

УДК 004.8

UDC 004.8

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**ПРИМЕНЕНИЕ АСК-АНАЛИЗА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ
КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И
ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
РЕЛЯТИВНЫХ ВИНТОВЫХ БАРАБАНОВ
ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ КОМБИКОРМОВ**

**THE APPLICATION OF ASC-ANALYSIS TO
DETERMINE RATIONAL DESIGN FEATURES
AND PARAMETERS OF THE MODES
RELATIVE TO THE SCREW DRUMS FOR
MIXING ANIMAL FEED**

Марченко Алексей Юрьевич,
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 9995-6699
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Marchenko Aleksey Yurievich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
RSCI SPIN-code: 9995-6699
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Lutsenko Eugeny Veniaminovich
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor
RSCI SPIN-code: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Фролов Владимир Юрьевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 5236-4331
*Кубанский государственный аграрный универси-
тет, Краснодар, Россия*

Frolov Vladimir Yurievich
Dr.Tech.Sci., professor
RSCI SPIN-code: 5236-4331
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Авторами разработано и изготовлено большое количество различных конструкций релятивных винтовых барабанов для смешивания комбикормов. Проведено 749 натурных экспериментов с барабанами 10 различных конструкций при различных параметрах режимов работы. Во всех экспериментах измерялось качество получаемой комбикормовой смеси. Однако непосредственно на основе эмпирических данных рациональный выбор конструктивных особенностей и параметров режимов работы барабанов не представляется возможным. Для этого необходимо предварительно разработать модель, отражающую эти эмпирические данные. Построение содержательных аналитических моделей различных типов барабанов представляет собой сложную и трудоемкую научную задачу, сложность которой обусловлена большим разнообразием и сложностью форм барабанов и режимов их использования, большим числом разнородных физических факторов, влияющих на процессы в барабане. Вследствие этого разработка аналитических моделей связана с большим количеством упрощающих допущений, снижающих их универсальность и достоверность. Поэтому актуальной является задача поиска математического метода и программного инструментария, обеспечивающих быструю и простую для пользователя разработку модели влияния конструкции барабана и параметров режимов его работы на качество получаемой комбикормовой смеси непосредственно на основе

The authors have developed and manufactured a large number of different designs of relative helical drums for mixing animal feed. We have conducted 749 field experiments with the drums of the 10 different designs with different parameters modes of operation. In all experiments, we measured the quality of the feed mixture. However, directly based on empirical data, rational choice of design features and parameters of the operation modes of the reels is not possible. For this, you must first develop a model reflecting these empirical data. The construction of meaningful analytical models of different types of drums is a difficult and demanding scientific task, the complexity of which is due to the large variety and complexity of forms of drums and their mode of usage, a large number of diverse physical factors affecting the processes in the drum. As a consequence, the development of analytical models associated with a large number of simplifying assumptions that reduce their versatility and reliability. Therefore, it is important to search of a mathematical method and software tools provide a quick and simple for the user to identify and influence the design of the drum and the parameters of the operating modes on the quality of the feed mixture directly on the basis of empirical (experimental) data. The work proposes a solution to this problem with the use of a new universal innovative method of artificial intelligence: automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) and its programmatic Toolkit – universal cognitive analytical system called "Eidos". In the system of "Eidos" we

эмпирических (экспериментальных) данных. Предлагается решение этой задачи с применением нового универсального инновационного метода искусственного интеллекта: автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос». В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечивающий непосредственный ввод в систему больших объемов эмпирических данных из Excel-файла. Создаваемая на их основе в системе «Эйдос» системно-когнитивная модель позволяет в наглядной форме отразить влияние конструкции барабана и параметров режимов его работы на качество получаемой комбикормовой смеси и разработать на этой основе научно-обоснованные и адекватные рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей и параметров режимов работы релятивных винтовых барабанов. Приводится численный пример

have implemented a software interface that provides direct input into the system large amounts of empirical data from Excel file. Created on their basis in the system of "Eidos" system-cognitive model allows the visual form to reflect the effect of the structure of the drum and the parameters of the operating modes on the quality of the resulting feed mixture and to develop on this basis the science-based and appropriate recommendations for the rational choice of design features and parameters of the modes relative to the screw drums. We have also given a numerical example

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

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, INTELLIGENCE SYSTEM "EIDOS", MULTIPARAMETER TYPING, SYSTEM IDENTIFICATION, INTELLIGENT IMAGE ANALYSIS

СОДЕРЖАНИЕ

1. ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ	3
2. ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ И ЕГО НЕДОСТАТКИ	4
3. ИДЕЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	7
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	8
4.1. Кратко об АСК-анализе	8
4.2. Истоки АСК-анализа	8
4.3. Методика АСК-анализа	9
4.4. Некоторые результаты применения АСК-анализа	14
5. ЧИСЛЕННЫЙ ПРИМЕР	15
5.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области	15
5.2. Формализация предметной области	16
5.3. Синтез и верификация модели	22
5.4. Исследование моделируемого объекта путем исследования его модели	24
5.5. Определение рациональных конструктивных особенностей и режимов работы релятивных барабанов для смешивания комбикормов	28
6. ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ	41
7. ПЕРСПЕКТИВЫ	42
ЛИТЕРАТУРА	42

1. Формулировка проблемы

Авторами разработано и изготовлено большое количество различных конструкций релятивных винтовых барабанов для смешивания комбикормов [1-8]. На эти барабаны получено 11 патентов Российской Федерации [9-19]. Проведено 749 натурных экспериментов с барабанами 11 различных конструкций при различных параметрах режимов работы:

- времени смешивания;
- скорости продольного перемещения комбикормовой смеси;
- числе оборотов в минуту;
- коэффициенте заполнения барабана;
- угле наклона барабана или его стенок.

Во всех экспериментах количественно измерялось качество получаемой комбикормовой смеси.

В результате накоплен большой объем экспериментальных данных, отражающих качество комбикормовой смеси, получаемой на барабанах различных конструкций при различных режимах работы.

Для решения поставленной задачи: «Определения рациональных конструктивных особенностей и режимов работы релятивных барабанов для качественного смешивания комбикормов» необходимо знать, как конструктивные особенности и параметры режимов работы релятивных винтовых барабанов влияют на качество получаемых комбикормовых смесей.

Непосредственно на основе эмпирических данных ответить на этот вопрос не представляется возможным и для этого необходимо *предварительно* разработать модель, правильно отражающую физические процессы в релятивном винтовом барабане при различных режимах работы и влияние этих процессов и параметров режимов работы на качество получаемой комбикормовой смеси. Однако разработка такой модели как раз и представляет собой **проблему**.

2. Традиционный подход к решению проблемы и его недостатки

Традиционный подход к построению моделей технических систем и состоит в описании этих систем в процессе работы (в динамике) с помощью систем уравнений, т.е. в построении *содержательных* моделей аналитического типа.

В данном случае такая содержательная аналитическая модель, по-видимому, должна учитывать, что:

- релятивные винтовые барабаны имеют большое разнообразие сложных форм и режимов работы, которые трудно описать математически;
- частицы комбикормов разнородны по своим размерам, форме и физическим свойствам, причем все эти параметры могут изменяться меняются в процессе обработки;
- движение частиц комбикормовой смеси происходит под одновременным совместным действием нескольких разнородных по своей физической природе факторов, таких как соударения этих частиц друг с другом и стенками и другими элементами конструкции барабанов сложной формы, сопротивление воздуха, сила тяжести и центробежная сила.

