.7958333, 11.6550000)	-0.738	0.913	-0.060	-0.738	0.913	-0.060	-0.738	0.913	
9	ВЗП-3/3-(11.6550000, 17.3875000)	-0.783	-0.152	0.876	0.217	-1.152	0.876	0.217	-1.152	
10	ВВ (Т)1/3-(0.1200000, 70.3100000)	-0.517	1.239	-0.742	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	
11	ВВ (Т)2/3-(70.3100000, 314.6600000)	1.217	-0.152	-1.124	0.217	0.848	-1.124	0.217	0.848	
12	ВВ (Т)3/3-(314.6600000, 863.5500000)	-0.743	-1.094	1.933	-0.743	-1.094	1.933	-0.743	-1.094	
13	FE (Т)1/3-(0.1763900, 1.4352383)	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	-0.742	0.483	0.239	
14	FE (Т)2/3-(1.4352383, 2.8704767)	0.478	0.232	-0.749	0.478	0.232	-0.749	0.478	0.232	
15	FE (Т)3/3-(2.8704767, 8.6114300)	-0.783	-0.152	0.876	-0.783	-0.152	0.876	-0.783	-0.152	
16	CD, МГ/КГ-1/3-(0.0625000, 0.1250000)	1.478	-0.768	-0.749	0.478	0.232	-0.749	0.478	0.232	
17	CD, МГ/КГ-2/3-(0.1250000, 0.2500000)	-0.999	1.528	-0.435	0.001	0.528	-0.435	0.001	0.528	

Рисунок 11. Фрагменты моделей ABS, PRC2, INF1 и INF3 [21].

5.4. Решение задачи системной идентификации

Созданные системно-когнитивные модели адекватно отражают зависимости между значениями факторов и результатами их действия, выявленные на основе анализа обучающей выборки. На основе знания этих зависимостей можно решать задачу оценки результатов действия значений факторов для некоторой, более широкой чем обучающая выборка, генеральной совокупности, в которой действуют те же зависимости между значениями факторов и результатами их действия, что и в обучающей выборке.

В этой задаче на основе знания значений многих факторов устанавливается состояние объекта моделирования, которое в свою очередь описывается большим количеством показателей, поэтому эта задача называется задачей системной идентификации. Результаты решения этой задачи выводятся системой «Эйдос» в большом количестве различных выходных форм, перечень которых приведен на рисунке 12:

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

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

Рисунок 12. Наименования выходных форм системы «Эйдос» с результатами решения задачи системной идентификации

Первая из этих выходных форм приведена на рисунке 13:

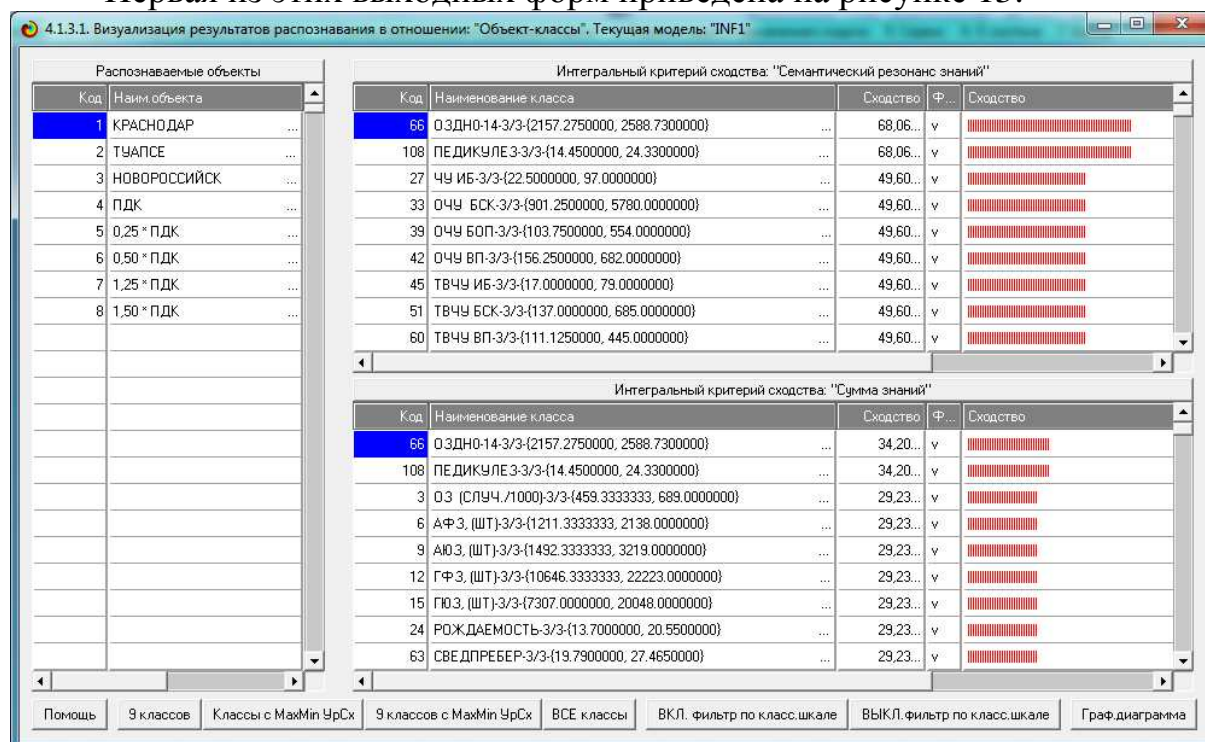


Рисунок 13. Результат решения задачи системной идентификации

5.5. Картографическая визуализация результатов идентификации (геокогнитивная система)

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий система «Эйдос» обеспечивают решение задач многопараметрической типизации, системной идентификации и картографической визуализации пространственно-распределенных природных, экологических и социально-экономических систем [25].

Пусть есть исходное облако точек с координатами (X, Y, Z) , для каждой из которых известны значения градаций описательных шкал номинального, порядкового или числового типа $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$. Тогда система «Эйдос» обеспечивает:

- 1) построение модели, содержащей обобщенные знания о силе и направлении влияния градаций описательных шкал на значения $Z=M(S)$;
- 2) оценку значения Z для точек (X, Y) , описанных в тех же описательных шкалах $S(s_1, s_2, \dots, s_n)$, но не входящих в исходное облако точек;
- 3) картографическую визуализацию пространственного распределения значений функции $Z=M(S)$ для точек, не входящих в исходное облако, с использованием триангуляции Делоне.

По сути это означает, что система «Эйдос» обеспечивает восстановление неизвестных значений функции по признакам аргумента и реализует это в универсальной постановке, не зависящей от предметной области.

Таким образом система «Эйдос» представляет собой «Геокогнитивную систему», т.к. обеспечивает преобразование исходных данных в информацию, а ее в знания и картографическую визуализацию этих знаний, в результате чего карта становится когнитивной графикой.

Эта возможность может быть использовано для количественной оценки степени пригодности микрзон для выращивания тех или иных культур, оценки экологической обстановки на тех или иных территориях по структуре и интенсивности антропогенной нагрузки, визуализации результатов прогнозирования землетрясений и рисков других нежелательных или чрезвычайных ситуаций, а также для решения многих других подобных по математической сути задач в самых различных предметных областях.

5.4. Исследование моделируемого объекта путем исследования его модели

Исследование моделируемого объекта путем исследования его моделей является корректным, если модель верно отражает моделируемый объект (а у нас это именно так) и включает:

- кластерно-конструктивный анализ классов и факторов;
- содержательное сравнение классов и факторов;
- изучение системы детерминации состояний моделируемого объекта (информационные портреты и SWOT-диаграммы);
- нелокальные нейроны и интерпретируемые нейронные сети прямого счета;
- построение классических когнитивных моделей (когнитивных карт);
- построение интегральных когнитивных моделей (интегральных когнитивных карт);
- построение прямых и обратных SWOT-диаграмм;
- построение когнитивных функций и т.д.

Используем те из этих возможностей, которые полезны для решения задачи, поставленной в работе, т.е. для выявления силы и направления влияния экологических и производственно-экономических факторов на здоровье населения.

5.4.1. Когнитивные диаграммы и кластерно-конструктивный анализ классов и значений факторов

Рассмотрим приведенную на рисунке 14 когнитивную диаграмму:

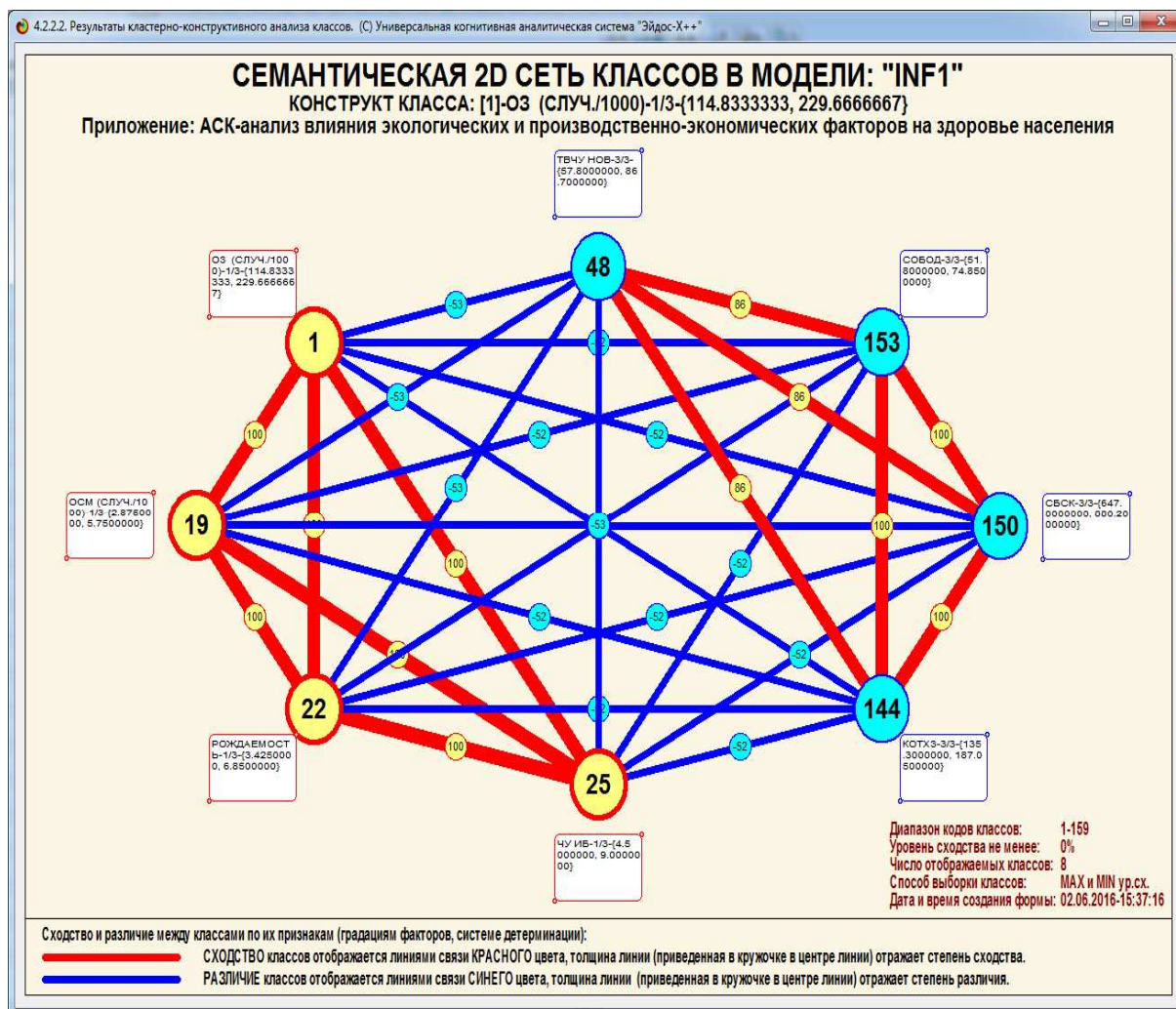


Рисунок 14. Сходство-различие некоторых показателей здоровья населения по системе обуславливающих их факторов

Из рисунка 10 видно, что низкая общая заболеваемость (код 1) по системе обуславливающих факторов сходства с низкой смертностью (код 19) (т.е. они находятся в одном кластере), и противоположна системе детерминации высокой смертности от болезней органов дыхания (код 153).

На приведенной когнитивной диаграмме мы видим два кластера:

- 1-й: классы с кодами: 1, 19, 22, 25;
- 2-й: классы с кодами: 48, 153, 150, 144;

И эти кластеры образуют противоположные по смыслу и системе детерминации полюса конструкта.

Аналогично, на рисунке 15 мы видим, два кластера, которые объединяют значения факторов, оказывающие сходное влияние на здоровье населения:

- это значения факторов с кодами: 1, 4, 13 и 28;
- значения факторов с кодами: 143, 156, 151 и 146.

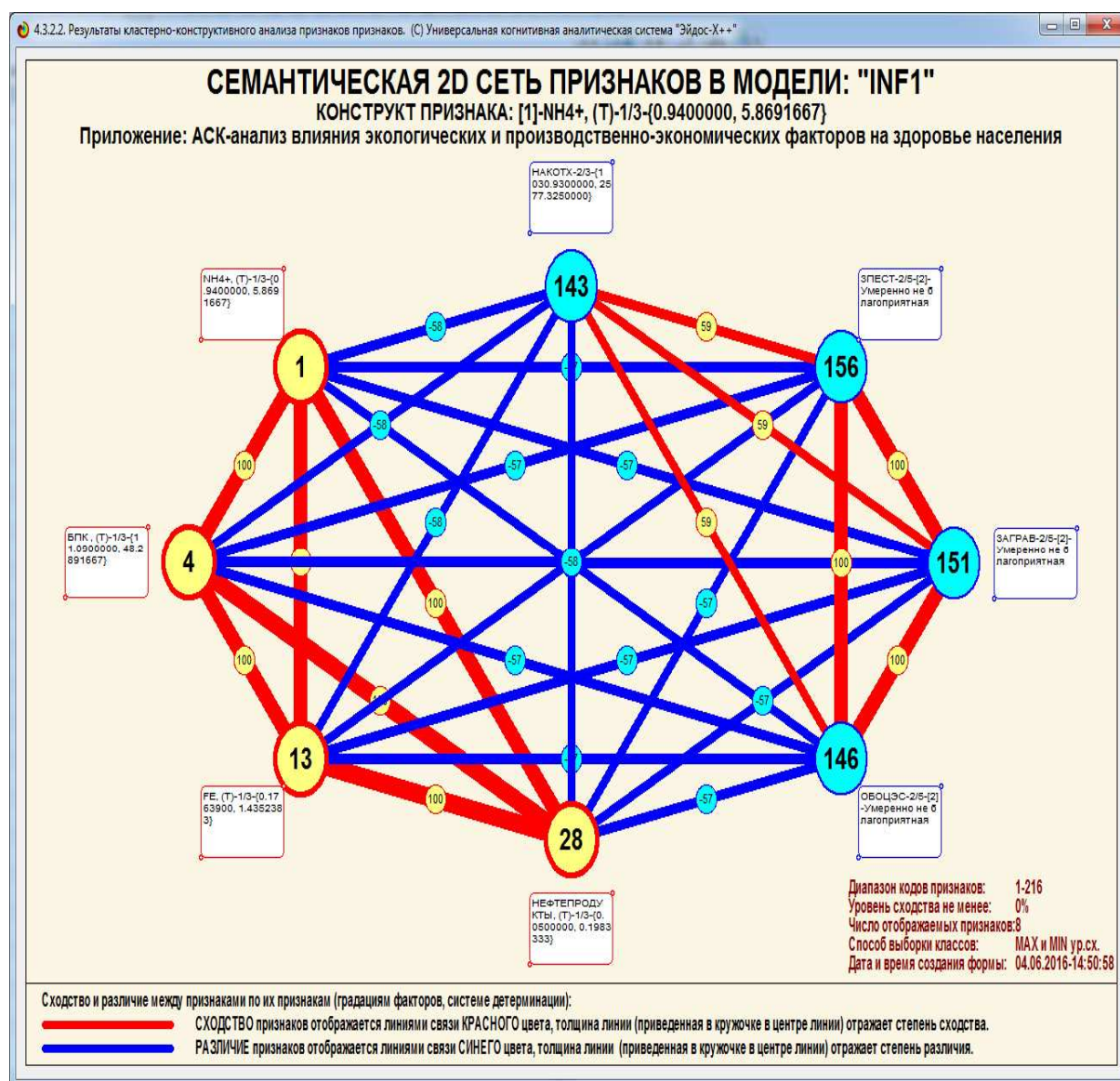


Рисунок 15. Сходство-различие значений факторов по их влиянию на здоровье населения

И эти кластеры значений факторов оказывают наиболее сильно отличающееся влияние на здоровье населения и образуют противоположные по смыслу полюса конструкта.

5.4.2. Нелокальные нейроны

На рисунке 16 система детерминации состояния: «Высокая смертность от болезней органов дыхания (код 153)» приведена в табличной форме и в графической форме нелокального нейрона:

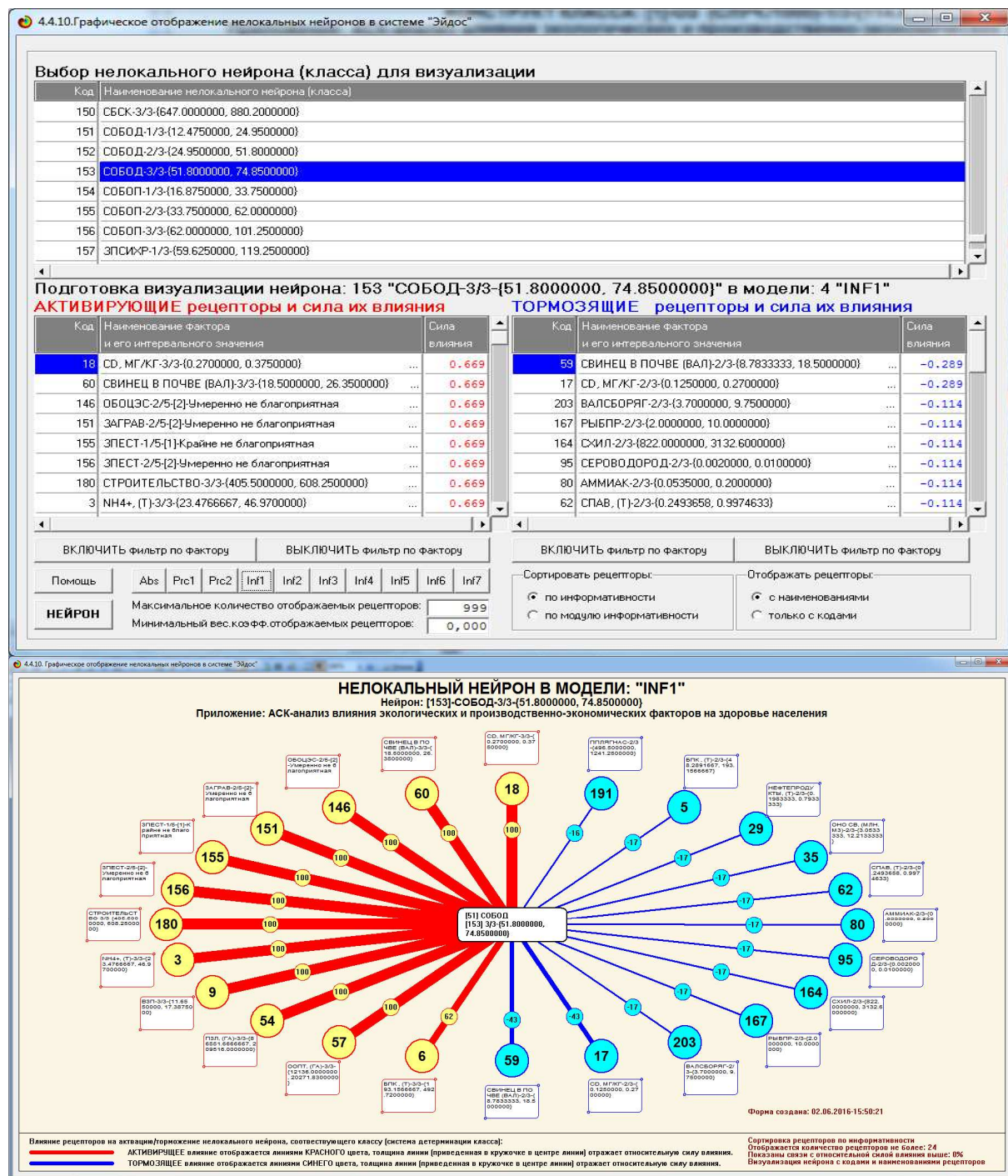


Рисунок 16. Система детерминации состояния: «Высокая смертность от болезней органов дыхания (код 153)»

В центре диаграммы изображено обозначение данного результата действия факторов. Названия факторов и их значений приведено по окружности. Сила и направление влияния факторов на этот результат изображены цветом и толщиной линий. Направление влияния отображено цветом: красный цвет обозначает факторы способствующие данному результату, а синим – препятствующие. Сила влияния факторов на данный результат обозначена толщиной линии. Формы получены в модели

INF1[21] непосредственно на основе эмпирических данных (т.е. данных мониторинга) без использования экспертных оценок.

5.4.3. SWOT-диаграммы

На рисунке 17 в табличной и графической форме в виде SWOT-диаграммы [5, 24] приведена система детерминации состояния: «Общая заболеваемость высокая» (код 3):