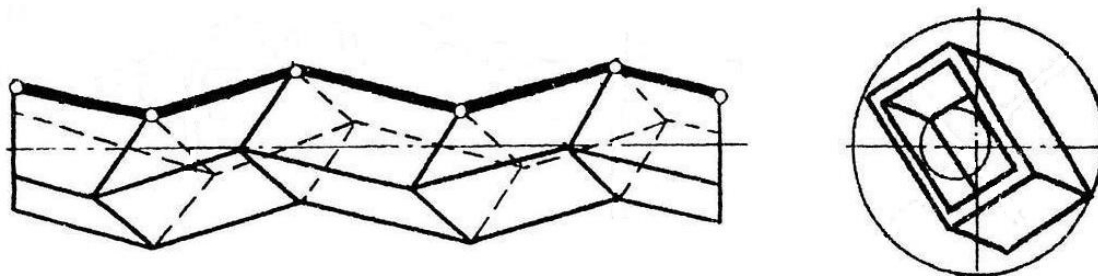


Рисунок 1. Релятивный цилиндрический винтовой барабан РЦ 1.1.б

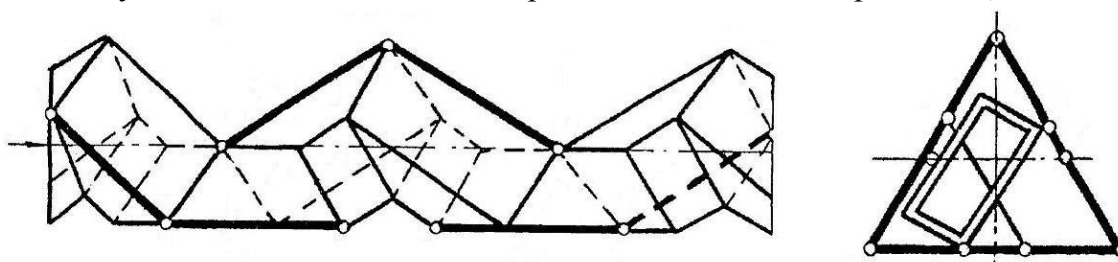


Рисунок 2. Релятивный цилиндрический винтовой барабан РЦ 1.2.б

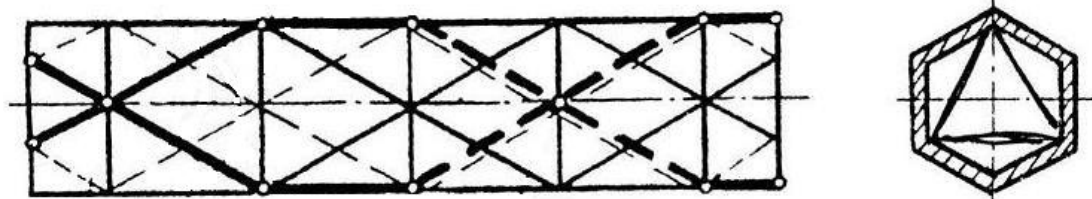


Рисунок 3. Релятивный цилиндрический винтовой барабан РЦ 3.5.a

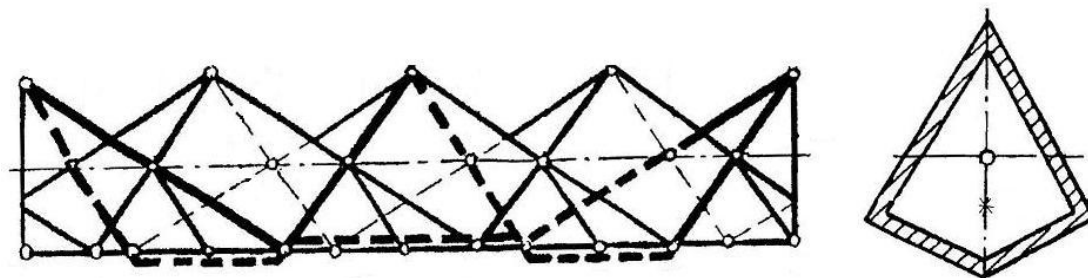


Рисунок 4. Релятивный цилиндрический винтовой барабан РЦ 4.1.б

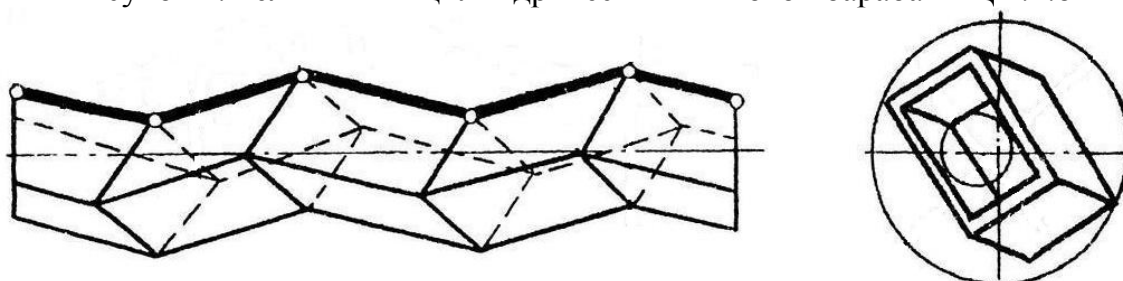


Рисунок 5. Релятивный цилиндрический винтовой барабан РЦ 5.1.a

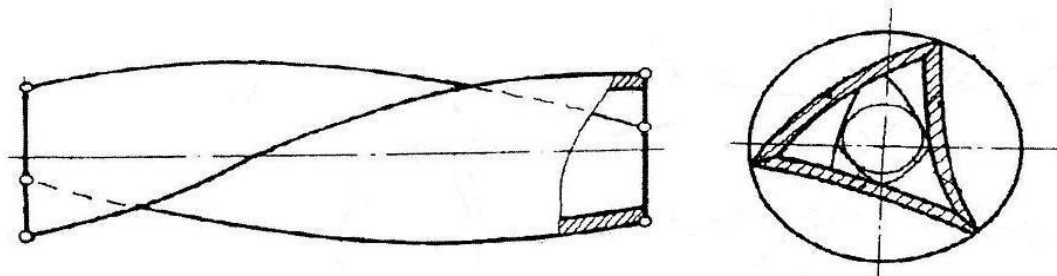


Рисунок 6. Релятивный цилиндрический винтовой барабан РЦ 7.1.a

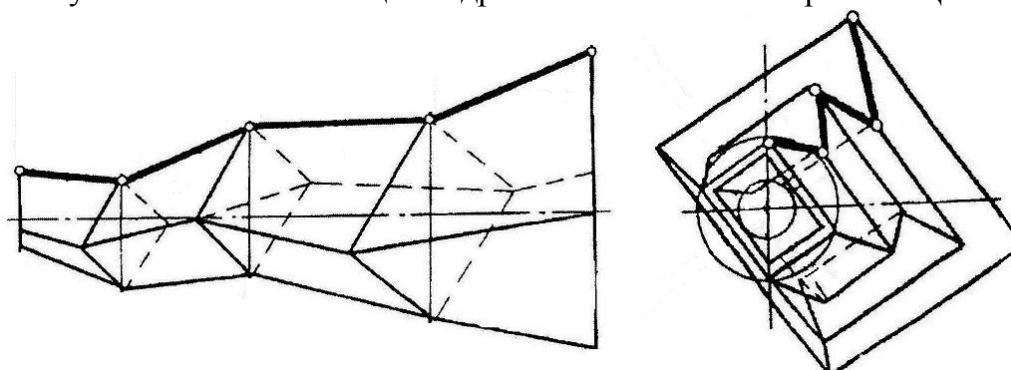


Рисунок 7. Релятивный конический винтовой барабан РК 1.1.б

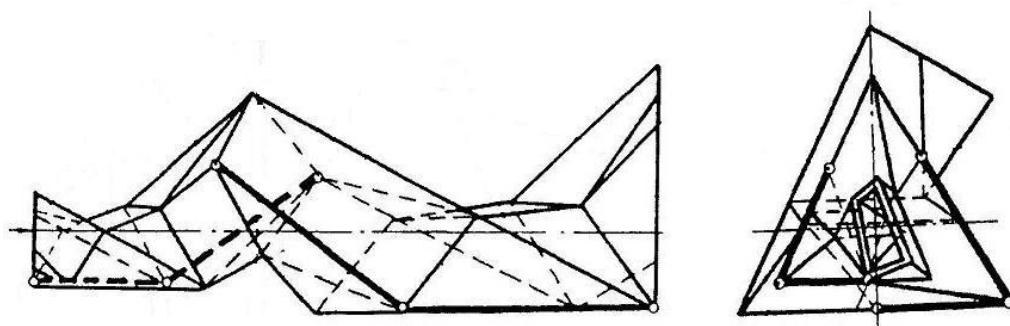


Рисунок 8. Релятивный конический винтовой барабан РК 2.1.б

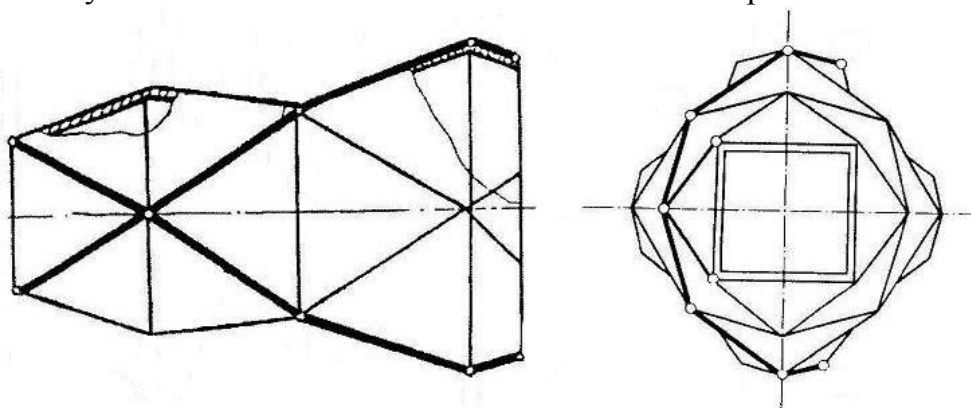


Рисунок 9. Релятивный конический винтовой барабан РК 3.1.б

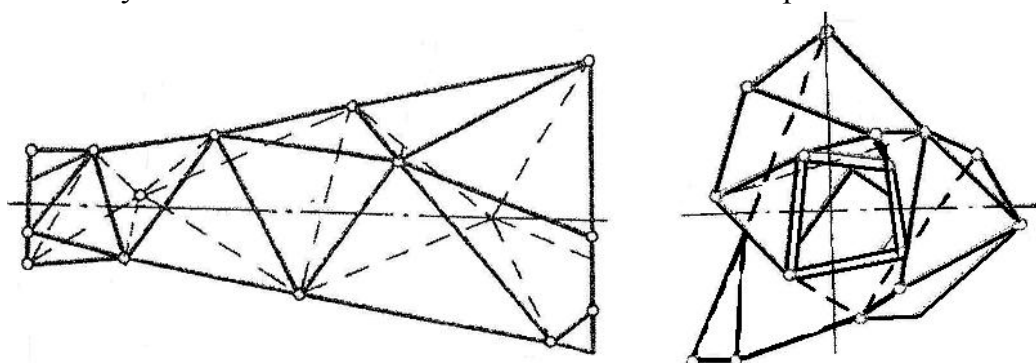


Рисунок 10. Релятивный конический винтовой барабан РК 5.1.а

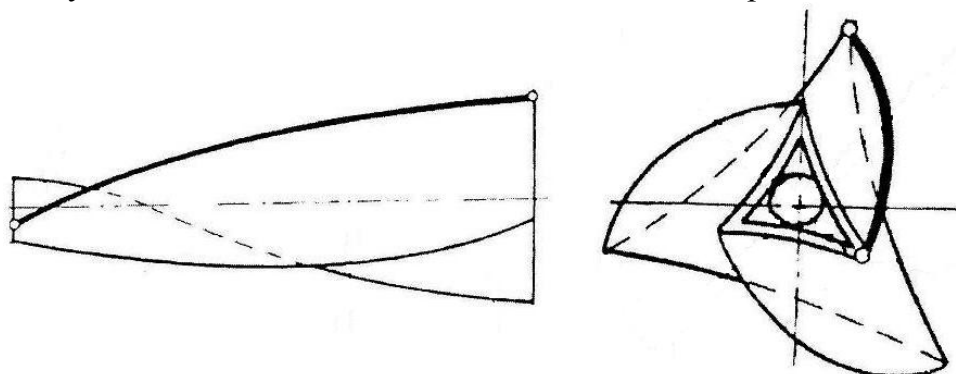


Рисунок 11. Релятивный конический винтовой барабан РК 7.1.а

Вследствие этих причин разработка содержательных аналитических моделей работы релятивных винтовых барабанов с необходимостью связана с большим количеством упрощающих допущений, снижающих их универсальность и достоверность. Подобные задачи требуют для своего решения большого времени, интеллектуального напряжения, опыта и профессиональной компетенции специалистов.

Поэтому актуальной является задача поиска математического метода и программного инструментария, обеспечивающих *быструю и простую для пользователя* разработку модели влияния конструкции барабана и параметров режимов его работы на качество получаемой комбикормовой смеси непосредственно на основе эмпирических (экспериментальных) данных.

3. Идея предлагаемого решения проблемы

Предлагается решение этой задачи с применением нового универсального инновационного метода искусственного интеллекта: автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос». В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечивающий непосредственный ввод в систему больших объемов эмпирических данных из Excel-файла. Создаваемая на их основе в системе «Эйдос» системно-когнитивная модель позволяет в наглядной форме отразить влияние конструкции барабана и параметров режимов его работы на качество получаемой комбикормовой смеси и разработать на этой основе научно-обоснованные и адекватные рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей и параметров режимов работы релятивных винтовых барабанов.

4. Автоматизированный системно-когнитивный анализ как метод решения проблемы

4.1. Кратко об АСК-анализе

Системный анализ представляет собой современный метод научного познания, общепризнанный метод решения проблем [20, 21]. 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, методику численных расчетов (структуры данных и алгоритмы их обработки), а также реализующую их программную систему – систему Эйдос [22, 23, 24, 25, 26, 27]. Система Эйдос разработана в постановке, не зависящей от предметной области, и имеет ряд программных интерфейсов с внешними данными различных типов [24]. 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.

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 [28]. 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 [28].

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 решения проблемы

Перегудов Ф. И. и Тарасенко Ф. П. в своих основополагающих работах 1989 и 1997 годов [20, 21] подробно рассмотрели математические методы, которые в принципе могли бы быть применены для автоматизации отдельных этапов системного анализа. 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) [29]. 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 [30, 31].

4.3.2. АСК-анализ, как решение проблемы

Автоматизированный системно-когнитивный анализ разработан профессором Е. В. Луценко и предложен в 2002 году [23]. 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 конфигуратора предложено В.А.Лефевром [32]. В 2002 году Е.В.Луценко был предложен когнитивный конфигуратор [23], включающий 10 базовых когнитивных операций.

Когнитивный конфигуратор:

- 1) присвоение имен;
- 2) восприятие (описание конкретных объектов в форме отнологий, 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 конструктов;
- 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 конфигуратор;

- 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".

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 ин-

терпретируемые 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 [23, 25]¹. 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 [25, 27].

Это напоминает подход Дугласа Хаббарда [33], но, в отличие от него, имеет открытый универсальный программный инструментарий (систему «Эйдос»), разработанный в постановке, не зависящей от предметной области [24]. К тому же на систему «Эйдос» уже в 1994 году было три патента РФ [24], а первые акты ее внедрения датируются 1987 годом [23], тогда как основная работа Дугласа Хаббарда [33] 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 22 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 [27]. Метод АСК-анализа является устойчивым непараметрическим методом, обеспечивающим создание моделей больших размерностей при неполных и зашумленных ис-

¹ Подробнее рассматривать математическую модель АСК-анализа здесь не целесообразно, т.к. она подробно описана в работах [23, 24] и ряде других работ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=123162

ходных данных о сложном нелинейном динамичном объекте управления. Этот метод является чуть ли не единственным на данный момент, обеспечивающим многопараметрическую типизацию и системную идентификацию методов, инструментарий которого (интеллектуальная система Эйдос) находится в полном открытом бесплатном доступе [25, 26].

4.4. Некоторые результаты применения АСК-анализа

Метод системно-когнитивного анализа и его программный инструментарий 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 28 патентов на системы искусственного интеллекта, их подсистемы, режимы и приложения, опубликовано 210 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 180 статей, общим объёмом 310,871 у.п.л., в среднем 1,727 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 приме-

ние профессиограмм), сельское хозяйство (прогнозирование результатов применения агротехнологий, принятие решений по выбору рациональных агротехнологий и микронизации 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, и ряд других областей.

АСК-анализ вызывает большой интерес во всем мире. Сайт автора АСК-анализа [34] 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 ученые: Луценко Е.В., Лойко В.И., Трунев А.П. (Канада), Орлов А.И., Коржаков В.Е., Барановская Т.П., Ермоленко В.В., Наприев И.Л., Некрасов С.Д., Лаптев В.Н., Третьяк В.Г., Щукин Т.Н., Симанков В.С., Ткачев А.Н., Сафронова Т.И., Горпинченко К.Н., Макаревич О.А., Макаревич Л.О., Сергеева Е.В.(Фомина Е.В.), Бандык Д.К., Артемов А.А., Крохмаль В.В., Рябцев В.Г. и другие.

5. Численный пример

Проведем численный пример решения поставленной проблемы методом АСК-анализа, последовательно выполняя основные его этапы, перечисленные выше.

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 неформализо-

ванный и не реализованный программно в системе «Эйдос» этап АСК-анализа. В данном случае в качестве факторов выберем:

- конструктивный тип релятивного винтового барабана;
- время смешивания;
- скорость продольного перемещения комбикормовой смеси;
- число оборотов в минуту;
- коэффициент заполнения барабана комбикормовой смесью;
- угол наклона барабана или его стенок.

В качестве результата совместного действия этих факторов будем рассматривать качество получаемой комбикормовой смеси, измеряемое двумя показателями:

- максимальное отклонение от 100% качественным смешиванием;
- минимальное отклонение от 100% качественным смешиванием;

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 1):

Таблица 1 – Excel-файл исходных данных (фрагмент)

№ опыта	Макс.откл.от 100% кач.смеш.	Мин.откл.от 100% кач.смеш.	Время смеш. t (мин.)	Скорость продольного перемещения, мм/с	Число оборотов в минуту	Коэффициент заполнения барабана	Тип барабана	Угол наклона стенки барабана
1	5,1	-0,1	21,3	1,3	20	0,2	РК 1.1.6	10
2	5,3	0,2	19,4	2,1	30	0,2	РК 1.1.6	10
3	6,0	0,1	17,6	3,0	40	0,2	РК 1.1.6	10
4	5,9	0,2	15,3	3,9	50	0,2	РК 1.1.6	10
5	5,7	0,3	10,7	4,1	60	0,2	РК 1.1.6	10
6	6,1	0,4	13,8	3,6	70	0,2	РК 1.1.6	10

7	5,8	0,3	16,3	2,1	80	0,2	PK 1.1.6	10
8	5,5	0,2	21,2	0,8	90	0,2	PK 1.1.6	10
9	6,0	-0,1	26,5	0,1	95	0,2	PK 1.1.6	10
10	6,3	0,5	17,2	3,2	20	0,3	PK 1.1.6	10
11	6,0	0,6	17,3	4,3	30	0,3	PK 1.1.6	10
12	5,9	0,4	16,2	5,6	40	0,3	PK 1.1.6	10
13	6,1	0,5	14,8	6,9	50	0,3	PK 1.1.6	10
14	6,2	0,5	9,8	6,9	60	0,3	PK 1.1.6	10
15	5,8	0,4	10,1	5,0	70	0,3	PK 1.1.6	10
16	5,9	0,3	15,2	4,1	80	0,3	PK 1.1.6	10
17	5,7	0,2	16,8	1,3	90	0,3	PK 1.1.6	10
18	6,0	0,5	24,0	0,1	95	0,3	PK 1.1.6	10
19	6,3	0,6	15,8	5,0	20	0,5	PK 1.1.6	10
20	6,1	0,5	12,1	6,7	30	0,5	PK 1.1.6	10
21	6,0	0,3	10,2	8,6	40	0,5	PK 1.1.6	10
22	5,9	0,7	7,5	9,5	50	0,5	PK 1.1.6	10
23	6,1	0,8	6,8	10,0	60	0,5	PK 1.1.6	10
24	5,8	0,9	8,2	8,6	70	0,5	PK 1.1.6	10
25	5,7	0,7	10,1	5,8	80	0,5	PK 1.1.6	10
26	5,6	0,6	18,2	2,3	90	0,5	PK 1.1.6	10
27	6,0	-0,5	27,1	0,1	95	0,5	PK 1.1.6	10
28	5,9	0,1	17,3	6,0	20	0,6	PK 1.1.6	10
29	5,8	1,2	12,1	5,8	30	0,6	PK 1.1.6	10
30	5,6	1,1	10,2	7,8	40	0,6	PK 1.1.6	10
31	5,4	0,9	8,2	8,6	50	0,6	PK 1.1.6	10
32	5,2	0,8	8,1	9,3	60	0,6	PK 1.1.6	10
33	5,6	0,6	9,5	8,6	70	0,6	PK 1.1.6	10
34	6,0	0,4	10,1	6,0	80	0,6	PK 1.1.6	10
35	5,2	0,3	18,2	1,9	90	0,6	PK 1.1.6	10
36	6,2	0,5	25,3	0,0	95	0,6	PK 1.1.6	10
37	6,1	0,5	14,5	2,6	20	0,7	PK 1.1.6	10
38	6,2	0,4	12,1	3,6	30	0,7	PK 1.1.6	10
39	6,3	0,3	11,5	4,5	40	0,7	PK 1.1.6	10
40	5,9	0,5	10,2	5,2	50	0,7	PK 1.1.6	10
41	5,8	0,3	9,8	5,4	60	0,7	PK 1.1.6	10
42	5,5	0,4	10,2	4,3	70	0,7	PK 1.1.6	10
43	5,7	0,5	12,8	3,0	80	0,7	PK 1.1.6	10
44	5,6	-0,5	14,5	1,3	90	0,7	PK 1.1.6	10
45	6,1	-0,5	26,7	0,1	95	0,7	PK 1.1.6	10
46	4,9	0,3	17,1	1,3	20	0,2	PK 2.1.6	6
47	4,8	0,2	16,2	3,4	30	0,2	PK 2.1.6	6
48	5,1	0,1	13,2	5,1	40	0,2	PK 2.1.6	6
49	6,3	0,5	12,1	6,2	50	0,2	PK 2.1.6	6
50	5,3	0,1	9,5	6,7	60	0,2	PK 2.1.6	6
51	4,9	0,1	10,2	5,8	70	0,2	PK 2.1.6	6
52	4,9	-0,3	13,2	3,7	80	0,2	PK 2.1.6	6
53	6,1	1,1	17,3	1,3	90	0,2	PK 2.1.6	6
54	5,9	0,0	25,1	0,1	95	0,2	PK 2.1.6	6
55	6,3	1,2	16,9	3,2	20	0,3	PK 2.1.6	6
56	5,4	0,7	15,9	5,5	30	0,3	PK 2.1.6	6
57	5,0	0,6	12,1	7,9	40	0,3	PK 2.1.6	6
58	4,8	0,2	9,1	10,1	50	0,3	PK 2.1.6	6
59	5,1	0,7	9,8	11,1	60	0,3	PK 2.1.6	6
60	4,9	0,4	11,9	11,1	70	0,3	PK 2.1.6	6
61	5,3	0,3	12,6	7,7	80	0,3	PK 2.1.6	6
62	5,5	0,1	15,1	3,4	90	0,3	PK 2.1.6	6
63	5,6	0,3	20,1	0,1	95	0,3	PK 2.1.6	6
64	6,0	0,9	15,2	4,9	20	0,5	PK 2.1.6	6
65	5,6	0,6	14,3	8,1	30	0,5	PK 2.1.6	6
66	5,7	0,0	11,5	11,5	40	0,5	PK 2.1.6	6
67	5,2	0,4	8,5	14,1	50	0,5	PK 2.1.6	6
68	5,3	0,5	8,2	15,2	60	0,5	PK 2.1.6	6
69	5,4	0,3	8,1	13,7	70	0,5	PK 2.1.6	6
70	5,5	0,1	11,5	9,9	80	0,5	PK 2.1.6	6
71	5,1	0,1	14,1	4,7	90	0,5	PK 2.1.6	6
72	5,6	0,3	22,3	0,1	95	0,5	PK 2.1.6	6
73	5,7	0,4	14,0	3,9	20	0,6	PK 2.1.6	6
74	5,3	0,3	12,0	7,1	30	0,6	PK 2.1.6	6
75	5,4	0,3	10,1	10,3	40	0,6	PK 2.1.6	6
76	5,0	0,1	9,2	12,7	50	0,6	PK 2.1.6	6
77	4,9	0,2	8,1	14,1	60	0,6	PK 2.1.6	6

Полностью исходные данные включают описания результатов 749 экспериментов (опытов) и здесь не приводятся из-за ограниченности объема работы.