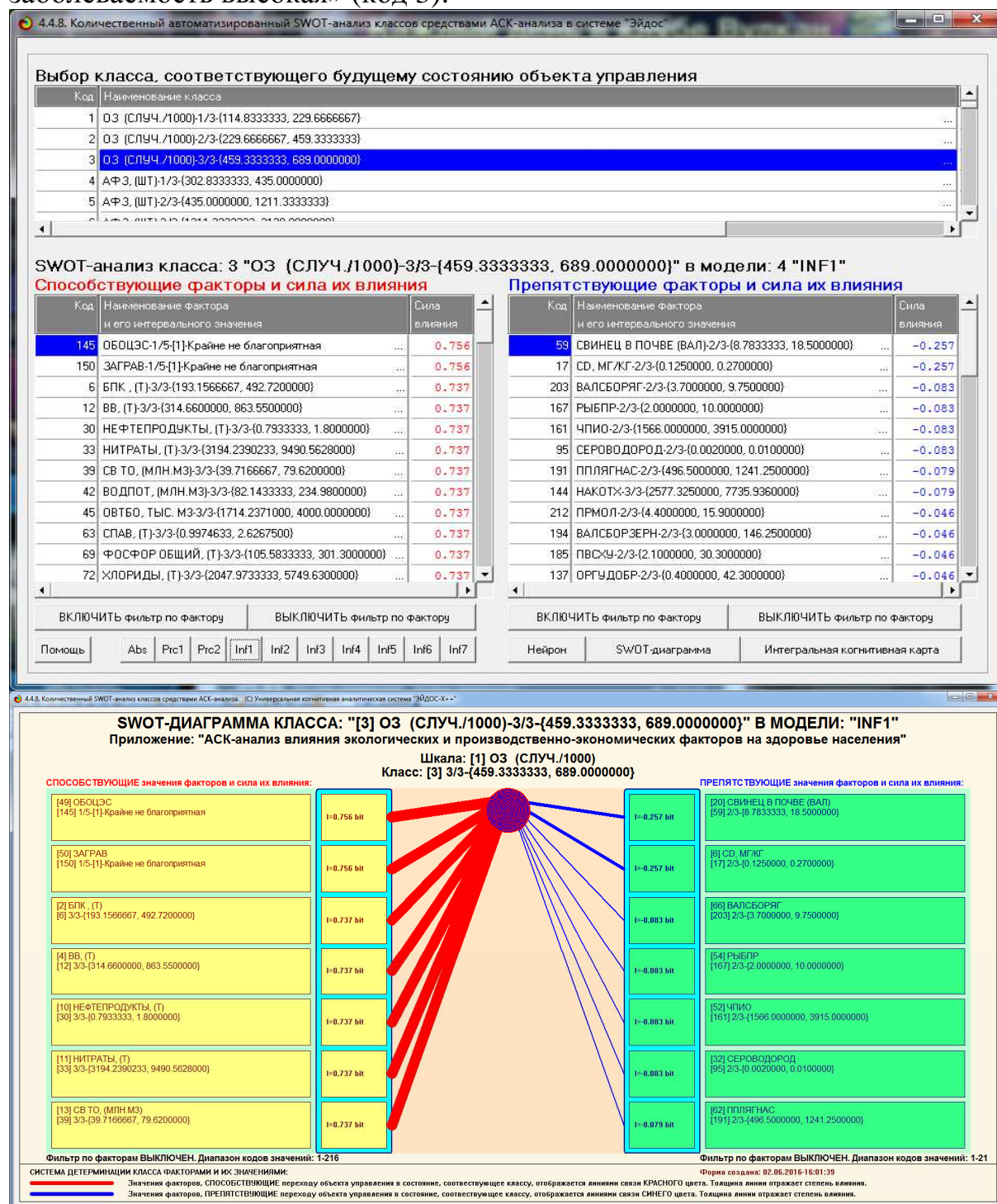


Рисунок 17. Система детерминации состояния: «Общая заболеваемость высокая» (код 3)

5.4.4. Инвертированные SWOT-диаграммы

На рисунке 18 в табличной и графической форме в виде инвертированной SWOT-диаграммы [5, 24] приведено описание силы и направления влияния значения фактора: «Высокое содержание азота аммонийного» (код 3) на состояния объекта моделирования:

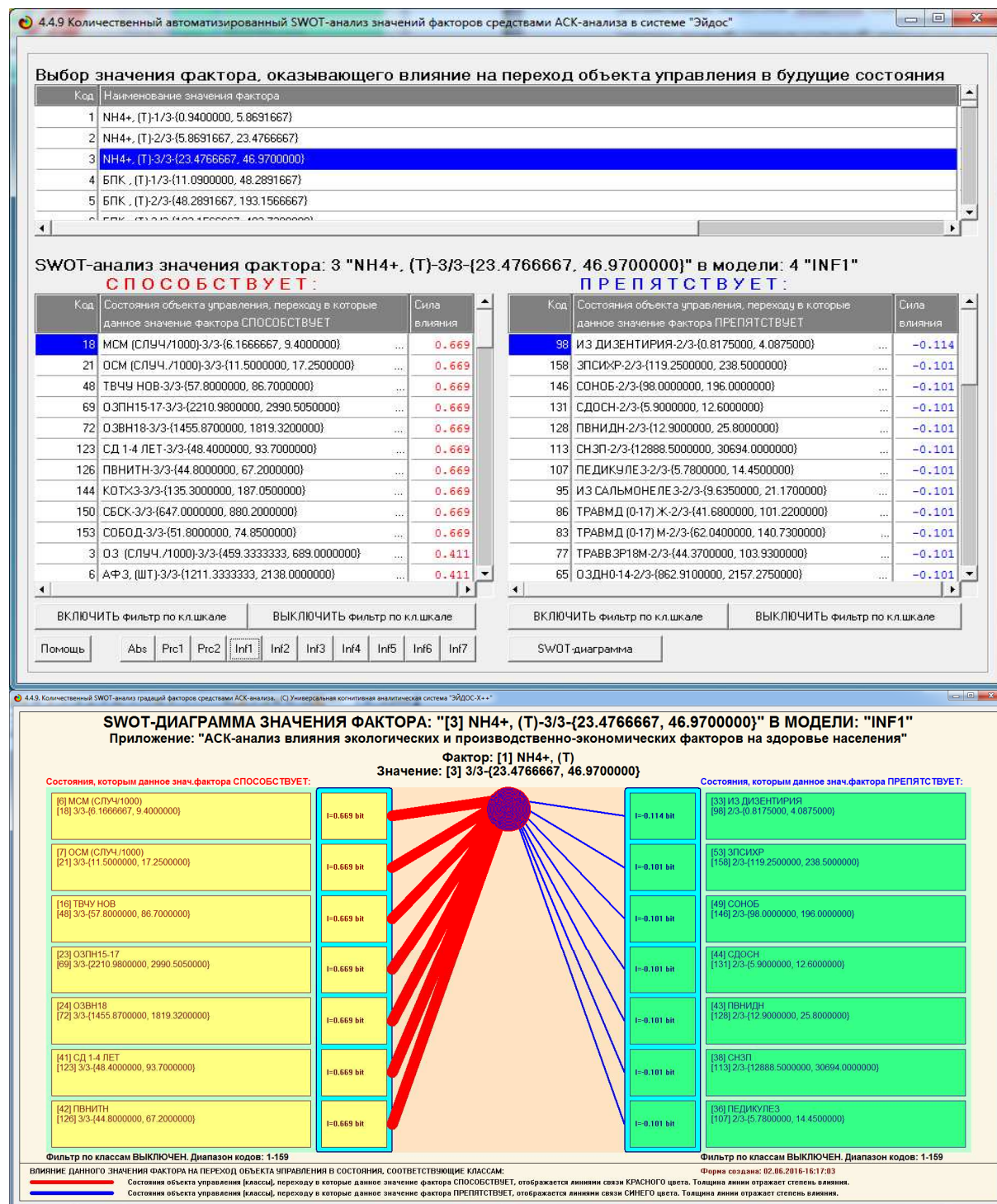


Рисунок 18. Сила и направление влияния значения фактора: «Высокое содержание азота аммонийного» (код 3) на состояния объекта моделирования:

5.4.5. Когнитивные функции

Когнитивные функции предложены автором (проф.Е.В.Луценко, 2005) [5, 6, 26, 27, 28] и являются обобщением абстрактных математических функций на основе теории информации. Они являются мощным средством наглядной визуализации причинно-следственных связей, выявленных в системно-когнитивной модели предметной области. На экранной форме, приведенной на рисунке 19, приведено пояснение режима визуализации когнитивных функций:

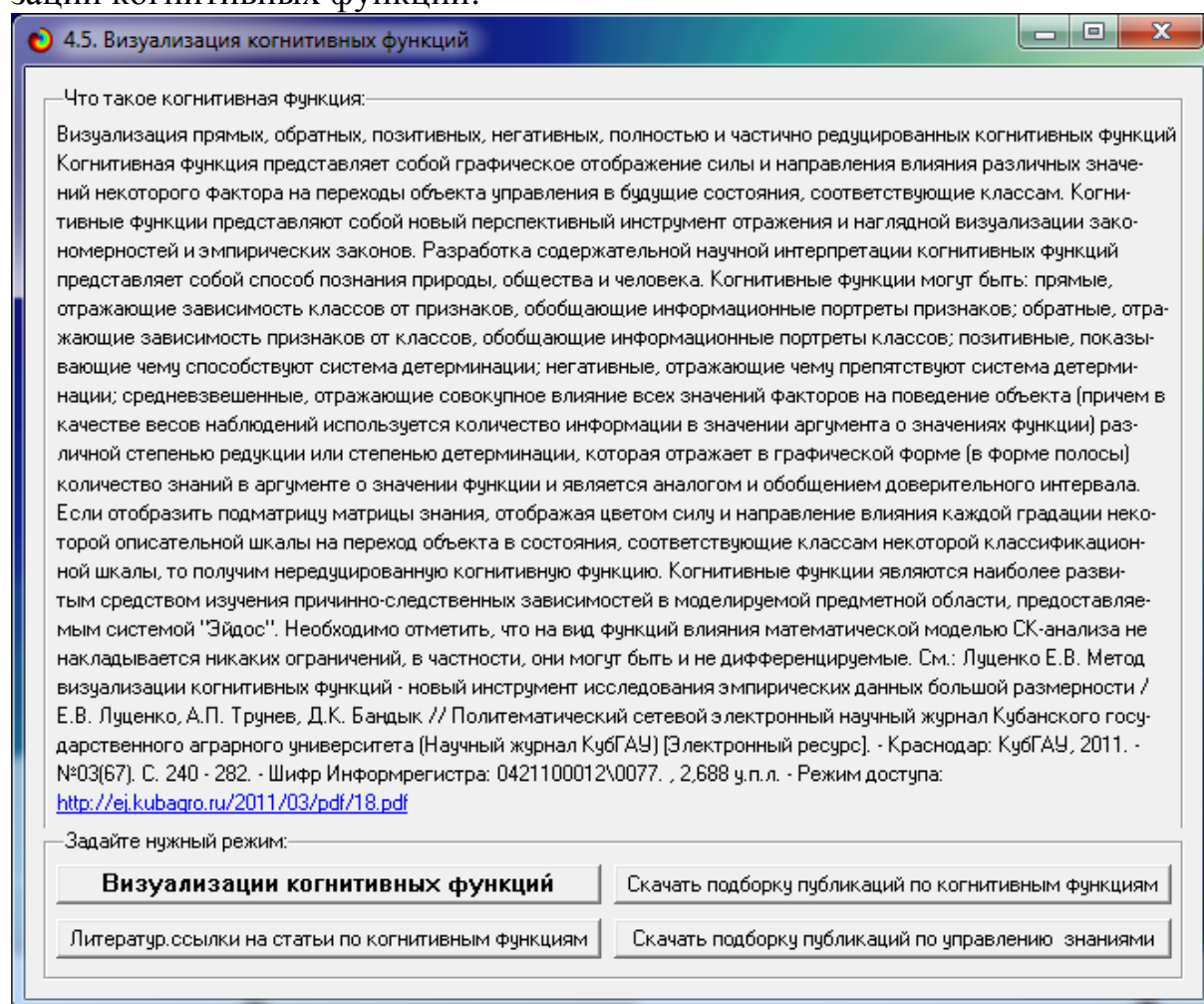


Рисунок 19. Пояснение режима визуализации когнитивных функций

На рисунках 20, 21 и 22 приведены примеры когнитивных функций, полученных на основе системно-когнитивной модели INF1. Всего в системно-когнитивных моделях, описанных в приведенном численном примере, используется 53 классификационных шкалы и 70 описательных шкал. Поэтому каждой модели получено $53 \times 70 = 3710$ когнитивных функций, некоторые из которых в уменьшенном виде приведены на рисунке 20.

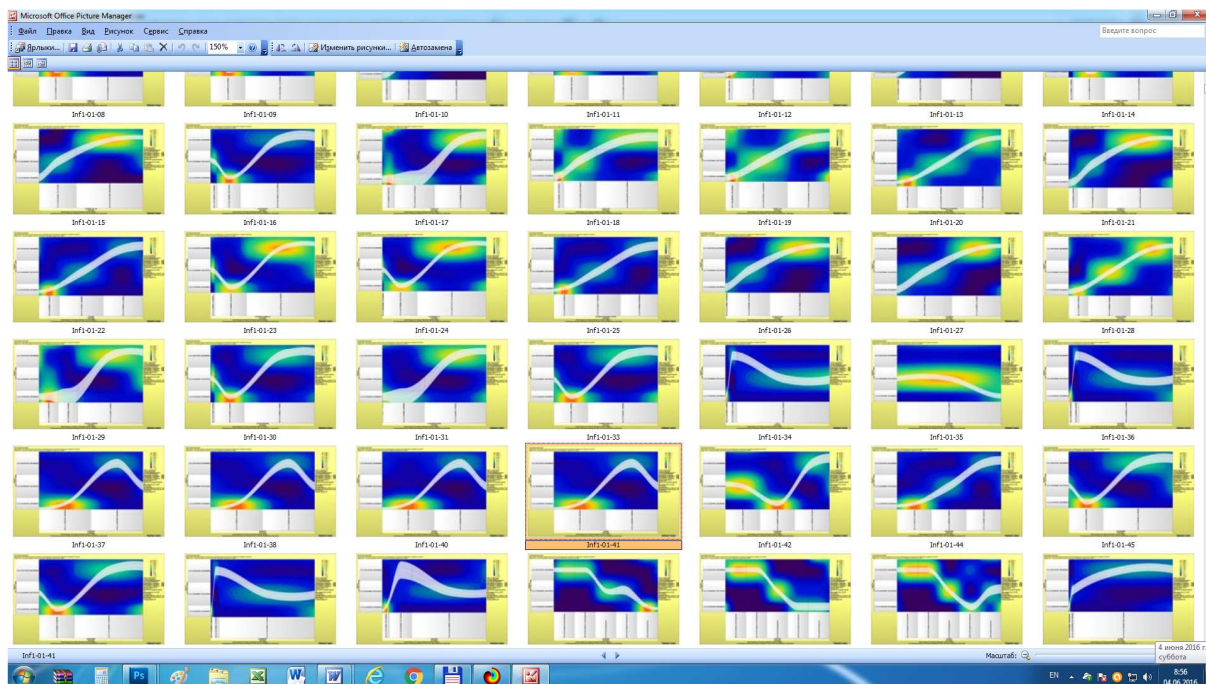


Рисунок 20. Уменьшенные изображения некоторых когнитивных функций полученные в системно-когнитивной модели INF1, отражающих влияние факторов на состояние объекта моделирования,

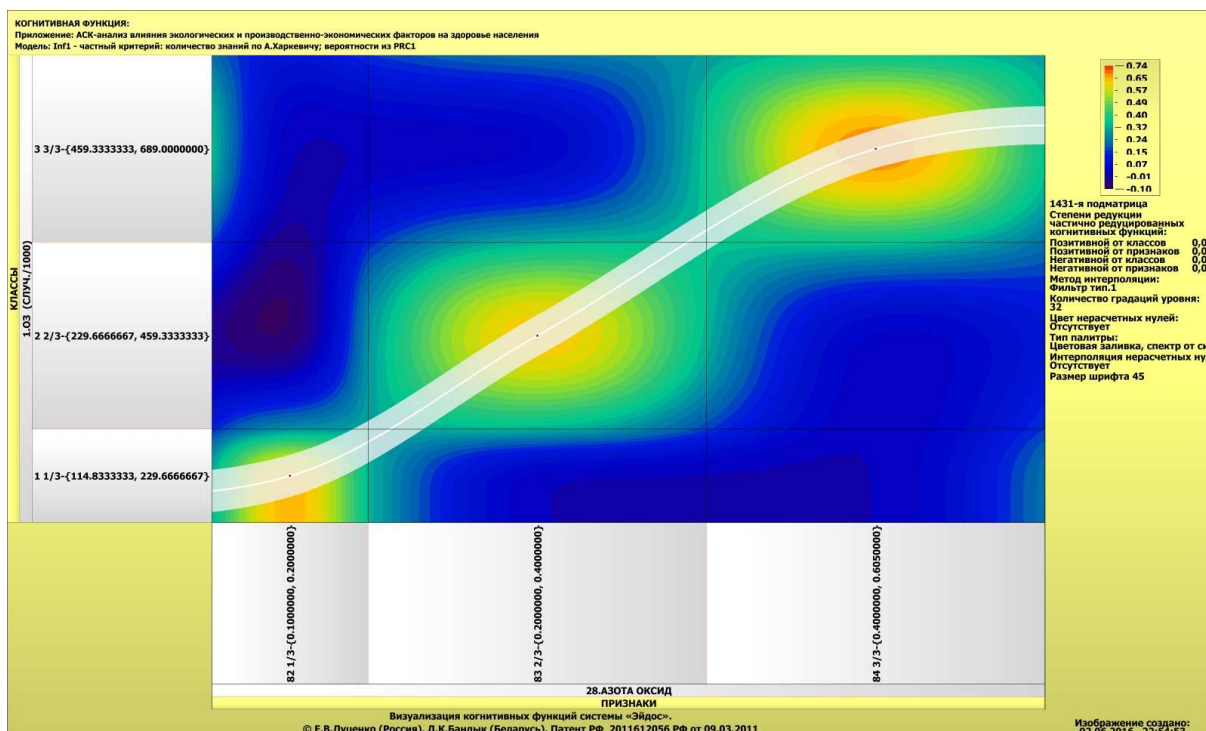


Рисунок 21. Пример когнитивной функции, полученной в системно-когнитивной модели INF1 и отражающей влияние фактора, измеряемого в числовой шкале, на состояние объекта моделирования

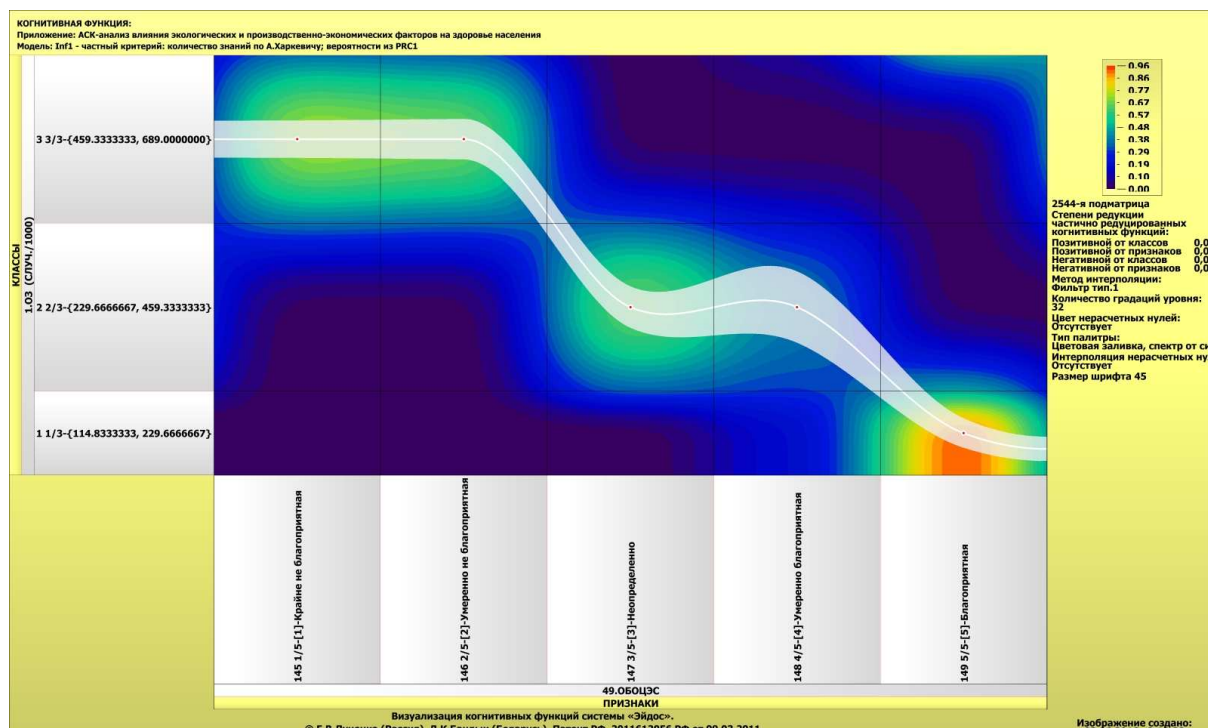


Рисунок 22. Пример когнитивной функции, полученной в системно-когнитивной модели INF1 и отражающей влияние фактора, измеряемого в текстовой порядковой шкале, на состояние объекта моделирования,

На рисунке 21 мы видим когнитивную функцию, отражающую влияние **фактора риска**: «Содержание оксида Азота» (код описательной шкалы – 28), *увеличение* значения которого приводит к *повышению* общей заболеваемости населения (код классификационной шкалы – 1).

На рисунке 22 мы видим когнитивную функцию, отражающую влияние **фактора безопасности**: «ОБОЦЭС – Обобщенная оценка экологической ситуации» (код описательной шкалы – 49), *увеличение* значения которого приводит к *понижению* общей заболеваемости населения (код классификационной шкалы – 1).

Как мы видим в АСК-анализе и системе «Эйдос» проблема размерности решается на единой научно-методологической основе без всяких искусственных приемов, вроде вычитания функции полезности из 1. Таким образом решается 2-я проблема традиционного подхода.

6. Выводы и рекомендации

Предлагается применить для создания феноменологических информационных моделей сложных эколого-социально-экономических систем новый универсальный инновационный метод искусственного интеллекта: автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – универсальную когнитивную аналитическую систему «Эйдос». В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечивающий непосредственный ввод в систему больших

объемов эмпирических данных из Excel-файла. *Система «Эйдос» непосредственно на основе эмпирических (экспериментальных) данных позволяет рассчитать количество информации о состояниях моделируемой системы в значениях действующих на нее факторов.*

Рассмотренный численный пример применения метода АСК-анализа и его программного инструментария системы «Эйдос-Х++» для моделирования сложной эколого-социально-экономической системы (ЭСЭС) позволяет сделать вывод о перспективности данного подхода и целесообразности развития исследований и разработок в данном направлении.

Оценки, полученные на основе созданных моделей, соответствуют экспертным ожиданиям, основанным на интуиции опыте и профессиональной компетенции. Вместе с тем необходимо отметить, что АСК-анализ и система «Эйдос» обеспечивают создание и применение для решения задач идентификации, прогнозирования и принятия решений *феноменологических* моделей объекта моделирования, отражающих взаимосвязь между входом и выходом системы и не рассматривающих ее внутреннюю структуру и то, каким конкретно образом действующие факторы обуславливают от или иной результат. Это отражается в *содержательных* моделях, которые могут быть созданы специалистами, хорошо разбирающимися в данной предметной области. Содержательная модель является объяснением причин и механизма действия закономерностей, отраженных в феноменологической модели. Феноменологическая модель может рассматриваться как первый этап разработки содержательной модели. С применением АСК-анализа и системы «Эйдос» феноменологические системно-когнитивные модели создаются достаточно просто и технологично. Это особенно ценно, если учесть, что разработка содержательных моделей обычно очень трудоемка. Кроме того разработка содержательных моделей таких суперсложных многофакторных систем как ЭСЭС вообще проблематично.

Материалы данной статьи и предлагаемый в ней подход могут быть использованы при преподавании дисциплин: интеллектуальные системы; инженерия знаний и интеллектуальные системы; интеллектуальные технологии и представление знаний; представление знаний в интеллектуальных системах; основы интеллектуальных систем; введение в нейроматематику и методы нейронных сетей; основы искусственного интеллекта; интеллектуальные технологии в науке и образовании; управление знаниями; автоматизированный системно-когнитивный анализ и интеллектуальная система «Эйдос»; которые автор ведет в настоящее время⁸, а также и в других дисциплинах, связанных с преобразованием данных в информацию, а ее – в знания и применением этих знаний для решения задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой пред-

⁸ http://lc.kubagro.ru/My_training_schedule.doc

метной области (а это практически все дисциплины во всех областях науки). Этим и другим применениям должно способствовать и то, что система «Эйдос» находится в полном открытом бесплатном доступе (причем с подробно комментированными открытыми исходными текстами) на сайте автора по адресу: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>.