Для ввода этих исходных данных в систему «Эйдос» используем режим 2.3.2.2 с указанными параметрами (рисунок 12):

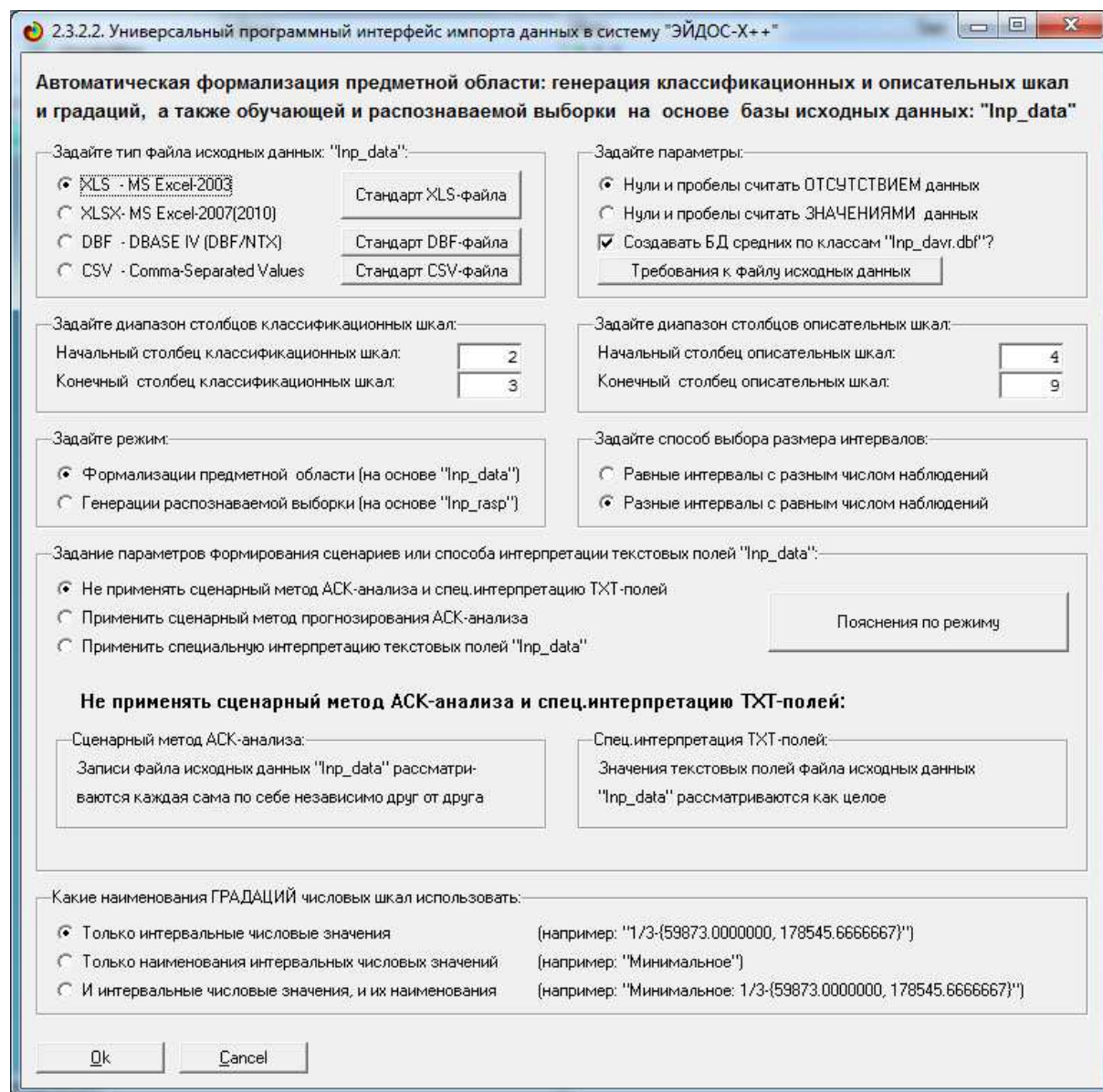


Рисунок 12. Экранная форма универсального программного интерфейса импорта данных в систему «Эйдос»

Отметим, что выбрана опция: «Разные интервалы с равным числом наблюдений», т.к. выбор 1-й опции «Равные интервалы с равным числом наблюдений».

наблюдений» показал, что эмпирические данные очень неравномерно распределены по диапазону их изменения и в случае выбора 1-го варианта некоторые интервальные значения получаются не представленными.

Таблица 1 полностью соответствует требованиям этого программного интерфейса, описанным в его Help (рисунок 13):

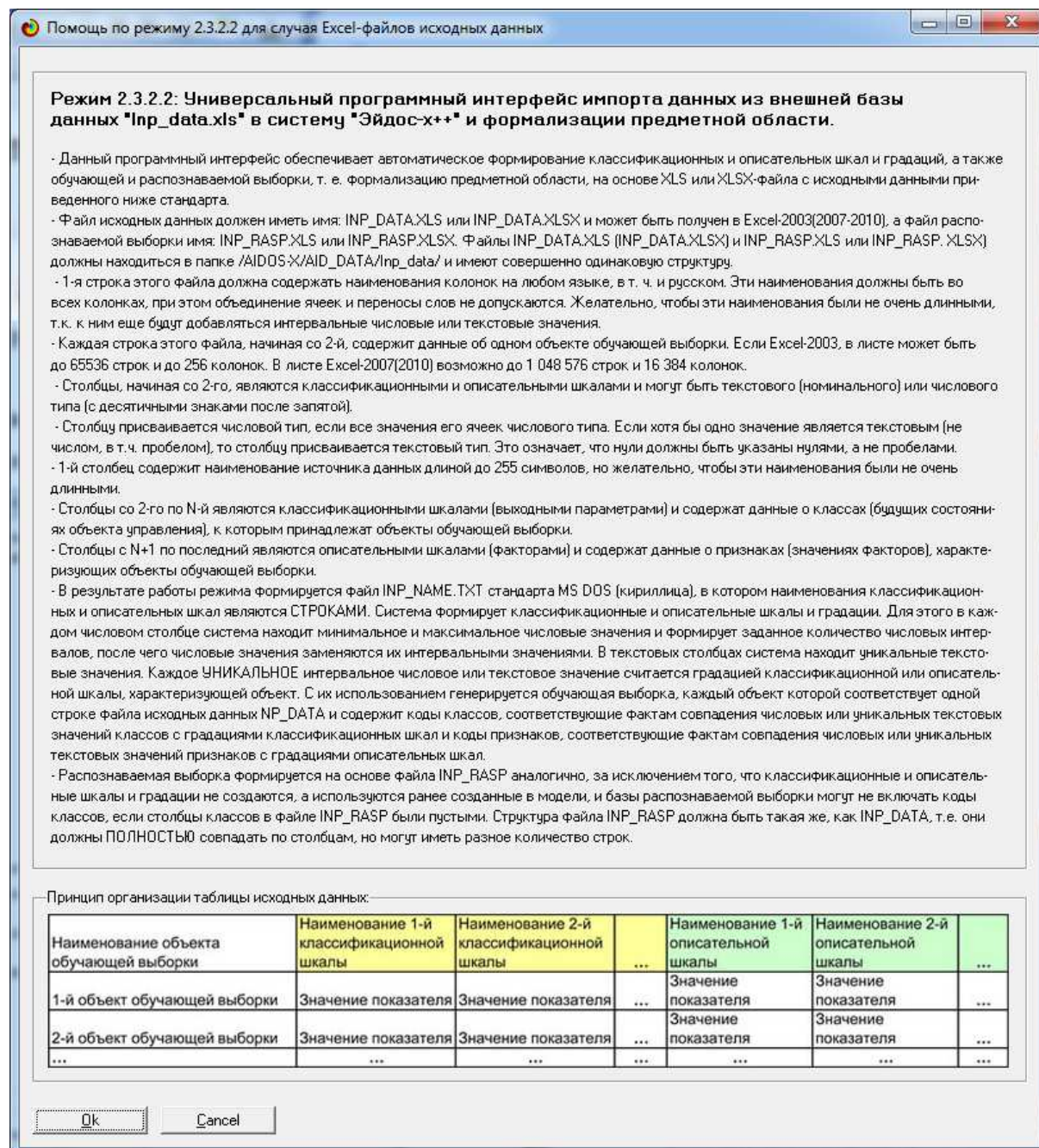


Рисунок 13. HELP универсального программного интерфейса импорта данных в систему «Эйдос»

Отметим, что действующие факторы и их конкретные значения описываются колонками 4-9 файла исходных данных, приведенного в таблице 1, а результаты действия этих факторов – колонками 2-3.

В данном случае значения всех факторов и результатов их действия, кроме типа барабана, числовые, а тип барабана – это текстовое значение.

При нажатии на 'ОК' на экранной форме, представленной на рисунке 12, система «Эйдос» загружает Excel-файл исходных данных, анализирует его и выводит экранную форму внутреннего калькулятора, представленную на рисунке 14:

2.3.2.2. Задание размерности модели системы "ЭЙДОС-Х++"

ЗАДАНИЕ В ДИАЛОГЕ РАЗМЕРНОСТИ МОДЕЛИ

Суммарное количество градаций классификационных и описательных шкал: [10 x 36]

Тип шкалы	Количество классификационных шкал	Количество градаций классификационных	Среднее количество градаций на класс. шкалу	Количество описательных шкал	Количество градаций описательных шкал	Среднее количество градаций на опис. шкалу
Числовые	2	10	5,00	5	25	5,00
Текстовые	0	0	0,00	1	11	11,00
ВСЕГО:	2	10	5,00	6	36	6,00

Задать число интервалов (градаций) в шкале:

В классификационных шкалах: В описательных шкалах:

Пересчитать шкалы и градации Параметры числ. шкал и градаций Выйти на создание модели

Рисунок 14. Внутренний калькулятор универсального программного интерфейса импорта данных в систему «Эйдос»

Здесь пользователь имеет возможность просмотреть отчет о формируемых классификационных и описательных шкалах и градациях (рисунок 15), а также задать число интервальных числовых значений в числовых шкалах (после этого нужно пересчитать шкалы и градации).

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 16. Из этой экранной формы видно, что ввод в систему

«Эйдос» данных 749 опытов из таблицы 1 осуществлен за 1 минуту 35 секунд.

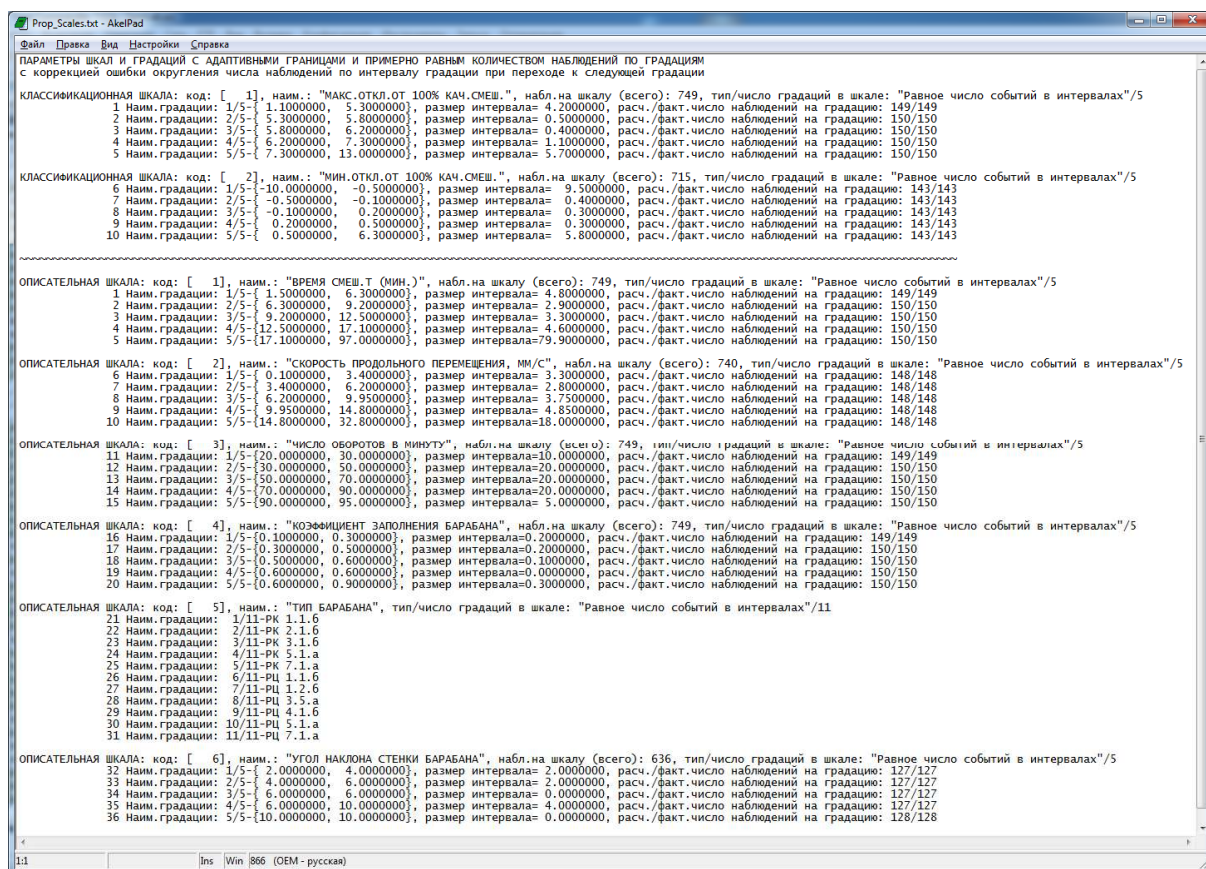


Рисунок 15. Отчет о формируемых классификационных и описательных шкалах и градациях