5.4.6. Ценность факторов и их значений

Выше в разделе: «4.5.8. Решение 3-й проблемы» мы писали, что *естественной количественной мерой ценности значения фактора для идентификации состояния объекта моделирования является вариабельность количества информации в значении фактора о принадлежности объекта к различным классам.*

Существует несколько количественных мер вариабельности: средний модуль отклонения от среднего, дисперсия, среднеквадратичное отклонение и другие. В АСК-анализе и системе «Эйдос» в качестве количественной меры ценности значения фактора для идентификации состояния объекта и используется среднеквадратичное отклонение вариабельности количества информации в значении фактора о принадлежности объекта к различным классам, чем решается 3-я проблема традиционного подхода.

Режим 3.7.5 системы «Эйдос» (рисунок 23) позволяет вывести Парето-кривая значимости градаций описательных шкал, а режим 3.7.4 – кривую значимости описательных шкал:

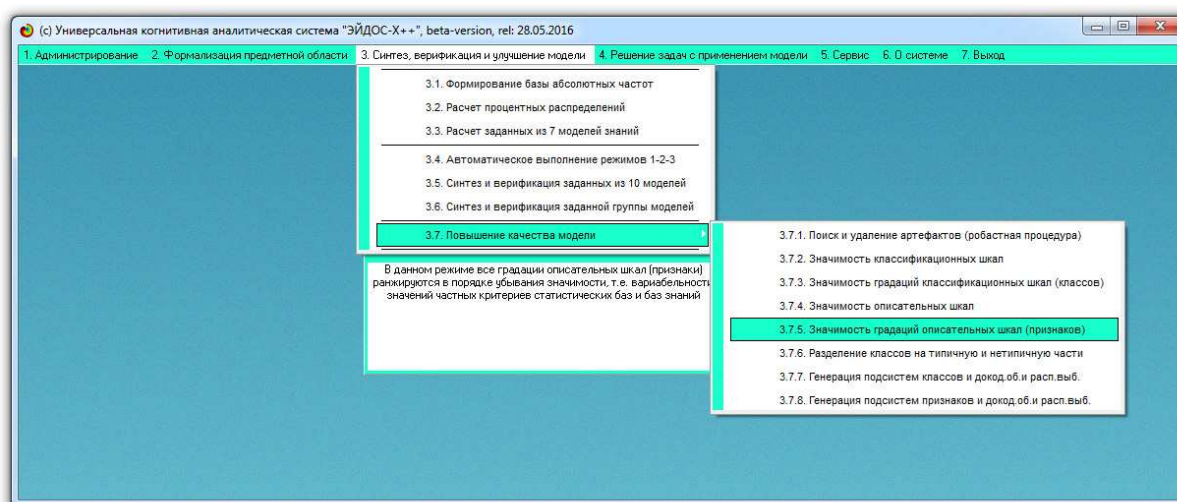


Рисунок 23. Экранная форма запуска режима 3.7.5 системы «Эйдос»

На рисунке 24 и в таблице 8 приведена Парето-кривая значимости значений факторов в системно-когнитивной модели INF4 [21]:

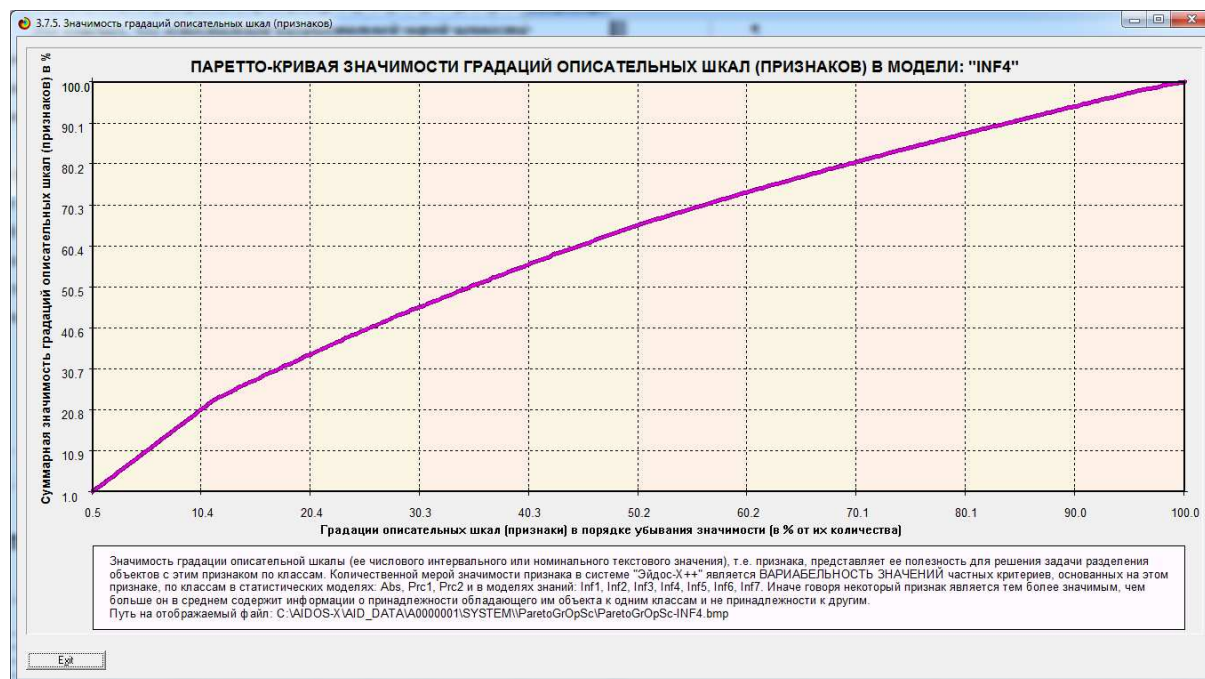


Рисунок 24. Парето-кривая значимости значений факторов в системно-когнитивной модели INF4 (режим 3.7.5 системы «Эйдос»)

Таблица 8 – Рейтинг значимости градаций факторов в системно-когнитивной модели INF4 (фрагмент)

№ п/п	№ п/п (%)	Код градации фактора	Наименование значения фактора	Код градации фактора	Значимость градации фактора	Значимость градации фактора нар. итогом	Значимость градации фактора (%)	Значимость градации фактора (% нар. итогом)
1	0,5	149	ОБОЦЭС-5/5-[5]-Благоприятная	49	1,3	1,3	1,0	1,0
2	0,9	7	ВЗГП-1/3-{2.8979167, 5.7958333}	3	1,2	2,6	0,9	1,9
3	1,4	16	СД, МГ/КГ-1/3-{0.0625000, 0.1250000}	6	1,2	3,8	0,9	2,8
4	1,9	23	КВПО, (Т)-2/3-{10.4180000, 191.6538333}	8	1,2	5,0	0,9	3,8
5	2,3	47	СР (МЛН.МЗ)-2/3-{914.3000000, 2442.1083333}	16	1,2	6,3	0,9	4,7
6	2,8	58	СВИНЕЦ В ПОЧВЕ (ВАЛ)-1/3-{4.3916667, 8.7833333}	20	1,2	7,5	0,9	5,6
7	3,2	64	УКИЗВ-1/3-{0.8658333, 1.7316667}	22	1,2	8,8	0,9	6,5
8	3,7	73	ЦИНК В ПОЧВЕ(ВАЛ), (МГ/КГ)-1/3-{16.0833333, 32.1666667}	25	1,2	10,0	0,9	7,5
9	4,2	100	ПУ-1/3-{0.0750000, 0.1500000}	34	1,2	11,3	0,9	8,4
10	4,6	106	ТОЛУОЛ-1/3-{0.0100000, 0.0200000}	36	1,2	12,5	0,9	9,3
11	5,1	109	ЖЕЛЕЗО-1/3-{0.0002500, 0.0005000}	37	1,2	13,7	0,9	10,2
12	5,6	112	НИКЕЛЬ-1/3-{0.0000750, 0.0001500}	38	1,2	15,0	0,9	11,2
13	6,0	118	ЦИНК-1/3-{0.0001000, 0.0002000}	40	1,2	16,2	0,9	12,1
14	6,5	121	МЕДЬ-1/3-{0.0001000, 0.0002000}	41	1,2	17,5	0,9	13,0
15	6,9	130	МАРГАНЕЦ-1/3-{0.0002472, 0.0004944}	44	1,2	18,7	0,9	14,0
16	7,4	139	ОБОБРОТХ-1/3-{0.0690000, 0.1380000}	47	1,2	19,9	0,9	14,9
17	7,9	142	НАКОТХ-1/3-{515.4650000, 1030.9300000}	48	1,2	21,2	0,9	15,8
18	8,3	160	ЧПИО-1/3-{783.0000000, 1566.0000000}	52	1,2	22,4	0,9	16,7
19	8,8	172	ОБРПРОИЗ-1/3-{61.7000000, 123.4000000}	56	1,2	23,7	0,9	17,7
20	9,3	175	ПРАСЭГВ-1/3-{4.8250000, 9.6500000}	57	1,2	24,9	0,9	18,6
21	9,7	178	СТРОИТЕЛЬСТВО-1/3-{101.3750000, 202.7500000}	58	1,2	26,1	0,9	19,5
22	10,2	181	ОРТИРУ-1/3-{238.2500000, 476.5000000}	59	1,2	27,4	0,9	20,4
23	10,6	188	ПВИННАС-2/3-{83.0000000, 279.5000000}	61	1,2	28,6	0,9	21,4
24	11,1	190	ППЛЯГНАС-1/3-{248.2500000, 496.5000000}	62	1,2	29,9	0,9	22,3
25	11,6	214	ОРТОРГ-1/3-{6073.2500000, 12146.5000000}	70	1,2	31,1	0,9	23,2
26	12,0	147	ОБОЦЭС-3/5-[3]-Неопределенно	49	0,9	32,0	0,7	23,9
27	12,5	152	ЗАГРАВ-3/5-[3]-Неопределенно	50	0,9	32,8	0,7	24,5
28	13,0	157	ЗПЕСТ-3/5-[3]-Неопределенно	51	0,9	33,7	0,7	25,2
29	13,4	155	ЗПЕСТ-1/5-[1]-Крайне не благоприятная	51	0,8	34,5	0,6	25,8
30	13,9	146	ОБОЦЭС-2/5-[2]-Умеренно не благоприятная	49	0,8	35,3	0,6	26,3
31	14,4	151	ЗАГРАВ-2/5-[2]-Умеренно не благоприятная	50	0,8	36,1	0,6	26,9
32	14,8	156	ЗПЕСТ-2/5-[2]-Умеренно не благоприятная	51	0,8	36,9	0,6	27,5
33	15,3	89	СЕРЫ ДИОКСИД-2/3-{0.0448000, 0.2500000}	30	0,8	37,6	0,6	28,1
34	15,7	98	ВЗВЕШЕННЫЕ В-ВА-2/3-{0.0570000, 2.5000000}	33	0,8	38,4	0,6	28,6
35	16,2	104	БЕНЗОЛ-2/3-{0.1000000, 0.3000000}	35	0,8	39,1	0,6	29,2