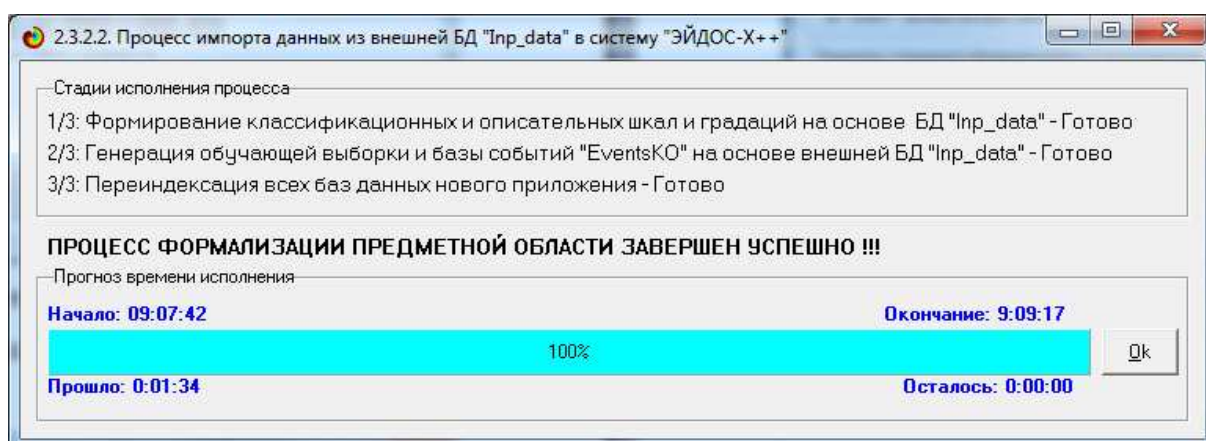


Рисунок 16. Отчет о формируемых классификационных и описательных шкалах и градациях

5.3. Синтез и верификация модели

Следующий этап АСК-анализа – это синтез и верификация (оценка достоверности) модели выполняется в режиме 3.5 при указанных параметрах (рисунок 17):

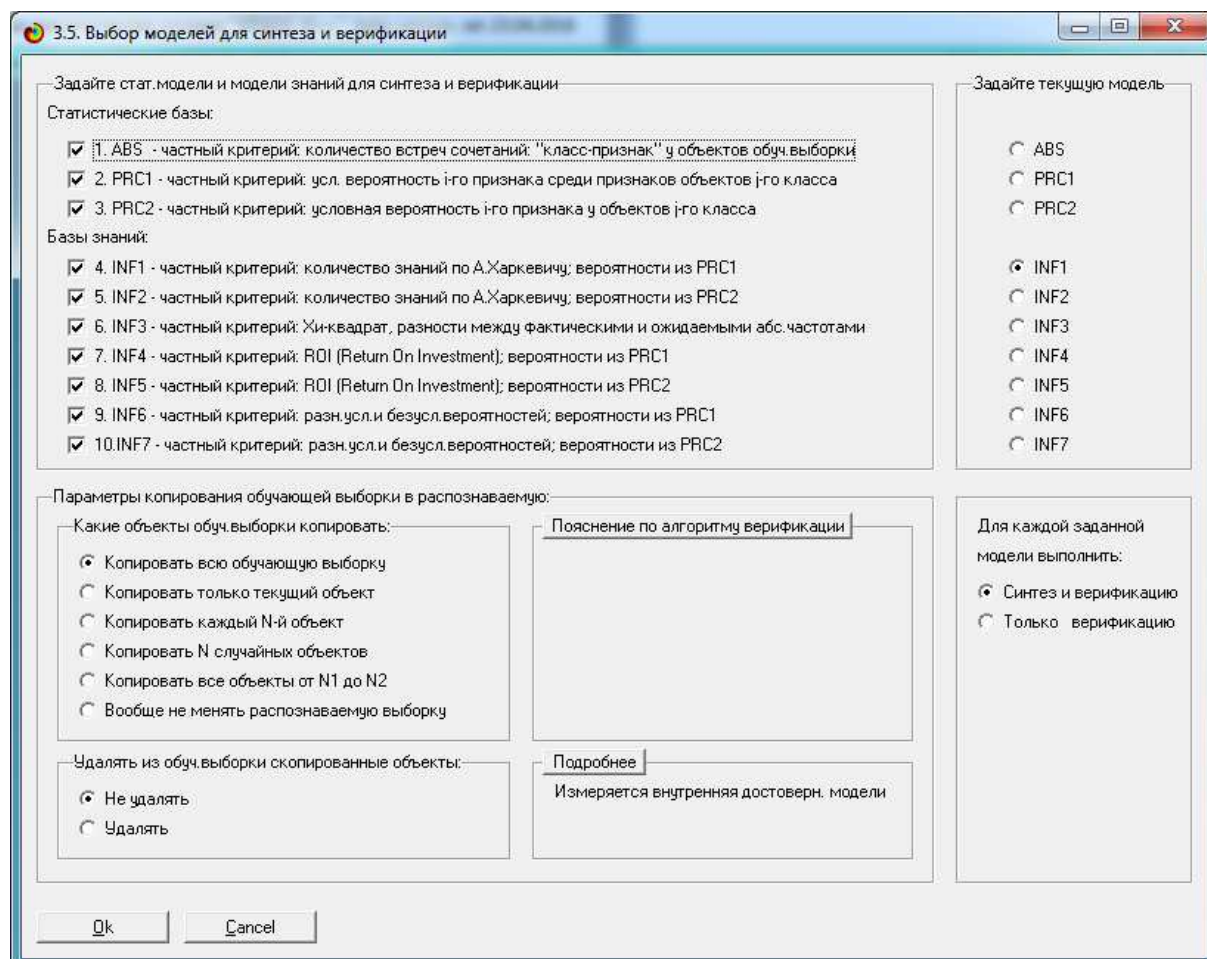


Рисунок 17. Экранная форма режима синтеза и верификации модели

Стадия процесса исполнения и его результат отображается на экранной форме, приведенной на рисунке 18. 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 2 минуты 56 секунд. Достоверность созданных моделей в соответствии с метрикой, сходной с F-критерием, приведена на рисунке 19, пояснение – на рисунке 20.

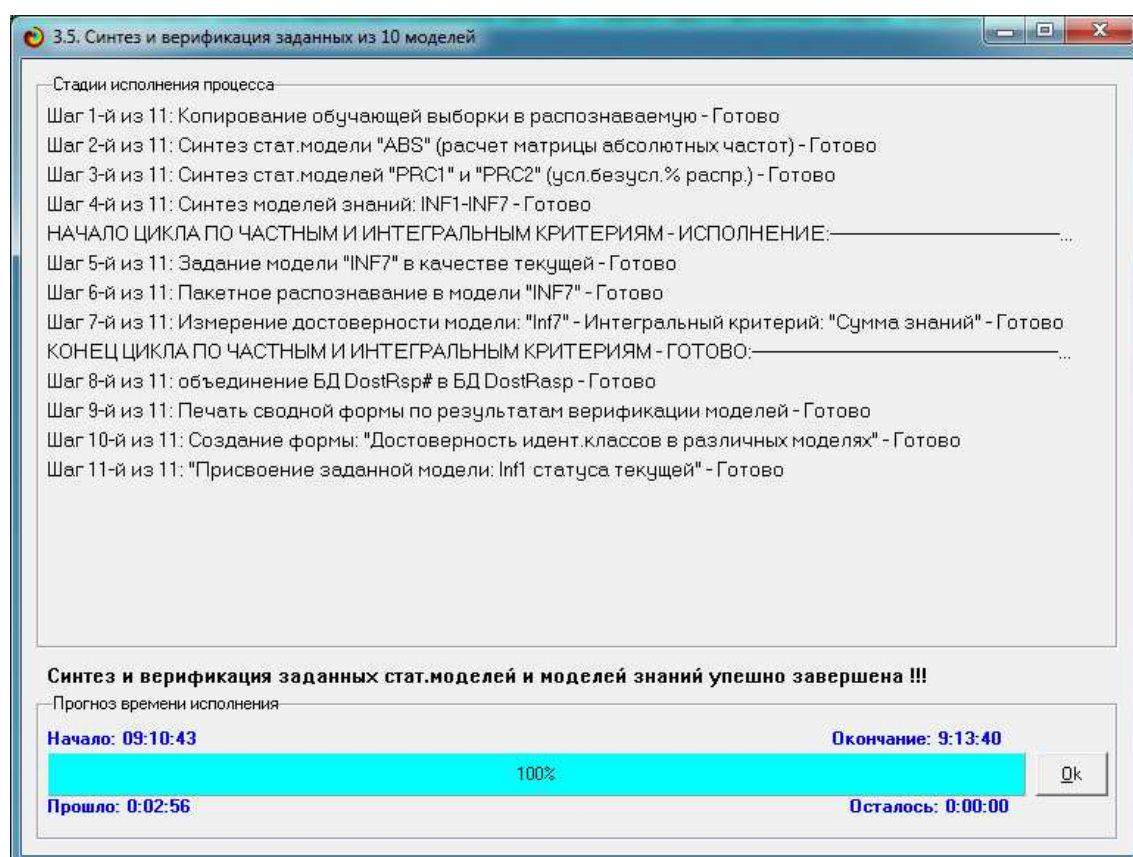


Рисунок 18. Экранная форма отображения стадии процесса синтеза и верификации модели

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

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентификации...	Вероятность правильной идентификации...	Средняя вероятность...	Дата получения результата	Время получения результата
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс..."	Корреляция абс. частот с обр...	98.531	9.492	54.011	24.04.2016	09:47:47
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма абс. частот по признакам...	100.000		50.000	24.04.2016	09:47:47
3. PRC2 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл.отн. частот с о...	98.531	9.452	53.992	24.04.2016	09:48:02
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000		50.000	24.04.2016	09:48:03
5. INF2 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака...	Корреляция усл.отн. частот с о...	98.531	9.492	54.011	24.04.2016	09:48:18
6. INF3 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака...	Сумма усл.отн. частот по приз...	100.000		50.000	24.04.2016	09:48:18
7. INF4 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	80.641	52.808	66.724	24.04.2016	09:48:34
8. INF5 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	69.359	66.815	68.087	24.04.2016	09:48:34
9. INF6 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	80.841	52.705	66.773	24.04.2016	09:48:50
10. INF7 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	71.095	65.340	68.217	24.04.2016	09:48:50
11. INF8 - частный критерий: Хинкватрат, разности между фактич...	Семантический резонанс зна...	75.567	58.971	67.269	24.04.2016	09:49:06
12. INF9 - частный критерий: Хинкватрат, разности между фактич...	Сумма знаний	75.567	58.971	67.269	24.04.2016	09:49:06
13. INF10 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	72.697	63.368	68.033	24.04.2016	09:49:22
14. INF11 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	75.834	60.080	67.957	24.04.2016	09:49:22
15. INF12 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Семантический резонанс зна...	72.697	63.215	67.956	24.04.2016	09:49:38
16. INF13 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно...	Сумма знаний	77.303	58.540	67.922	24.04.2016	09:49:38
17. INF14 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	73.498	60.326	66.912	24.04.2016	09:49:53
18. INF15 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; вер...	Сумма знаний	75.567	57.639	66.603	24.04.2016	09:49:53
19. INF16 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	73.965	59.741	66.853	24.04.2016	09:50:09
20. INF17 - частный критерий: разн. усл. и безуслов. вероятностей; ве...	Сумма знаний	77.170	55.759	66.465	24.04.2016	09:50:09

Помощь

Рисунок 19. Достоверность созданных моделей в соответствии с метрикой, сходной с F-критерием

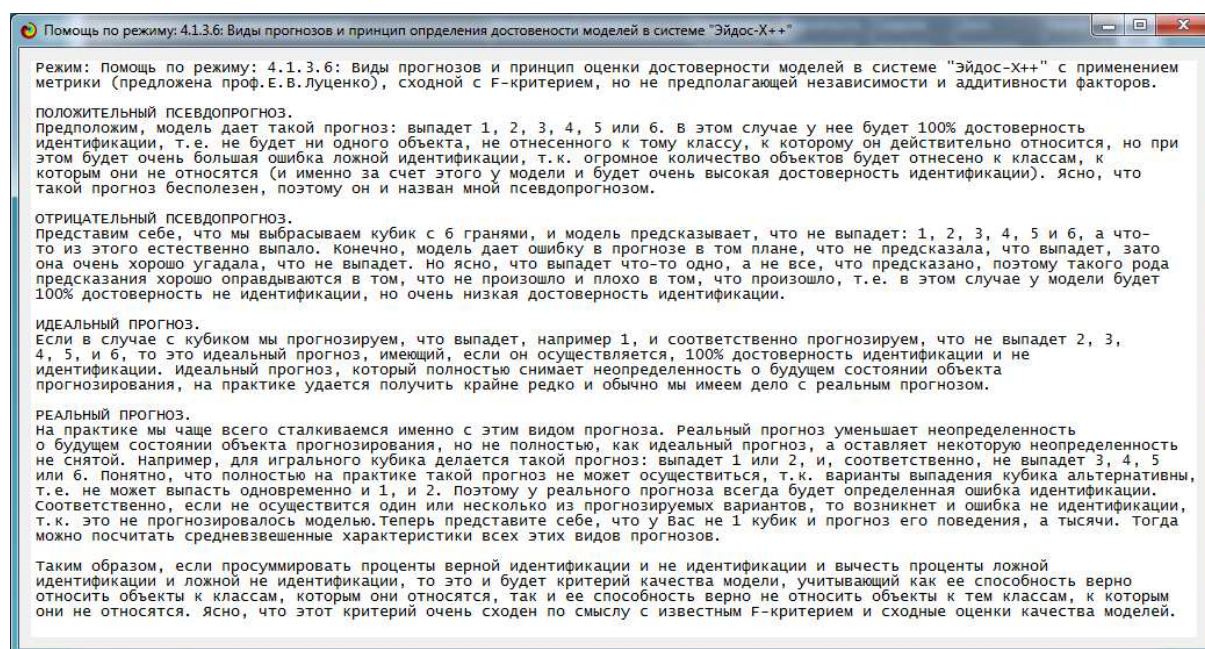


Рисунок 20. Пояснение по метрике, сходной с F-критерием

Из рисунка 8 видно, что в модели INF1, основанной на частном критерии с использованием количества знаний по А.Харкевичу, получена достоверность идентификации более 80% и достоверность неидентификации более 50%. Для целей данной работы, т.е. для определения рациональных конструктивных особенностей и режимов работы релятивных барабанов для качественного смешивания комбикормов, этого достаточно.

Этим самым решена проблема, поставленная в работе и созданы условия для определения рациональных конструктивных особенностей и режимов работы релятивных барабанов для качественного смешивания комбикормов.

5.4. Исследование моделируемого объекта путем исследования его модели

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 (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 определения рациональных конструктивных особенностей и режимов работы релятивных барабанов для качественного смешивания комбикормов

Рассмотрим приведенную на рисунке 21 когнитивную диаграмму:

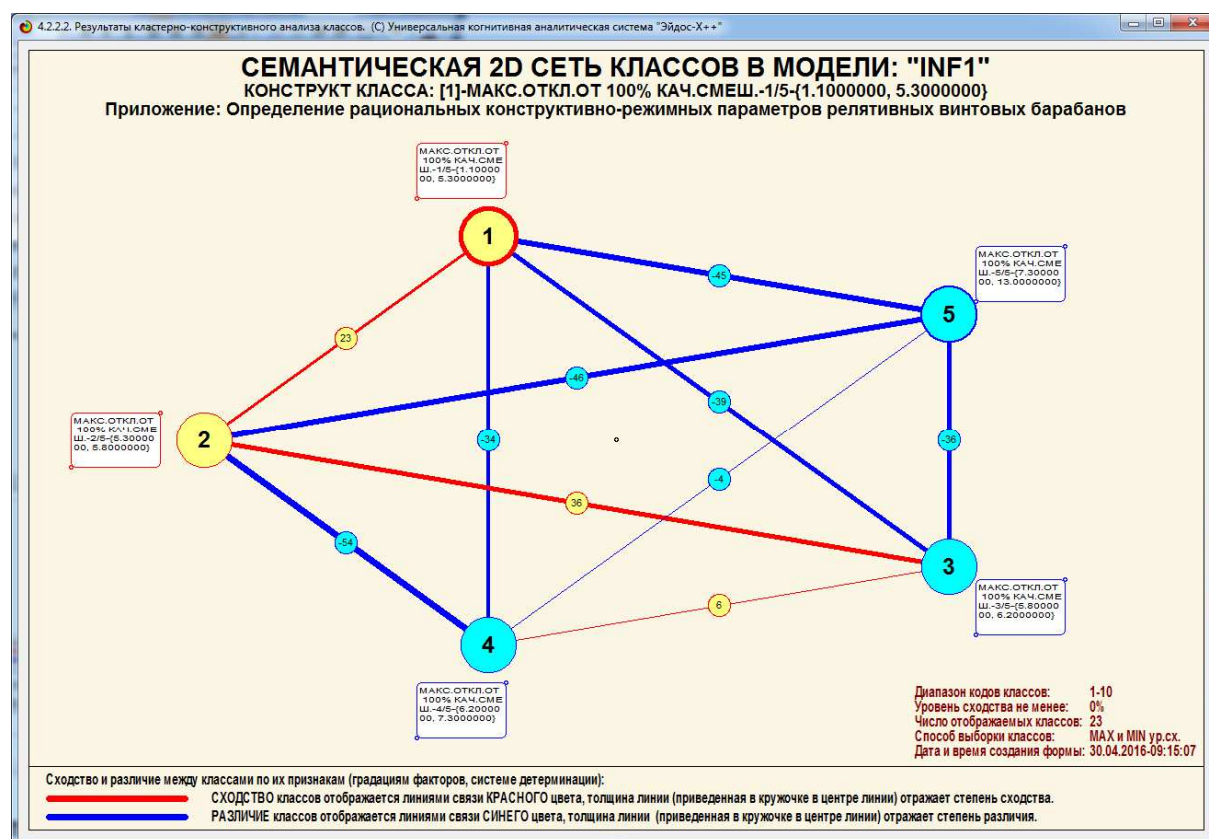


Рисунок 21. Сходство результатов смешивания комбикормов по системе обуславливающих их факторов. Критерий качества: «Максимальное отклонение от 100% качественным смешиванием»

Из рисунка 21 видно, что очень хорошее качество смеси (код 1) получается под действием факторов, сходных с теми, при которых получается хорошее качество (код 2), и отличается от системы факторов, обуславливающих среднее, плохое и очень плохое качество (коды 3, 4 и 5 соответственно). При этом система факторов, характерная для хорошего качества (код 2), сходна с системой среднего качества (3), а та, в свою очередь, с системой факторов плохого качества (код 4). Система факторов, при которой получается очень плохое качество смеси (код 5) отличается от систем факторов, обуславливающих любой другой результат.

Сходный результат получается по другому критерию качества (рисунки 22):

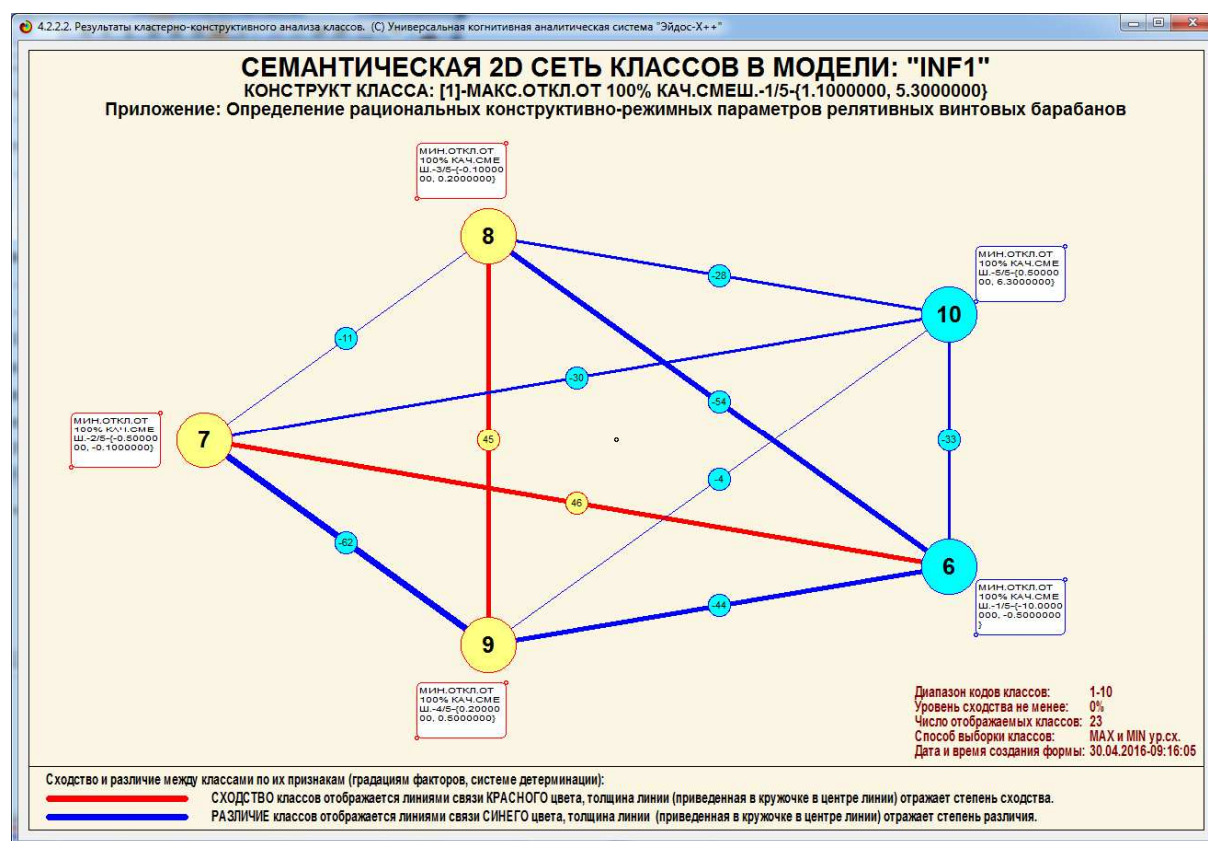


Рисунок 22. Сходство результатов смешивания комбикормов по системе обуславливающих их факторов. Критерий качества: «Минимальное отклонение от 100% качественным смешиванием»

Очень хорошие и хорошие результаты (коды 6, 7) сходны по системе детерминирующих их факторов друг с другом, так же как сходны друг с

другом средние и плохие результаты (коды 8, 9), а очень плохие результаты (код 10) сильно отличаются от всех других.

Во всем этом есть определенная логика. По-видимому, есть основания уменьшить число градаций уровней качества с 5 до 3, оставив очень плохое качество и объединив высшее и просто хорошее качество; среднее и низкое качество. Тогда получаться такие градации: высокое, среднее и низкое качество.

На рисунке 23 приведена в форме нелокального нейрона система детерминации очень хороших результатов смешивания комбикормов:

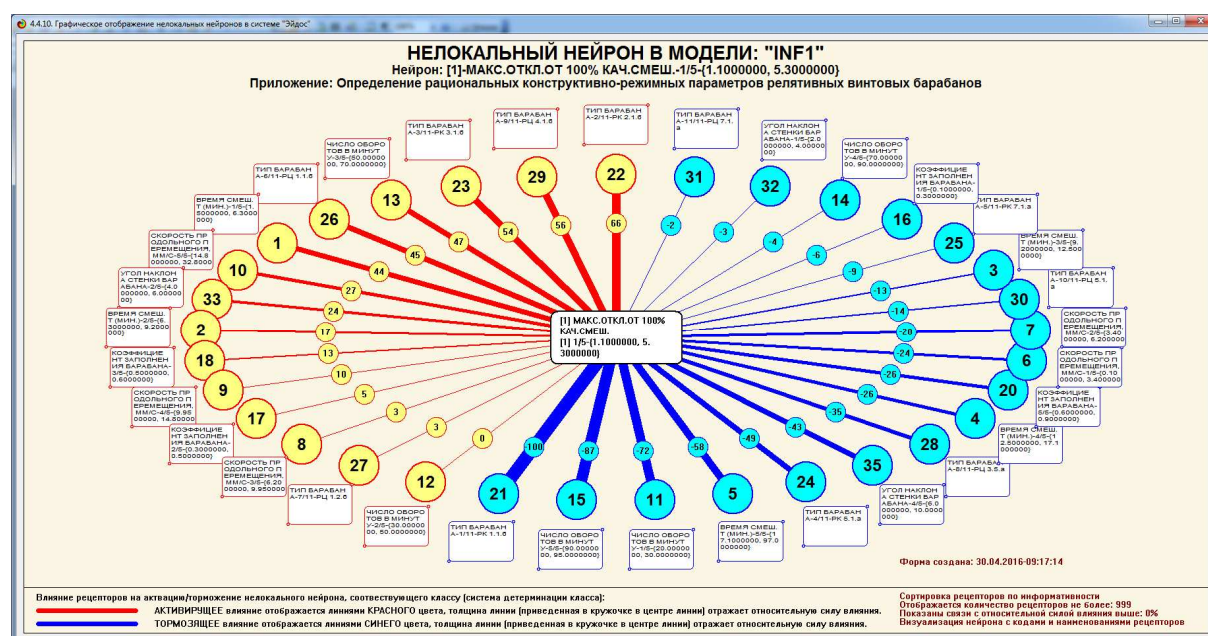


Рисунок 23. Детерминация очень хороших результатов смешивания

В центре диаграммы изображено обозначение данного результата смешивания. 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.

5.5. Определение рациональных конструктивных особенностей и режимов работы релятивных барабанов для смешивания комбикормов

5.1.1. Прямые и обратные SWOT-диаграммы

Система «Эйдос» является единственной на данный момент системой, обеспечивающей *полностью автоматизированное определение весов непосредственно на основе эмпирических данных без участия экспертов* и построение SWOT-матриц и SWOT-диаграмм [25, 35].

Прямые SWOT-диаграммы похожи на классические уже известные и показывают силу и направление влияния значений факторов на достижение заданного состояния (рисунки 24 и 25).

Обратные SWOT-диаграммы предложены в работе [35] и показывают достижению каких состояний и в какой степени способствует и препятствует некоторое заданное значение фактора. Например, на рисунках 26 и 27, показано влияние типа барабана РК2.1.б на качество получаемой смеси.

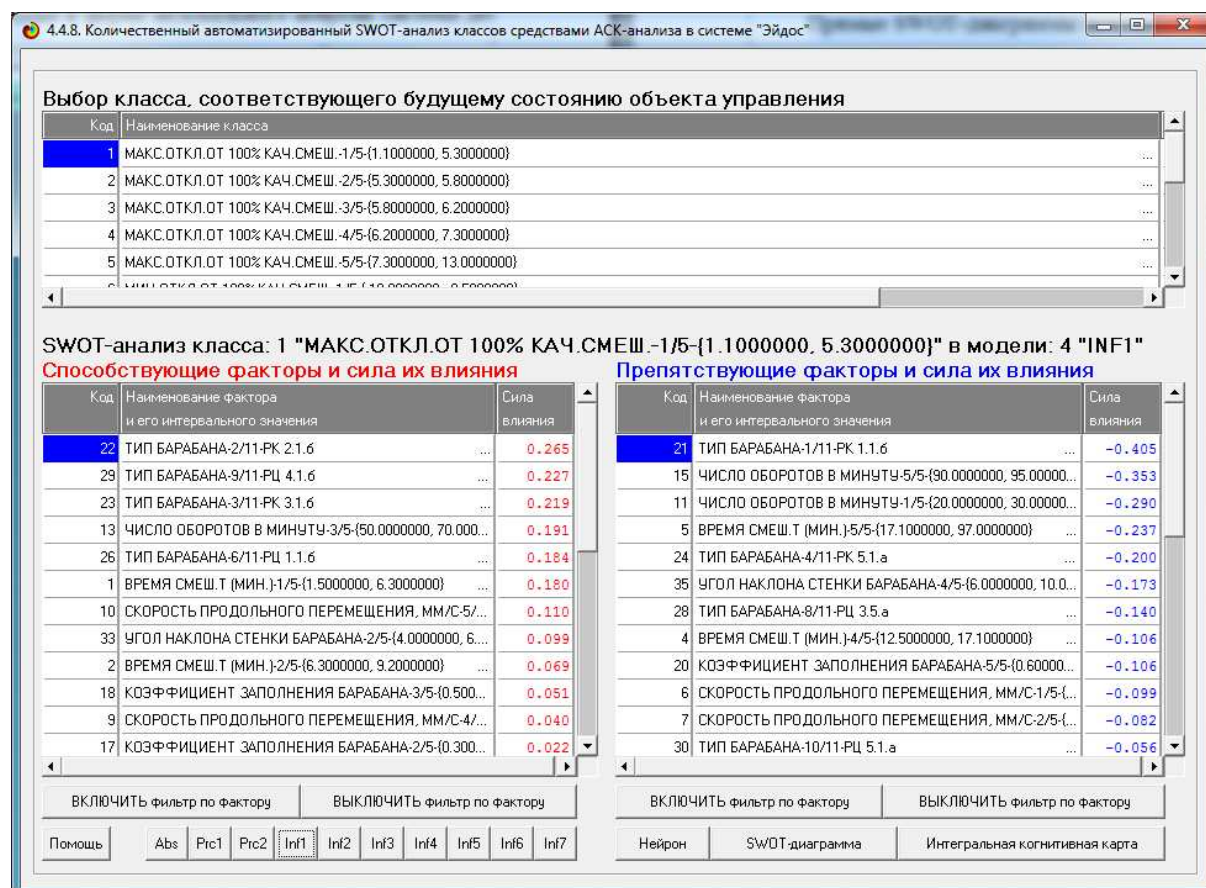


Рисунок 24. Прямая SWOT-матрица результата: «Очень высокое качество смешивания комбикормов» без фильтрации факторов