36	16,7	116	КАДМИЙ-2/3-{0.0000088, 0.0015000}	39	0,8	39,9	0,6	29,8
37	17,1	125	КОБАЛЬТ-2/3-{0.0000925, 0.0005000}	42	0,8	40,6	0,6	30,3
38	17,6	128	СВИНЕЦ-2/3-{0.0004299, 0.0050000}	43	0,8	41,4	0,6	30,9
39	18,1	134	МИНУДОБР-2/3-{0.2000000, 29.8000000}	45	0,8	42,2	0,6	31,5
40	18,5	137	ОРГУДОБР-2/3-{0.4000000, 42.3000000}	46	0,8	42,9	0,6	32,0
41	19,0	185	ПВСХУ-2/3-{2.1000000, 30.3000000}	60	0,8	43,7	0,6	32,6
42	19,4	194	ВАЛСБОРЗЕРН-2/3-{3.0000000, 146.2500000}	63	0,8	44,4	0,6	33,2
43	19,9	212	ПРМОЛ-2/3-{4.4000000, 15.9000000}	69	0,8	45,2	0,6	33,7
44	20,4	83	АЗОТА ОКСИД-2/3-{0.2000000, 0.4000000}	28	0,8	45,9	0,6	34,3
45	20,8	173	ОБПРОИЗ-2/3-{123.4000000, 246.8000000}	56	0,8	46,7	0,6	34,8
46	21,3	176	ПРАСЭГВ-2/3-{9.6500000, 23.0000000}	57	0,8	47,5	0,6	35,4
47	21,8	179	СТРОИТЕЛЬСТВО-2/3-{202.7500000, 405.5000000}	58	0,8	48,2	0,6	36,0
48	22,2	182	ОРТИРУ-2/3-{476.5000000, 953.0000000}	59	0,8	49,0	0,6	36,5
49	22,7	215	ОРТОРГ-2/3-{12146.5000000, 28052.0000000}	70	0,8	49,7	0,6	37,1
50	23,1	145	ОБОЦЭС-1/5-[1]-Крайне не благоприятная	49	0,8	50,5	0,6	37,7
51	23,6	150	ЗАГРАВ-1/5-[1]-Крайне не благоприятная	50	0,8	51,2	0,6	38,2
52	24,1	82	АЗОТА ОКСИД-1/3-{0.1000000, 0.2000000}	28	0,7	52,0	0,5	38,8
53	24,5	11	ВВ, (Т)-2/3-{70.3100000, 314.6600000}	4	0,7	52,7	0,5	39,3
54	25,0	26	КВУО, (Т)-2/3-{10.3580000, 382.5720000}	9	0,7	53,4	0,5	39,8
55	25,5	32	НИТРАТЫ, (Т)-2/3-{73.3476400, 3194.2390233}	11	0,7	54,1	0,5	40,3
56	25,9	41	ВОДПОТ, (МЛН.МЗ)-2/3-{11.1900000, 82.1433333}	14	0,7	54,8	0,5	40,9
57	26,4	68	ФОСФОР ОБЩИЙ, (Т)-2/3-{14.2900000, 105.5833333}	23	0,7	55,5	0,5	41,4
58	26,9	71	ХЛОРИДЫ, (Т)-2/3-{233.3300000, 2047.9733333}	24	0,7	56,2	0,5	41,9
59	27,3	206	ВАЛСБОРВИН-2/3-{724.0000000, 4852.3000000}	67	0,7	56,9	0,5	42,5
60	27,8	18	СД, МГ/КГ-3/3-{0.2700000, 0.3750000}	6	0,7	57,6	0,5	43,0
61	28,2	60	СВИНЕЦ В ПОЧВЕ (ВАЛ)-3/3-{18.5000000, 26.3500000}	20	0,7	58,3	0,5	43,5
62	28,7	180	СТРОИТЕЛЬСТВО-3/3-{405.5000000, 608.2500000}	58	0,7	59,0	0,5	44,0
63	29,2	6	БПК, (Т)-3/3-{193.1566667, 492.7200000}	2	0,6	59,7	0,5	44,5
64	29,6	12	ВВ, (Т)-3/3-{314.6600000, 863.5500000}	4	0,6	60,3	0,5	45,0
65	30,1	30	НЕФТЕПРОДУКТЫ, (Т)-3/3-{0.7933333, 1.8000000}	10	0,6	61,0	0,5	45,5
66	30,6	33	НИТРАТЫ, (Т)-3/3-{3194.2390233, 9490.5628000}	11	0,6	61,6	0,5	46,0
67	31,0	39	СВ ТО, (МЛН.МЗ)-3/3-{39.7166667, 79.6200000}	13	0,6	62,3	0,5	46,5
68	31,5	42	ВОДПОТ, (МЛН.МЗ)-3/3-{82.1433333, 234.9800000}	14	0,6	62,9	0,5	46,9
69	31,9	45	ОВТБО, ТЫС. МЗ-3/3-{1714.2371000, 4000.0000000}	15	0,6	63,6	0,5	47,4
70	32,4	63	СПАВ, (Т)-3/3-{0.9974633, 2.6267500}	21	0,6	64,2	0,5	47,9
71	32,9	69	ФОСФОР ОБЩИЙ, (Т)-3/3-{105.5833333, 301.3000000}	23	0,6	64,9	0,5	48,4
72	33,3	72	ХЛОРИДЫ, (Т)-3/3-{2047.9733333, 5749.6300000}	24	0,6	65,5	0,5	48,9
73	33,8	78	ЧН(ТЫС.ЧЕЛ)-3/3-{445.2400000, 893.3470000}	26	0,6	66,2	0,5	49,4
74	34,3	81	АММИАК-3/3-{0.2000000, 0.3285000}	27	0,6	66,8	0,5	49,9
75	34,7	84	АЗОТА ОКСИД-3/3-{0.4000000, 0.6050000}	28	0,6	67,5	0,5	50,3
76	35,2	198	ВАЛСБОРКАРТ-3/3-{13.7000000, 20.5500000}	64	0,6	68,1	0,5	50,8
77	35,6	201	ВАЛСОВ-3/3-{17.4000000, 37.0000000}	65	0,6	68,8	0,5	51,3
78	36,1	19	КВБО, (Т)-1/3-{3.9390000, 4.1181667}	7	0,6	69,4	0,5	51,8
79	36,6	37	СВ ТО, (МЛН.МЗ)-1/3-{9.9291667, 11.2700000}	13	0,6	70,0	0,5	52,3
80	37,0	43	ОВТБО, ТЫС. МЗ-1/3-{428.5592750, 440.5000000}	15	0,6	70,7	0,5	52,7
81	37,5	49	ЗПП, (ГА)-1/3-{2.8400000, 46.4033333}	17	0,6	71,3	0,5	53,2
82	38,0	76	ЧН(ТЫС.ЧЕЛ)-1/3-{111.3100000, 129.0660000}	26	0,6	72,0	0,5	53,7
83	38,4	154	ЗАГРАВ-5/5-[5]-Благоприятная	50	0,6	72,6	0,5	54,2
84	38,9	166	РЫБПР-1/3-{2.0000000, 2.0000000}	54	0,6	73,2	0,5	54,6
85	39,4	169	ДПИ-1/3-{3.0750000, 6.0000000}	55	0,6	73,9	0,5	55,1
86	39,8	196	ВАЛСБОРКАРТ-1/3-{1.9000000, 3.4250000}	64	0,6	74,5	0,5	55,6
87	40,3	199	ВАЛСОВ-1/3-{2.5000000, 4.3500000}	65	0,6	75,1	0,5	56,1
88	40,7	208	ПРЯИЦ-1/3-{4.6000000, 7.9500000}	68	0,6	75,8	0,5	56,5
89	41,2	10	ВВ, (Т)-1/3-{10.1200000, 70.3100000}	4	0,6	76,4	0,4	57,0
90	41,7	31	НИТРАТЫ, (Т)-1/3-{18.8066300, 73.3476400}	11	0,6	77,0	0,4	57,4
91	42,1	40	ВОДПОТ, (МЛН.МЗ)-1/3-{0.2600000, 11.1900000}	14	0,6	77,6	0,4	57,9
92	42,6	46	СР (МЛН.МЗ)-1/3-{461.6900000, 914.3000000}	16	0,6	78,2	0,4	58,3
93	43,1	67	ФОСФОР ОБЩИЙ, (Т)-1/3-{1.1600000, 14.2900000}	23	0,6	78,8	0,4	58,8
94	43,5	70	ХЛОРИДЫ, (Т)-1/3-{160.9600000, 233.3300000}	24	0,6	79,3	0,4	59,2
95	44,0	88	СЕРЫ ДИОКСИД-1/3-{0.0173000, 0.0448000}	30	0,6	79,9	0,4	59,7
96	44,4	97	ВЗВЕШЕННЫЕ В-ВА-1/3-{0.0453000, 0.0570000}	33	0,6	80,5	0,4	60,1
97	44,9	103	БЕНЗОЛ-1/3-{0.1000000, 0.1000000}	35	0,6	81,1	0,4	60,5
98	45,4	115	КАДМИЙ-1/3-{0.0000042, 0.0000088}	39	0,6	81,7	0,4	61,0
99	45,8	124	КОБАЛЬТ-1/3-{0.0000725, 0.0000925}	42	0,6	82,3	0,4	61,4
100	46,3	127	СВИНЕЦ-1/3-{0.0002566, 0.0004299}	43	0,6	82,9	0,4	61,9
101	46,8	133	МИНУДОБР-1/3-{0.0001000, 0.2000000}	45	0,6	83,5	0,4	62,3
102	47,2	136	ОРГУДОБР-1/3-{0.0001000, 0.4000000}	46	0,6	84,1	0,4	62,8
103	47,7	184	ПВСХУ-1/3-{0.5000000, 2.1000000}	60	0,6	84,7	0,4	63,2
104	48,1	193	ВАЛСБОРЗЕРН-1/3-{0.2000000, 3.0000000}	63	0,6	85,3	0,4	63,6
105	48,6	211	ПРМОЛ-1/3-{2.9000000, 4.4000000}	69	0,6	85,9	0,4	64,1
106	49,1	162	ЧПИО-3/3-{3915.0000000, 58837.0000000}	52	0,6	86,5	0,4	64,5
107	49,5	168	РЫБПР-3/3-{10.0000000, 61.0000000}	54	0,6	87,0	0,4	64,9
108	50,0	161	ЧПИО-2/3-{1566.0000000, 3915.0000000}	52	0,5	87,6	0,4	65,3

Из приведенных рисунка и таблицы видно, что 10% значений факторов суммарно обеспечивают 20% значимости (выделено светло-желтым фоном), 50% значимости обеспечиваются 35% значений факторов (выде-

лено светло-зеленым фоном), а 50% значений факторов обеспечивают 65% значимости (выделено ярко-голубым фоном). При увеличении объема данных различие между наименее и наиболее значимыми значениям факторов возрастает. Это значит, что в модели, созданной на основе пилотного исследования, можно оставить, например, 10% наиболее ценных для решения задач значений факторов, которые суммарно обеспечат 90% суммарной значимости первоначальной модели.