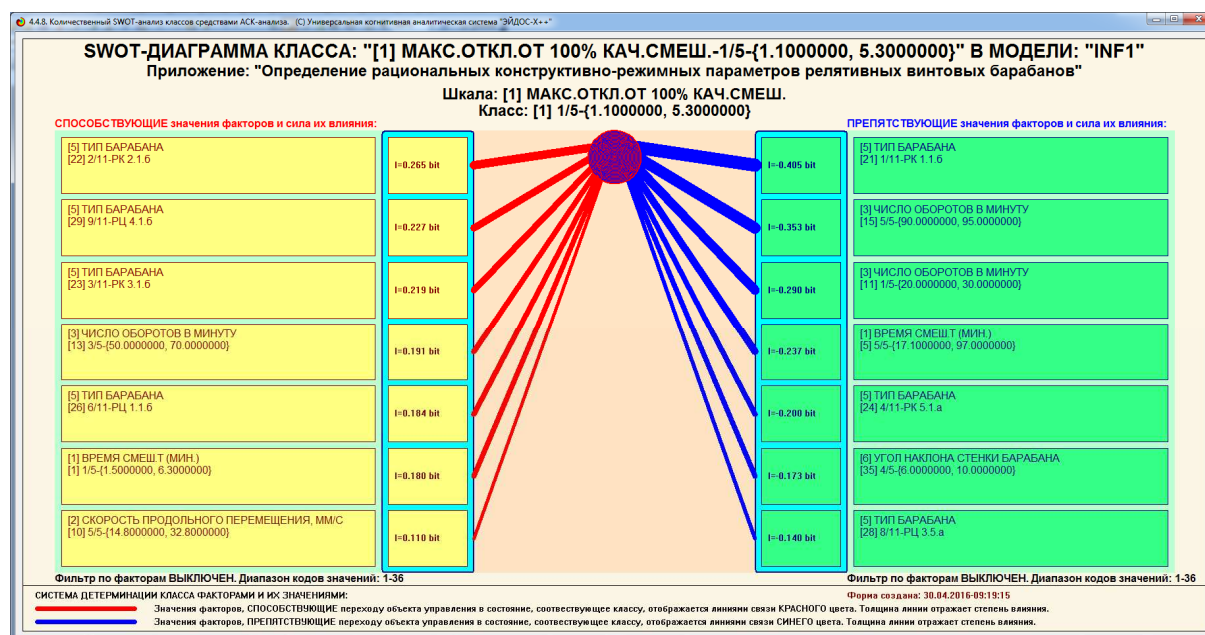


Рисунок 25. Прямая SWOT-диаграмма результата: «Очень высокое качество смешивания комбикормов» без фильтрации факторов

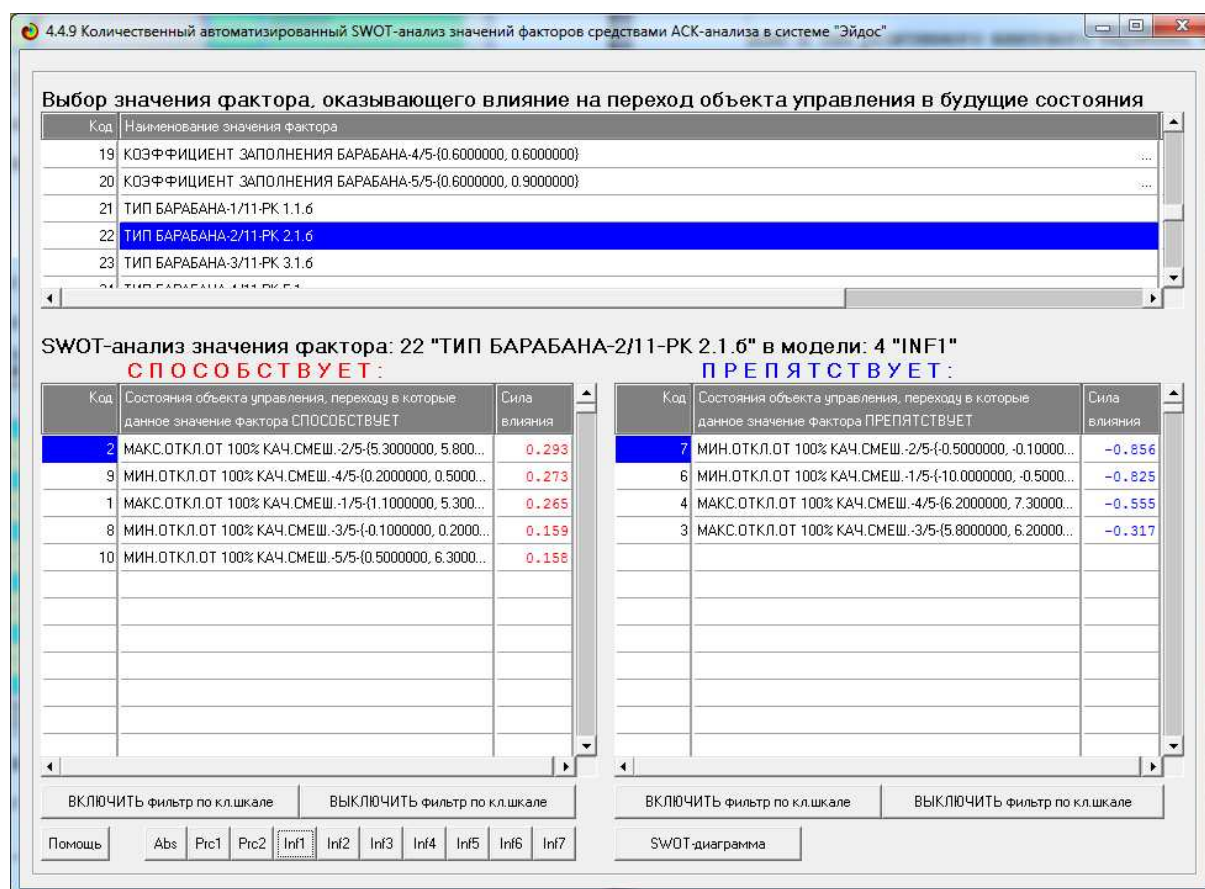


Рисунок 26. Влияние типа релятивного винтового барабана РК 2.1.6 на качество получаемой смеси комбикормов

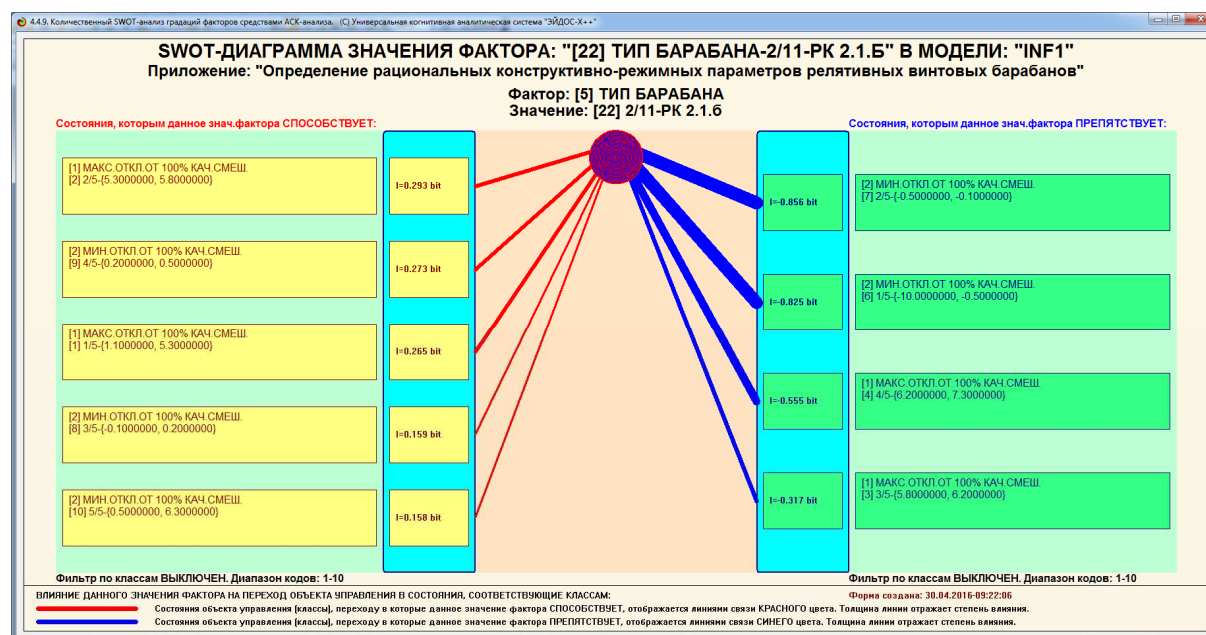


Рисунок 27. Влияние типа релятивного винтового барабана РК 2.1.6 на качество получаемой смеси комбикормов

В экранных формах SWOT-матрицы, представленной на рисунке 24, можно задать фильтрацию по фактору. Тогда на матрице и соответствующей SWOT-диаграмме будет отражена сила и направление влияния только значений этого фактора на достижение заданного результата (аналогичная возможность есть и в обратных SWOT-матрицах). Эта возможность позволяет выработать научно-обоснованные рекомендации по рациональным значениям каждого фактора, наиболее сильно влияющим на получение очень высокого качества смеси. В нашей модели есть факторы, отражающие и тип релятивного винтового барабана, и параметров режима его работы.

Получим SWOT-диаграммы с фильтрацией по каждому из факторов по очереди (рисунки 28-33) и сформулируем полученные на основе них выводы рекомендации по выбору рациональных значений каждого из факторов (сами эти выводы приведем в разделе в соответствующем разделе).

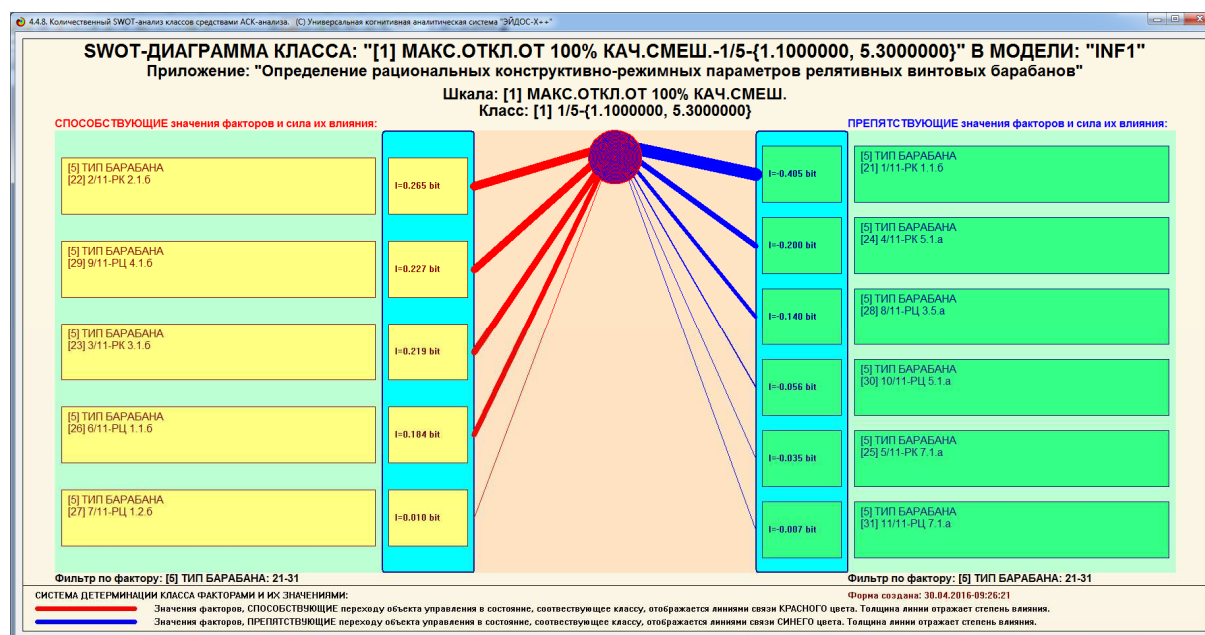


Рисунок 28. Влияние типа релятивного винтового барабана на получение комбикормовой смеси очень высокого качества

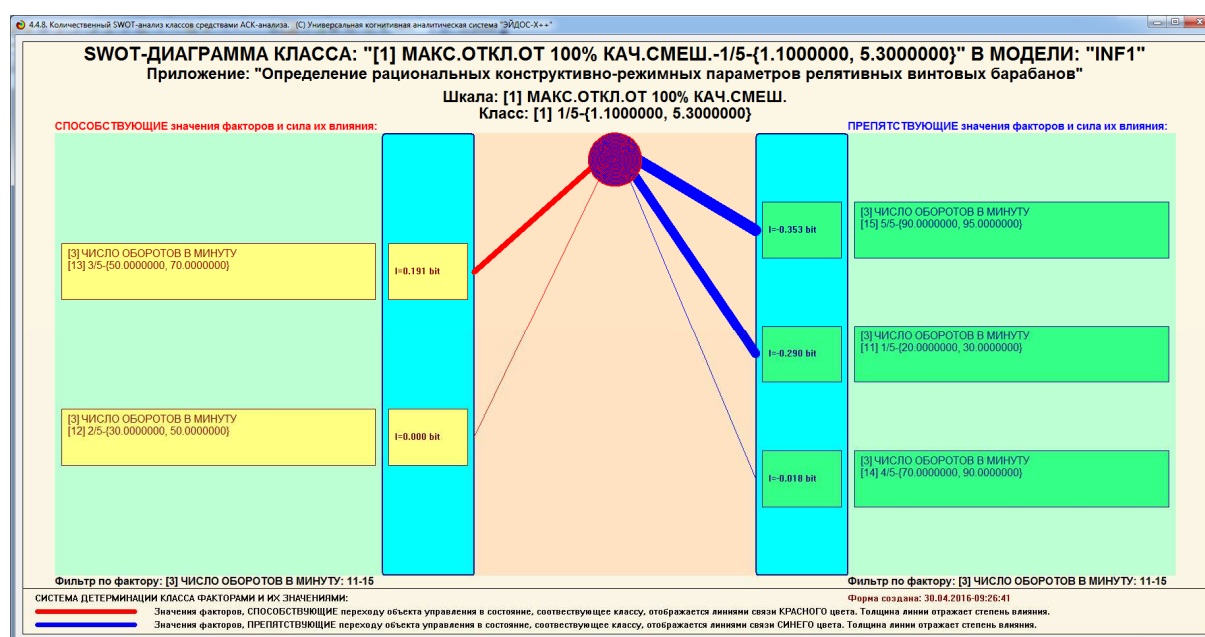


Рисунок 29. Влияние числа оборотов в минуту релятивного винтового барабана на получение комбикормовой смеси очень высокого качества

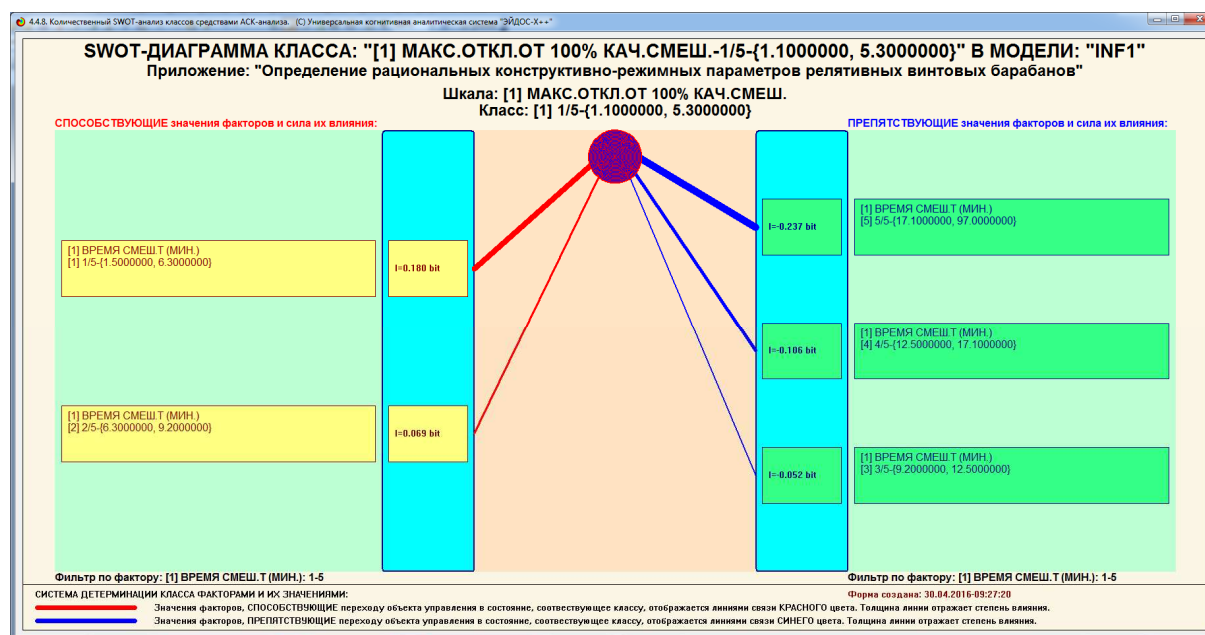


Рисунок 30. Влияние длительности смешивания комбикормов на релятивном винтовом барабане на получение комбикормовой смеси очень высокого качества

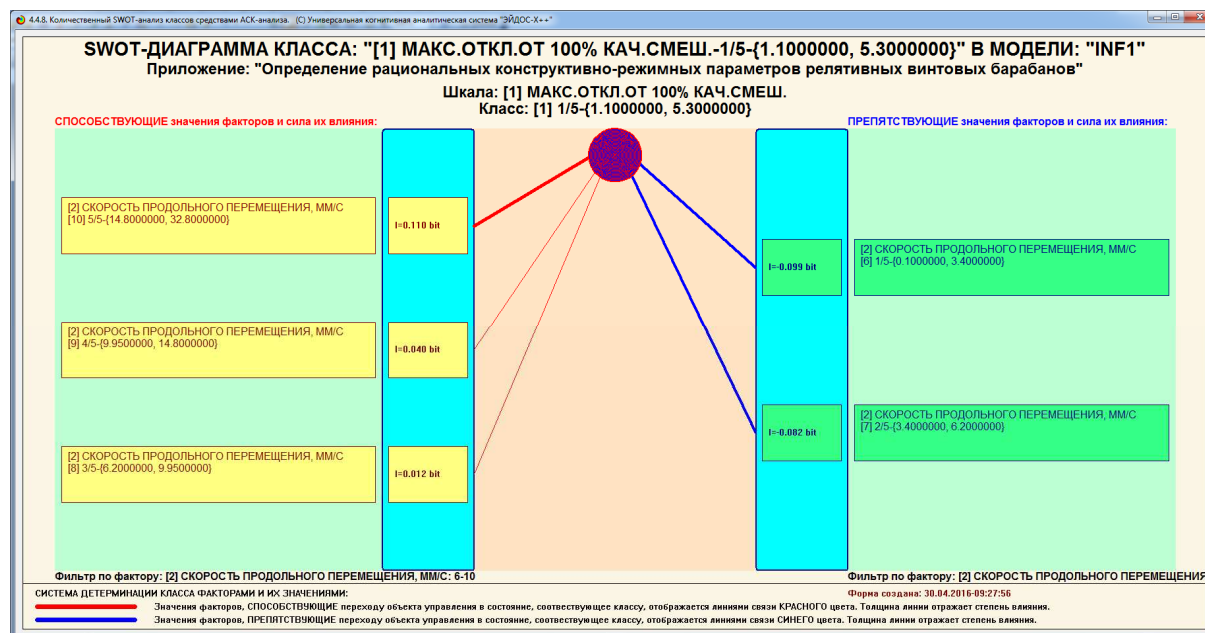


Рисунок 31. Влияние скорости продольного перемещения смеси комбикормов на релятивном винтовом барабане на получение комбикормовой смеси очень высокого качества

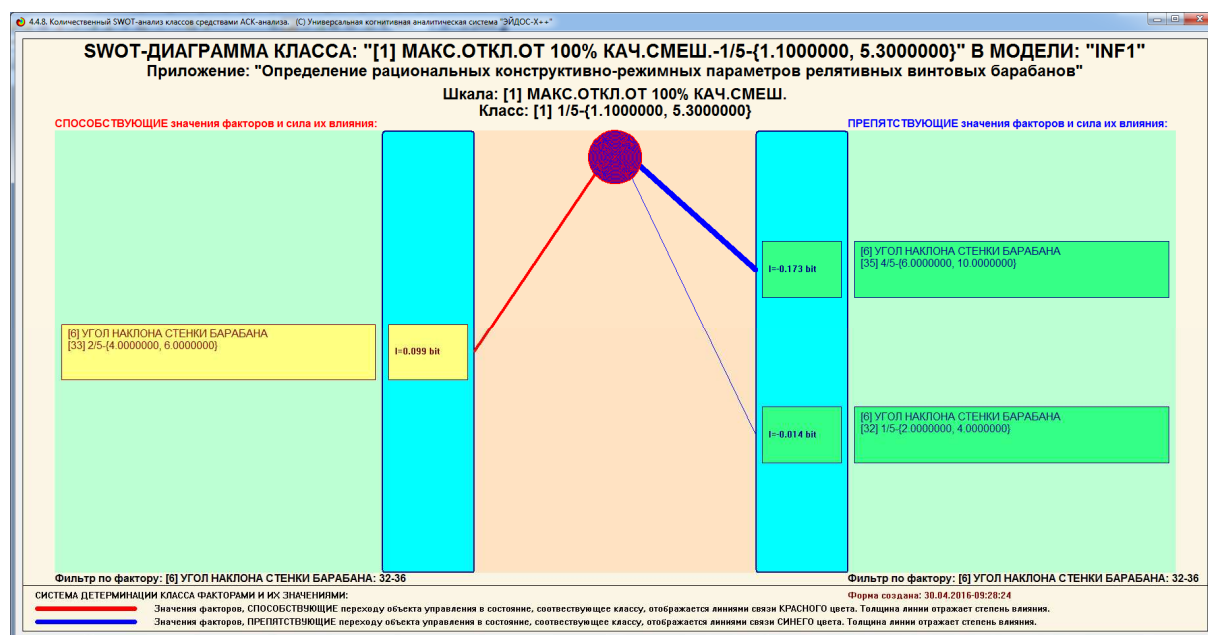


Рисунок 32. Влияние угла наклона стенок релятивного винтового барабана на получение комбикормовой смеси очень высокого качества

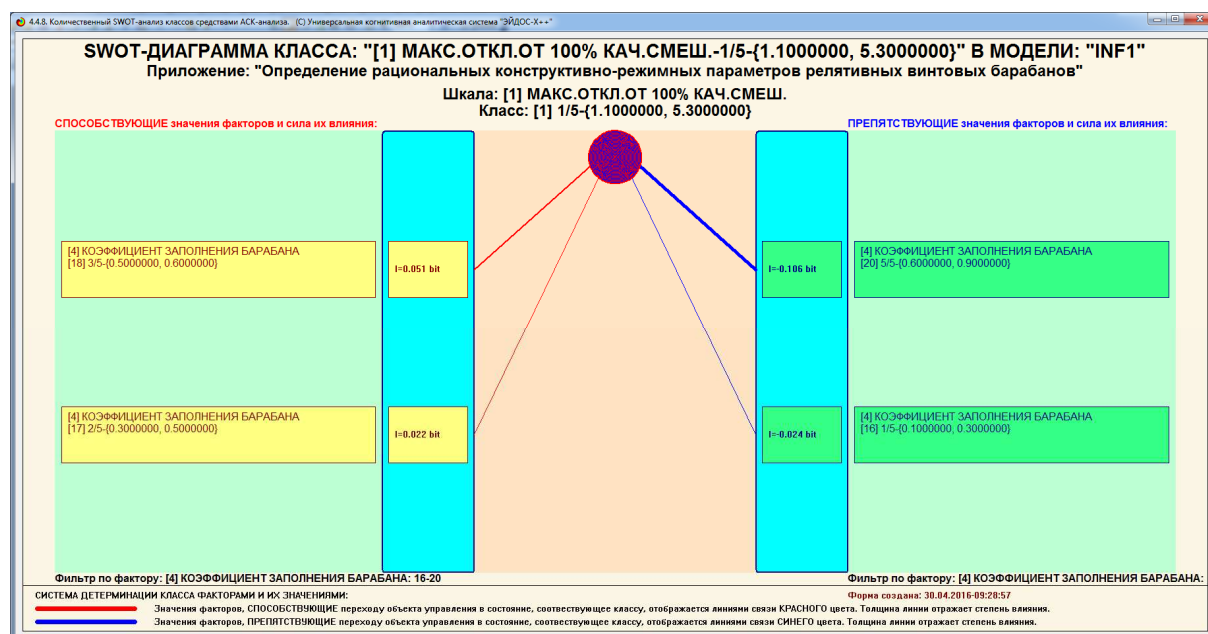


Рисунок 33. Влияние коэффициента заполнения релятивного винтового барабана на получение комбикормовой смеси очень высокого качества

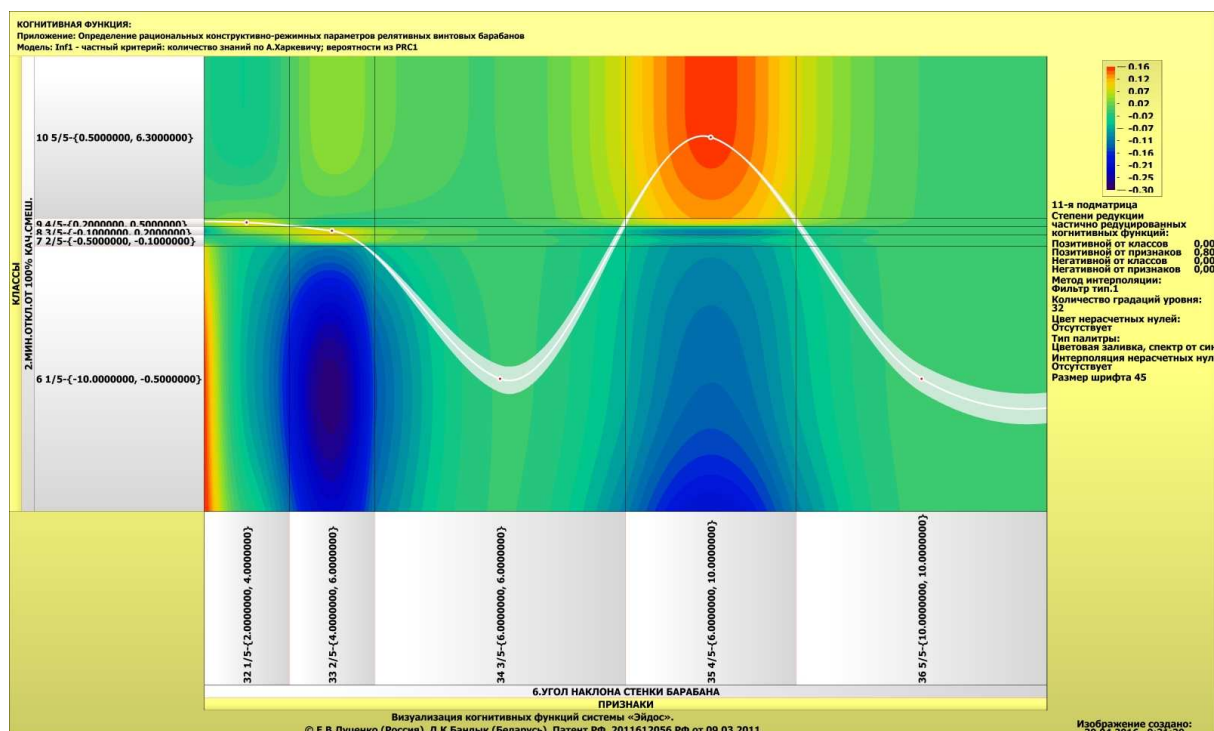
5.5.2. Когнитивные функции

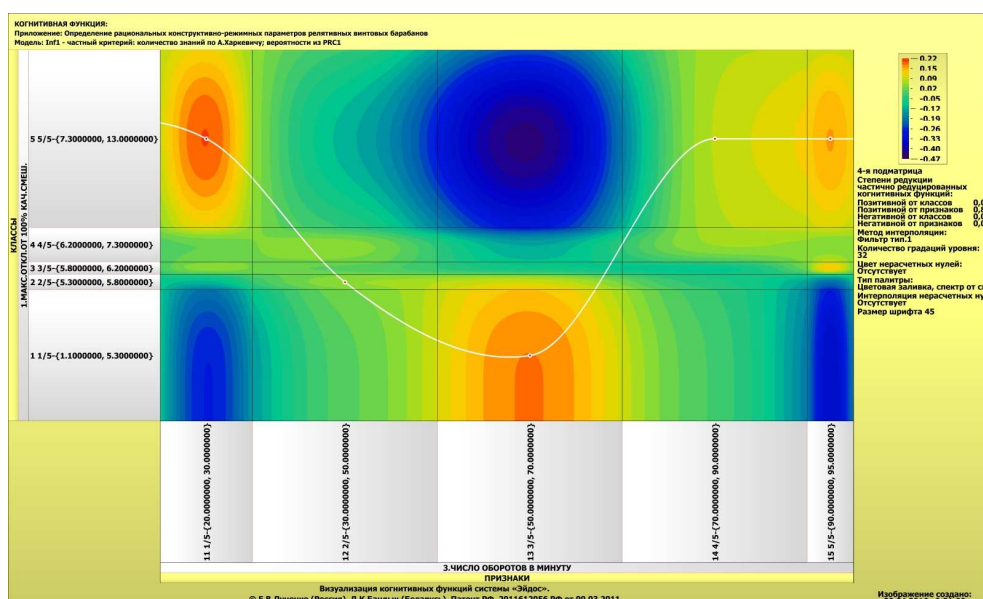
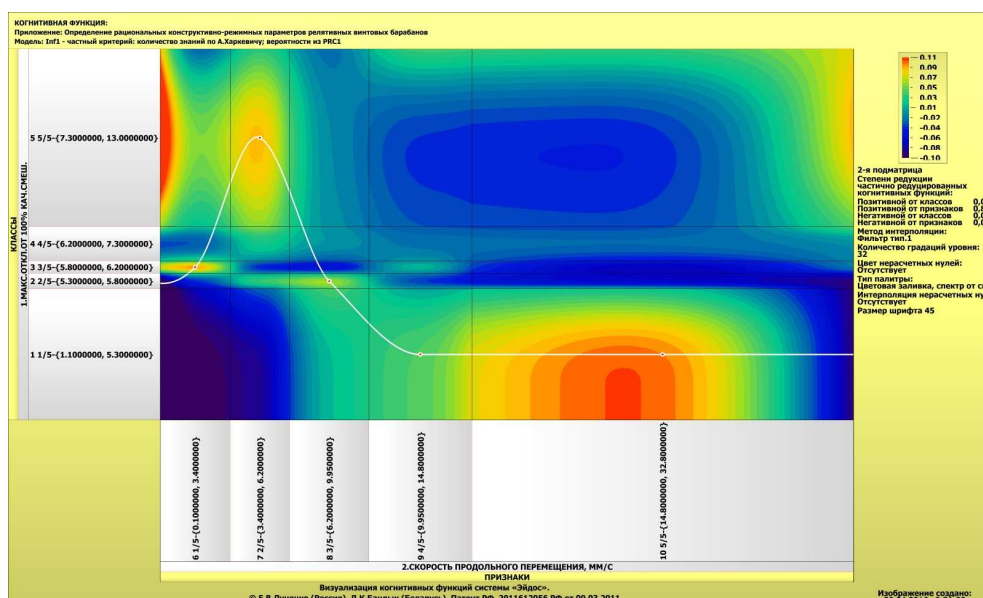
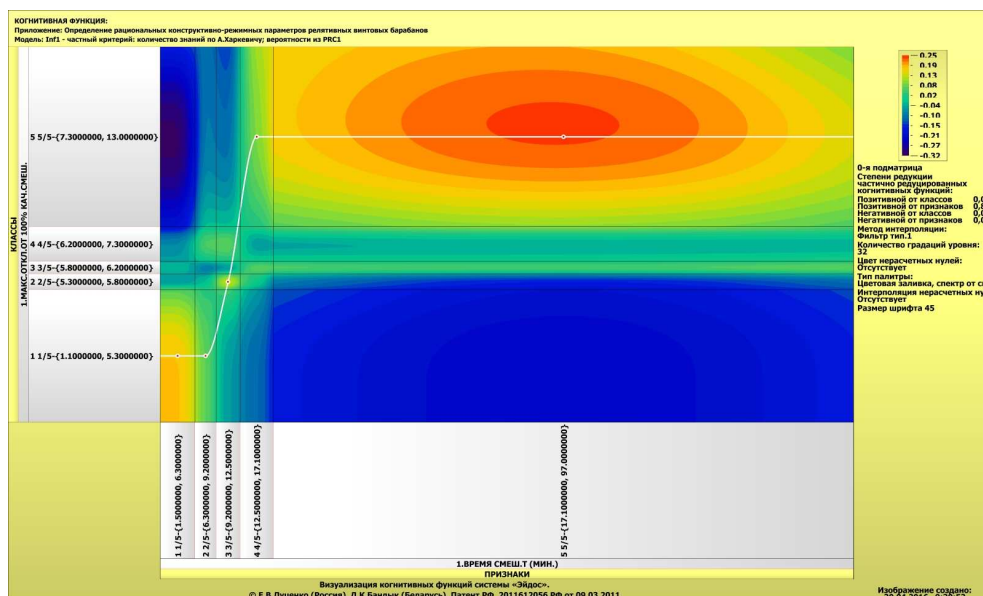
Система «Эйдос» является единственной на данный момент системой, обеспечивающей полностью автоматизированное определение количества информации в значениях аргумента о значениях функции непосредственно на основе эмпирических данных и визуализацию на этой основе прямых, обратных, позитивных, негативных, полностью и частично редуцированных когнитивных функций [35, 36].