Отметим, что ценность фактора рассчитывается как среднее ценностей его градаций (рисунок 25 и таблица 9):

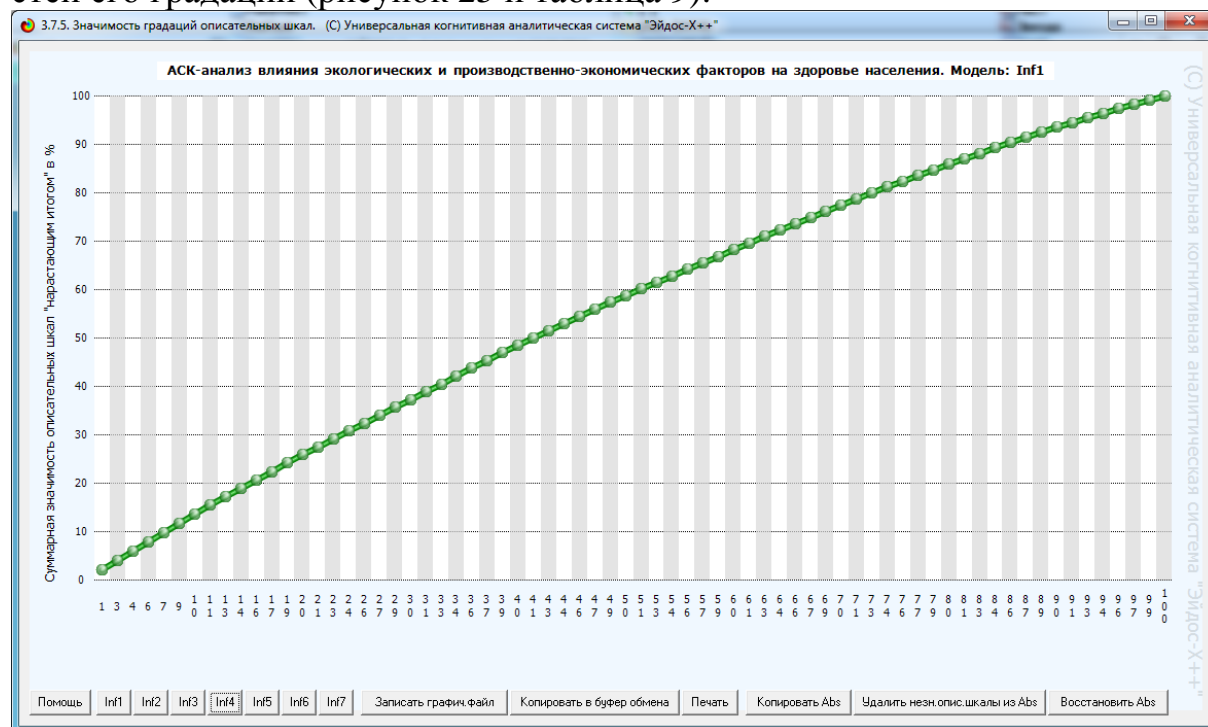


Рисунок 25. Парето-кривая значимости факторов в системно-когнитивной модели INF1 (режим 3.7.4 системы «Эйдос»)

Таблица 9 – Рейтинг значимости описательных шкал в системно-когнитивной модели INF4

№ п/п	№ п/п (%)	Код фактора	Наименование значения фактора	Значимость фактора	Значимость фактора нар. итогом	Значимость фактора (%)	Значимость фактора (% нар. итогом)
1	1,4	58	СТРОИТЕЛЬСТВО	0,9	0,9	2,1	2,1
2	2,9	56	ОБРПРОИЗ	0,8	1,7	1,9	4,0
3	4,3	57	ПРАСЭГВ	0,8	2,6	1,9	5,9
4	5,7	59	ОРТИРУ	0,8	3,4	1,9	7,9
5	7,1	70	ОРТОРГ	0,8	4,2	1,9	9,8
6	8,6	49	ОБОЦЭС	0,8	5,0	1,9	11,7
7	10,0	6	СД, МГ/КГ	0,8	5,9	1,9	13,5
8	11,4	20	СВИНЕЦ В ПОЧВЕ (ВАЛ)	0,8	6,7	1,9	15,4
9	12,9	52	ЧПИО	0,8	7,5	1,8	17,2
10	14,3	16	СР (МЛН.МЗ)	0,7	8,2	1,7	19,0
11	15,7	22	УКИЗВ	0,7	8,9	1,7	20,7
12	17,1	25	ЦИНК В ПОЧВЕ(ВАЛ), (МГ/КГ)	0,7	9,7	1,7	22,4
13	18,6	44	МАРГАНЕЦ	0,7	10,4	1,7	24,2
14	20,0	3	ВЗП	0,7	11,2	1,7	25,9
15	21,4	28	АЗОТА ОКСИД	0,7	11,9	1,6	27,5
16	22,9	34	ПУ	0,7	12,6	1,6	29,1

17	24,3	36	ТОЛУОЛ	0,7	13,3	1,6	30,8
18	25,7	37	ЖЕЛЕЗО	0,7	14,0	1,6	32,4
19	27,1	38	НИКЕЛЬ	0,7	14,7	1,6	34,0
20	28,6	40	ЦИНК	0,7	15,4	1,6	35,6
21	30,0	41	МЕДЬ	0,7	16,1	1,6	37,3
22	31,4	47	ОБОБРОТХ	0,7	16,8	1,6	38,9
23	32,9	48	НАКОТХ	0,7	17,5	1,6	40,5
24	34,3	50	ЗАГРАВ	0,7	18,2	1,6	42,1
25	35,7	8	КВПО, (Т)	0,7	18,9	1,6	43,8
26	37,1	61	ПВИННАС	0,7	19,6	1,6	45,4
27	38,6	62	ППЛЯГНАС	0,7	20,3	1,6	47,0
28	40,0	51	ЗПЕСТ	0,7	21,0	1,5	48,5
29	41,4	4	ВВ, (Т)	0,7	21,6	1,5	50,0
30	42,9	11	НИТРАТЫ, (Т)	0,7	22,3	1,5	51,5
31	44,3	14	ВОДПОТ, (МЛН.МЗ)	0,7	22,9	1,5	53,0
32	45,7	23	ФОСФОР ОБЩИЙ, (Т)	0,7	23,6	1,5	54,5
33	47,1	24	ХЛОРИДЫ, (Т)	0,7	24,2	1,5	56,0
34	48,6	30	СЕРЫ ДИОКСИД	0,6	24,8	1,4	57,4
35	50,0	33	ВЗВЕШЕННЫЕ В-ВА	0,6	25,4	1,4	58,8
36	51,4	35	БЕНЗОЛ	0,6	26,0	1,4	60,1
37	52,9	39	КАДМИЙ	0,6	26,6	1,4	61,5
38	54,3	42	КОБАЛЬТ	0,6	27,2	1,4	62,8
39	55,7	43	СВИНЕЦ	0,6	27,7	1,4	64,2
40	57,1	45	МИНУДОБР	0,6	28,3	1,4	65,5
41	58,6	46	ОРГУДОБР	0,6	28,9	1,4	66,9
42	60,0	60	ПВСХУ	0,6	29,5	1,4	68,3
43	61,4	63	ВАЛСБОРЗЕРН	0,6	30,1	1,4	69,6
44	62,9	69	ПРМОЛ	0,6	30,7	1,4	71,0
45	64,3	13	СВ ТО, (МЛН.МЗ)	0,6	31,2	1,3	72,3
46	65,7	15	ОВТБО, ТЫС. МЗ	0,6	31,8	1,3	73,6
47	67,1	26	ЧН(ТЫС.ЧЕЛ)	0,6	32,4	1,3	74,9
48	68,6	64	ВАЛСБОРКАРТ	0,6	32,9	1,3	76,2
49	70,0	65	ВАЛСОВ	0,6	33,5	1,3	77,5
50	71,4	9	КВУО, (Т)	0,5	34,0	1,3	78,8
51	72,9	67	ВАЛСБОРВИН	0,5	34,6	1,3	80,0
52	74,3	55	ДПИ	0,5	35,1	1,2	81,3
53	75,7	54	РЫБПР	0,5	35,6	1,2	82,4
54	77,1	68	ПРЯИЦ	0,5	36,1	1,2	83,6
55	78,6	2	БПК, (Т)	0,5	36,6	1,1	84,7
56	80,0	10	НЕФТЕПРОДУКТЫ, (Т)	0,5	37,1	1,1	85,9
57	81,4	21	СПАВ, (Т)	0,5	37,6	1,1	87,0
58	82,9	27	АММИАК	0,5	38,1	1,1	88,2
59	84,3	7	КВБО, (Т)	0,5	38,6	1,1	89,3
60	85,7	17	ЗПП, (ГА)	0,5	39,1	1,1	90,4
61	87,1	12	ОНО СВ, (МЛН.МЗ)	0,4	39,5	1,0	91,5
62	88,6	53	СХИЛ	0,4	40,0	1,0	92,5
63	90,0	18	ПЗЛ, (ГА)	0,4	40,4	1,0	93,5
64	91,4	19	ООПТ, (ГА)	0,4	40,9	1,0	94,6
65	92,9	5	FE, (Т)	0,4	41,3	1,0	95,5
66	94,3	1	НН4+, (Т)	0,4	41,7	1,0	96,5
67	95,7	32	СЕРОВОДОРОД	0,4	42,1	0,9	97,4
68	97,1	66	ВАЛСБОРЯГ	0,4	42,5	0,9	98,3
69	98,6	29	АЗОТА ДИОКСИД	0,4	42,9	0,8	99,2
70	100,0	31	УГЛЕРОДА ОКСИД	0,4	43,2	0,8	100,0

Из таблицы 9 видно, какие факторы являются наиболее значимыми:

- СТРОИТЕЛЬСТВО;
- ОБРПРОИЗ;
- ПРАСЭГВ;
- ОРТИРУ;
- ОРТОРГ;
- ОБОЦЭС;
- CD, МГ/КГ;
- СВИНЕЦ В ПОЧВЕ (ВАЛ);

- ЧПИО;
- СР (МЛН.МЗ).

Расшифровка кратких наименований факторов приведена в таблице 6.

Из таблицы 9 видно также, что 50% суммарной значимости факторов обеспечивается 41-м фактором, а 50% факторов обеспечивают 59% суммарной значимости. Опыт решения подобных задач говорит о том, что это различие возрастает при увеличении объема обучающей выборки.

7. Недостатки предложенного подхода и перспективы их преодоления

Приведенный численный пример основан на сравнительно небольшом объеме исходных данных (28437 наблюдений), которые, кстати, получить тоже было очень не просто. В перспективе авторы планируют провести масштабное системное исследование влияния экологических и производственно-экономических факторов на здоровье населения на основе значительно большего объема исходных данных в разрезе по всем районам Краснодарского края.

Кроме того планируется:

- создание и исследование системно-когнитивных моделей влияния производственно-экономических факторов на экологическую ситуацию;
- разработка системно-когнитивных моделей с картографической визуализацией [25].

Литература

1. Ярмак Л.П., Яценко М.В., Новиков В.В., Маринин С. Ю., Ксандопуло С.Ю., Яковенко Г.В., Зитнер А.В., Гельвер И.В., Солод И.А. Отчет по выполнению научно-исследовательских и изыскательских работ в области охраны окружающей среды по реализации мероприятия «Оценка эколого-экономического риска влияния химических предприятий на качество окружающей среды в зоне рассеивания выбросов» (Государственный контракт №28 от 25.06.2007 года).
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. - 320 с.,
3. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.. Основы системного анализа. Томск Изд-во науч.-техн. лит. 1997. 389с.
4. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>
5. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос». Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-830-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=22401787>

6. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-757-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>
7. Луценко Е.В. Автоматизированная система распознавания образов, математическая модель и опыт применения. В сб.: "В.И.Вернадский и современность (к 130-летию со дня рождения)". Тезисы научно-практической конференции. – Краснодар: КНА, 1993. – С. 37-42.
8. Луценко Е.В. Свидетельство РосАПО №940217. Заяв. № 940103. Оpubл. 11.05.94. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "ЭЙДОС", – 50с.
9. Луценко Е.В. Свидетельство РосАПО №940328. Заяв. № 940324. Оpubл. 18.08.94. Универсальная автоматизированная система анализа, мониторинга и прогнозирования состояний многопараметрических динамических систем "ЭЙДОС-Т", – 50с.9
10. Луценко Е.В. Пат. № 2003610986 РФ. Заяв. № 2003610510 РФ. Оpubл. от 22.04.2003. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС", – 50с.
11. Луценко Е.В. Пат. № 2012619610 РФ. Заявка № 2012617579 РФ от 10.09.2012. Зарегистр. 24.10.2012. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС-Х++", – 50с.
12. Луценко Е.В. Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа и возможности его применения для сопоставимой оценки эффективности вузов / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 у.п.л.
13. Стабин И.П., Моисеева В.С. Автоматизированный системный анализ.- М.: Машиностроение, 1984. -309 с.
14. Симанков В.С. Автоматизация системных исследований в альтернативной энергетике. Диссерт. на соиск. уч. ст. докт, техн. наук. По спец.: 05.13.01. <http://tekhnosfera.com/avtomatizatsiya-sistemnyh-issledovaniy-v-alternativnoy-energetike>
15. Klir, G.J. Architecture of Systems Problem Solving, with D. Elias, Plenum Press, New York, 354 pp.
16. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Москва: Радио и связь. 1990. 538 с. <http://www.twirpx.com/file/486296/>
17. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры . Издание второе, переработанное и дополненное. — М.: Изд-во «Советское радио», 1973. – 158 с. с ил.
18. Хаббард Дуглас У. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / Дуглас У. Хаббард / [Пер. с англ. Е. Пестеревой]. — М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2009. — 320 с.: ил. ISBN 978-5-9693-0163-4 (рус.). <http://www.twirpx.com/file/1546361/>
19. Сайт автора АСК-анализа проф.Е.В.Луцко: <http://lc.kubagro.ru/>
20. Луценко Е.В. Синтез адаптивных интеллектуальных измерительных систем с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» и системная идентификация в эконометрике, биометрии, экологии, педагогике, психологии и медицине / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1161602001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/01.pdf>, 3,75 у.п.л.

⁹ Эти свидетельства есть здесь: <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>

21.Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.

22.Луценко Е.В. Моделирование сложных многофакторных нелинейных объектов управления на основе фрагментированных зашумленных эмпирических данных большой размерности в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 164 – 188. – IDA [article ID]: 0911307012. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 у.п.л.

23.Луценко Е.В. СК-анализ и система "Эйдос" в свете философии Платона / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №01(045). С. 91 – 100. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0010, IDA [article ID]: 0450901008. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/08.pdf>, 0,625 у.п.л.

24.Луценко Е.В. Количественный автоматизированный SWOT- и PEST-анализ средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №07(101). С. 1367 – 1409. – IDA [article ID]: 1011407090. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/90.pdf>, 2,688 у.п.л.

25.Луценко Е.В. Система "Эйдос" как геокогнитивная система (ГКС) для восстановления неизвестных значений пространственно-распределенных функций на основе описательной информации картографических баз данных / Е.В. Луценко, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №03(117). С. 1 – 49. – IDA [article ID]: 1171603001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/01.pdf>, 3,062 у.п.л.

26.Луценко Е.В. Применение СК-анализа и системы «Эйдос» для синтеза когнитивной матричной передаточной функции сложного объекта управления на основе эмпирических данных / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(075). С. 681 – 714. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0008, IDA [article ID]: 0751201053. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>, 2,125 у.п.л.

27.Луценко Е.В. Когнитивные функции как обобщение классического понятия функциональной зависимости на основе теории информации в системной нечеткой интервальной математике / Е.В. Луценко, А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №01(095). С. 122 – 183. – IDA [article ID]: 0951401007. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/07.pdf>, 3,875 у.п.л.

28.Луценко Е.В. АСК-анализ как метод выявления когнитивных функциональных зависимостей в многомерных зашумленных фрагментированных данных / Е.В. Луценко

// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №03(011). С. 181 – 199. – IDA [article ID]: 0110503019. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/03/pdf/19.pdf>, 1,188 у.п.л.

29. Луценко Е.В. Коэффициент эмерджентности классических и квантовых статистических систем / Е.В. Луценко, А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №06(090). С. 214 – 235. – IDA [article ID]: 0901306014. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/14.pdf>, 1,375 у.п.л.

30. Трунев А.П. Гравитационные волны и коэффициент эмерджентности классических и квантовых систем / А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №03(097). С. 1343 – 1366. – IDA [article ID]: 0971403092. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/92.pdf>, 1,5 у.п.л.

31. 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(005). С. 65 – 86. – IDA [article ID]: 0050403004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/03/pdf/04.pdf>, 1,375 у.п.л.

Literatura

1. Jarmak L.P., Jacenko M.V., Novikov V.V., Marinin S. Ju., Ksandopulo S.Ju., Jakovenko G.V., Zitner A.V., Gel'ver I.V., Solod I.A. Otchet po vypolneniju nauchno-issledovatel'skih i izyskatel'skih rabot v oblasti ohrany okruzhajushhej sredy po realizacii meroprijatija «Ocenka jekologo-jekonomicheskogo riska vlijanija himicheskikh predpriyatij na kachestvo okruzhajushhej sredy v zone rasseivanija vybrosov» (Gosudarstvennyj kontrakt №28 ot 25.06.2007 goda).

2. Peregudov F.I., Tarasenko F.P. Vvedenie v sistemnyj analiz. M.: Vysshaja shkola, 1989. - 320 s.,

3. Peregudov F. I., Tarasenko F. P.. Osnovy sistemnogo analiza. Tomsk Izd-vo nauch.-tehn. lit. 1997. 389s.

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

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

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

7. Lucenko E.V. Avtomatizirovannaja sistema raspoznavanija obrazov, matematicheskaja model' i opyt primenenija. V sb.: "V.I.Vernadskij i sovremennost' (k 130-letiju so dnja rozhdenija)". Tezisy nauchno-prakticheskoi konferencii. – Krasnodar: KNA, 1993. – S. 37-42.

8. Lucenko E.V. Svidetel'stvo RosAPO №940217. Zajav. № 940103. Opubl. 11.05.94. Universal'naja avtomatizirovannaja sistema raspoznavanija obrazov "JeJDOS", – 50s.
9. Lucenko E.V. Svidetel'stvo RosAPO №940328. Zajav. № 940324. Opubl. 18.08.94. Universal'naja avtomatizirovannaja sistema analiza, monitoringa i prognozirovanija sostojanij mnogoparametricheskikh dinamicheskikh sistem "JeJDOS-T", – 50s.
10. Lucenko E.V. Pat. № 2003610986 RF. Zajav. № 2003610510 RF. Opubl. ot 22.04.2003. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema "JeJDOS", – 50s.
11. Lucenko E.V. Pat. № 2012619610 RF. Zajavka № 2012617579 RF ot 10.09.2012. Zaregistr. 24.10.2012. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema "JeJDOS-X++", – 50s.
12. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy, tehnologija i instrumentarij avtomatizirovannogo sistemno-kognitivnogo analiza i vozmozhnosti ego primenenija dlja sopostavimoj ocenki jeffektivnosti vuzov / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №04(088). S. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 u.p.l.
13. Stabin I.P., Moiseeva B.C. Avtomatizirovannyj sistemnyj analiz.- M.: Mashinostroenie, 1984. -309 s.
14. Simankov V.S. Avtomatizacija sistemnyh issledovanij v al'ternativnoj jenergetike. Dissert. na soisk. uch. st. dokt, tehn. nauk. Po spec.: 05.13.01. <http://tekhmosfera.com/avtomatizatsiya-sistemnyh-issledovanij-v-alternativnoy-energetike>
15. Klir, G.J. Architecture of Systems Problem Solving, with D. Elias, Plenum Press, New York, 354 pp.
16. Klir Dzh. Sistemologija. Avtomatizacija reshenija sistemnyh zadach. Moskva: Radio i svjaz'. 1990. 538 s. <http://www.twirpx.com/file/486296/>
17. Lefevr V.A. Konfliktujushhie struktury . Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe. — M.: Izd-vo «Sovetskoe radio», 1973. – 158 s. s il.
18. Habbard Duglas U. Kak izmerit' vse, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial'nogo v biznese / Duglas U. Habbard / [Per. s angl. E. Pesterevoj]. — M.: ZAO «Olimp–Biznes», 2009. — 320 s.: il. ISBN 978-5-9693-0163-4 (rus.). <http://www.twirpx.com/file/1546361/>
19. Sajt avtora ASK-analiza prof.E.V.Luceko: <http://lc.kubagro.ru/>
20. Lucenko E.V. Sintez adaptivnyh intellektual'nyh izmeritel'nyh sistem s primenieniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» i sistemnaja identifikacija v jekonometrike, biometrii, jekologii, pedagogike, psihologii i medicine / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02(116). S. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1161602001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/01.pdf>, 3,75 u.p.l.
21. Lucenko E.V. Metrizacija izmeritel'nyh shkal razlichnyh tipov i sovmestnaja sopostavimaja kolichestvennaja obrabotka raznorodnyh faktorov v sistemno-kognitivnom analize i sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). S. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 u.p.l.
22. Lucenko E.V. Modelirovanie slozhnyh mnogofaktornyh nelinejnyh ob#ektov upravlenija na osnove fragmentirovannyh zashumlennyh jempiricheskikh dannyh bol'shoj razmernosti v sistemno-kognitivnom analize i intellektual'noj sisteme «Jejdos-H++» / E.V.

Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 164 – 188. – IDA [article ID]: 0911307012. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/12.pdf>, 1,562 u.p.l.

23. Lucenko E.V. SK-analiz i sistema "Jejdos" v svete filosofii Platona / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №01(045). S. 91 – 100. – Shifr Informregistra: 0420900012\0010, IDA [article ID]: 0450901008. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/01/pdf/08.pdf>, 0,625 u.p.l.

24. Lucenko E.V. Kolichestvennyj avtomatizirovannyj SWOT- i PEST-analiz sredstvami ASK-analiza i intellektual'noj sistemy «Jejdos-H++» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №07(101). S. 1367 – 1409. – IDA [article ID]: 1011407090. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/90.pdf>, 2,688 u.p.l.

25. Lucenko E.V. Sistema "Jejdos" kak geokognitivnaja sistema (GKS) dlja voss-tanovlenija neizvestnyh znachenij prostranstvenno-raspredeleennyh funkcij na osnove opisatel'noj informacii kartograficheskikh baz dannyh / E.V. Lucenko, D.K. Bandyk // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №03(117). S. 1 – 49. – IDA [article ID]: 1171603001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/01.pdf>, 3,062 u.p.l.

26. Lucenko E.V. Primenenie SK-analiza i sistemy «Jejdos» dlja sinteza kognitivnoj matrichnoj peredatochnoj funkcii slozhnogo ob#ekta upravlenija na osnove jempiricheskikh dannyh / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №01(075). S. 681 – 714. – Shifr Informregistra: 0421200012\0008, IDA [article ID]: 0751201053. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/53.pdf>, 2,125 u.p.l.

27. Lucenko E.V. Kognitivnye funkcii kak obobshhenie klassicheskogo ponjatija funkcional'noj zavisimosti na osnove teorii informacii v sistemnoj nechetkoj interval'noj matematike / E.V. Lucenko, A.I. Orlov // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №01(095). S. 122 – 183. – IDA [article ID]: 0951401007. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/07.pdf>, 3,875 u.p.l.

28. Lucenko E.V. ASK-analiz kak metod vyjavenija kognitivnyh funkcional'nyh zavisimostej v mnogomernyh zashumlennyh fragmentirovannyh dannyh / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2005. – №03(011). S. 181 – 199. – IDA [article ID]: 0110503019. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2005/03/pdf/19.pdf>, 1,188 u.p.l.

29. Lucenko E.V. Kojefficient jemerdzhentnosti klassicheskikh i kvantovyh statisticheskikh sistem / E.V. Lucenko, A.P. Trunev // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №06(090). S. 214 – 235. – IDA [article ID]: 0901306014. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/14.pdf>, 1,375 u.p.l.

30. Trunev A.P. Gravitacionnye volny i kojefficient jemerdzhentnosti klassicheskikh i kvantovyh sistem / A.P. Trunev, E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal

KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №03(097). S. 1343 – 1366. – IDA [article ID]: 0971403092. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/92.pdf>, 1,5 u.p.l.

31. Lucenko E.V. Sistemno-kognitivnyj analiz kak razvitie koncepcii smysla Shenka – Abel'sona / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2004. – №03(005). S. 65 – 86. – IDA [article ID]: 0050403004. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2004/03/pdf/04.pdf>, 1,375 u.p.l.