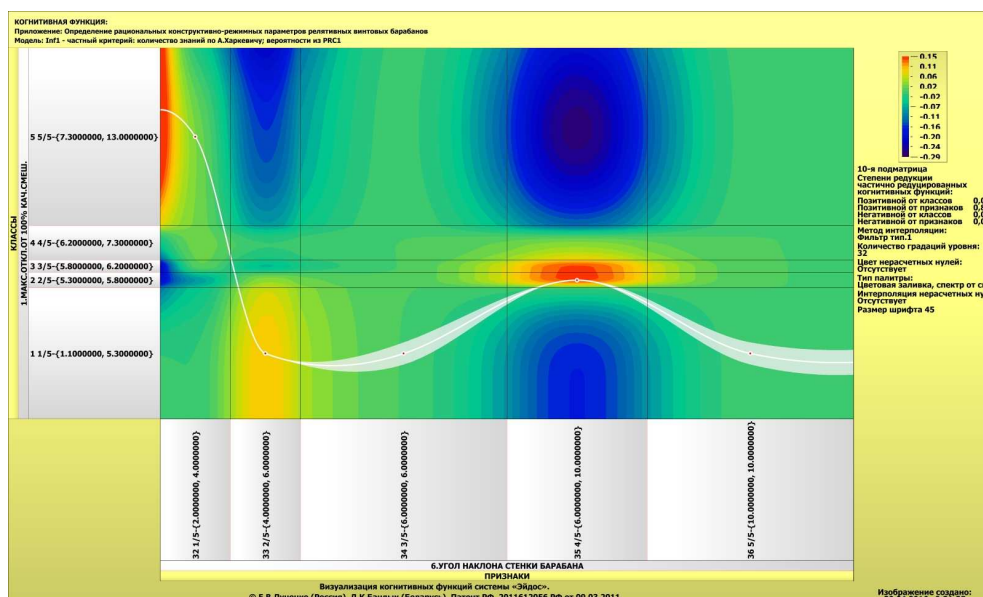
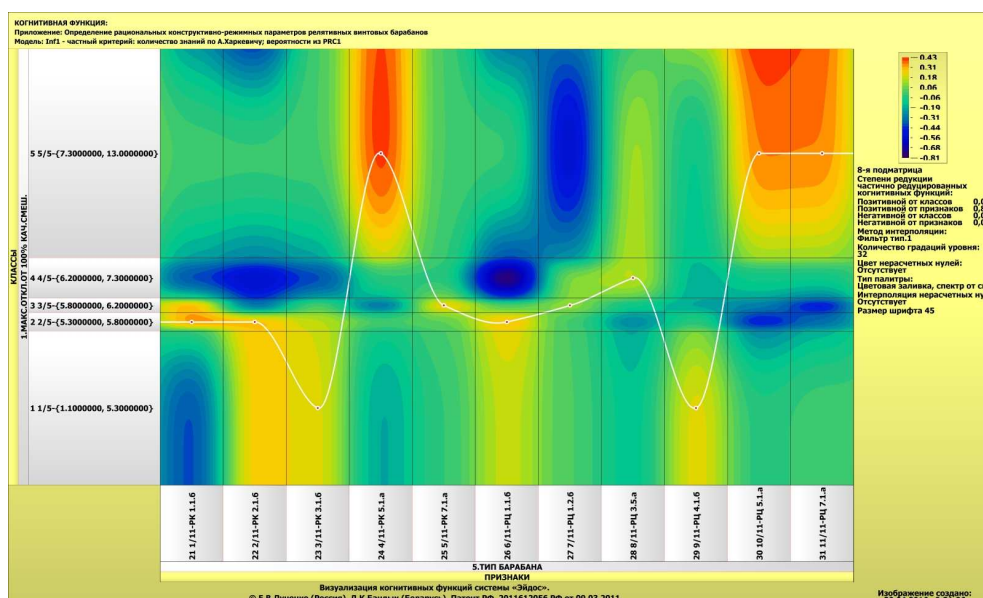
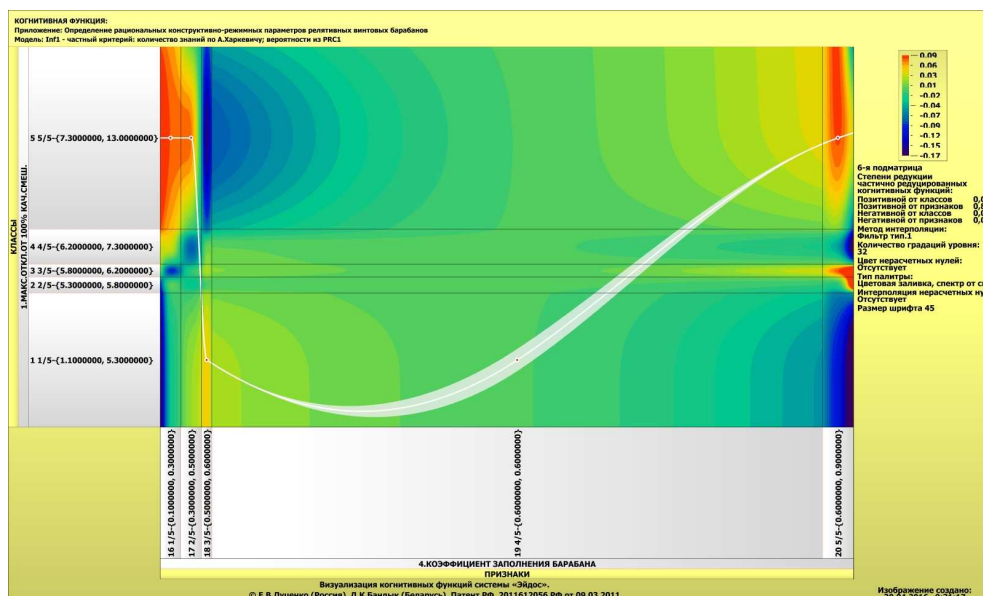
Когнитивная функция представляет собой графическое отображение силы и направления влияния различных значений некоторого фактора на переходы объекта управления в будущие состояния, соответствующие классам. Когнитивные функции представляют собой новый перспективный инструмент отражения и наглядной визуализации закономерностей и эмпирических законов. Разработка содержательной научной интерпретации когнитивных функций представляет собой способ познания природы, общества и человека. Когнитивные функции могут быть: прямые, отражающие зависимость классов от признаков, обобщающие информационные портреты признаков; обратные, отражающие зависимость признаков от классов, обобщающие информационные портреты классов; позитивные, показывающие чему способствуют система детерминации; негативные, отражающие чему препятствуют система детерминации; средневзвешенные, отражающие совокупное влияние всех значений факторов на поведение объекта (причем в качестве весов наблюдений используется количество информации в значении аргумента о значениях функции) различной степенью редукции или степенью детерминации, которая отражает в графической форме (в форме полосы) количество знаний в аргументе о значении функции и является аналогом и обобщением доверительного интервала. Если отобразить подматрицу матрицы знания, отображая цветом силу и

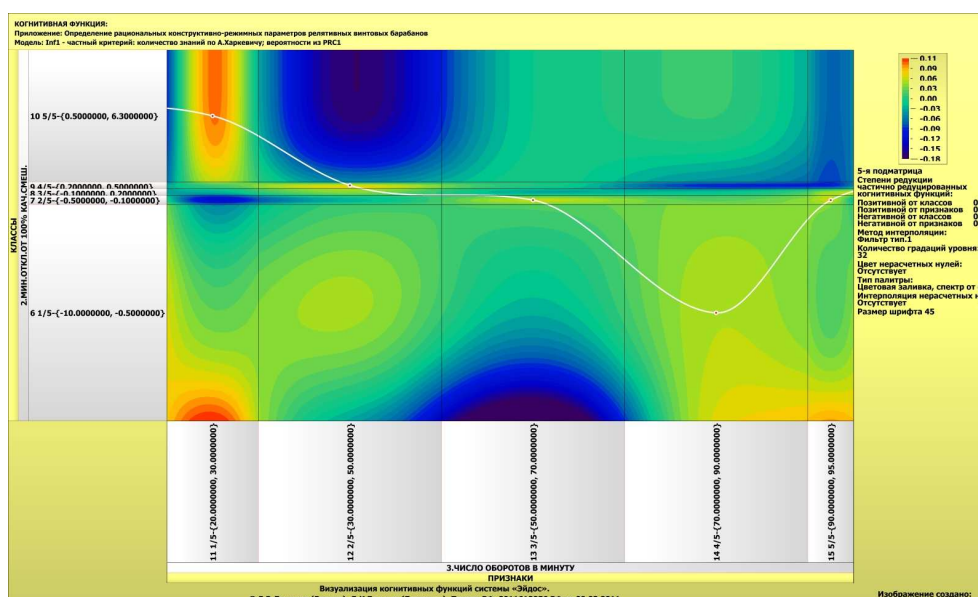
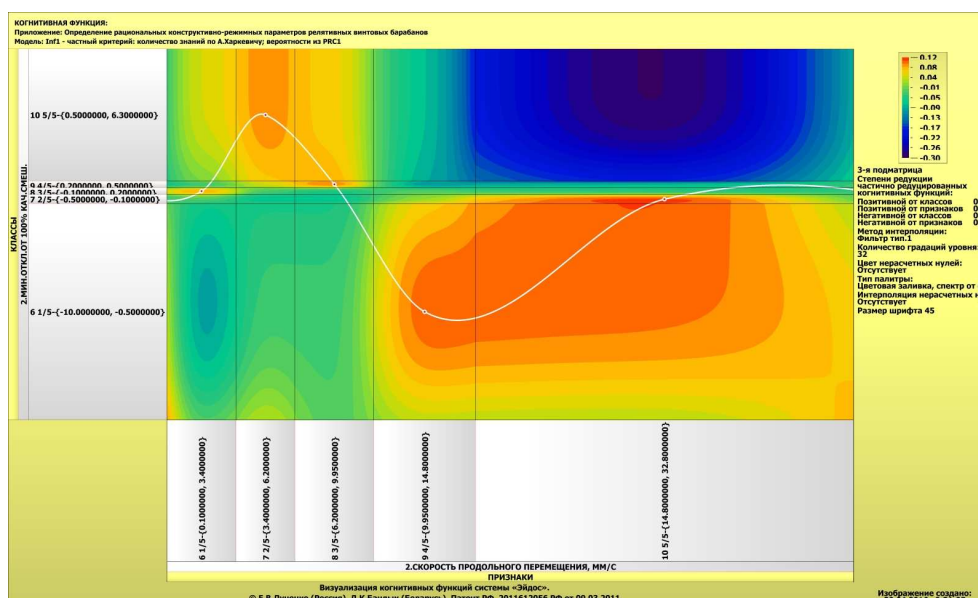
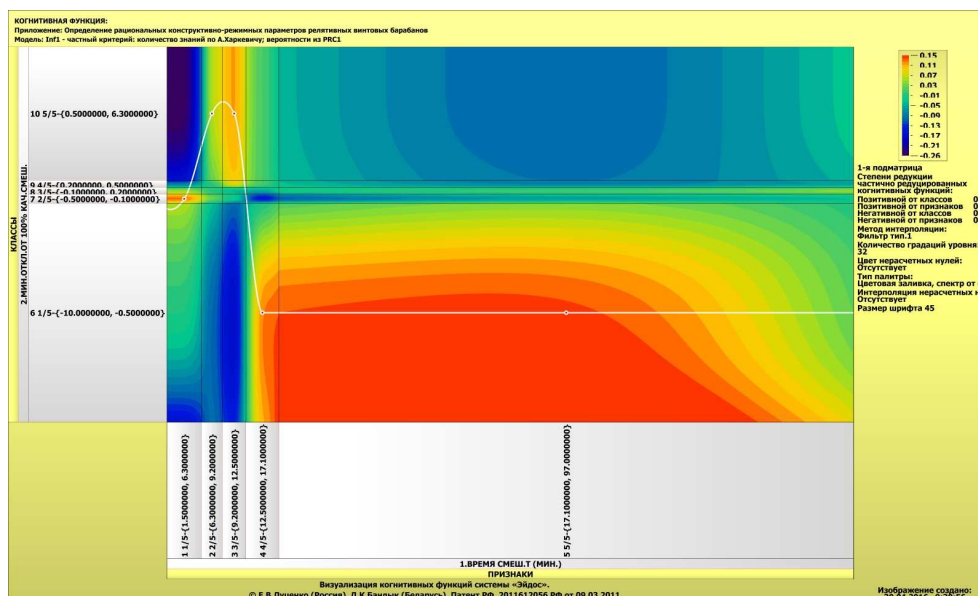
направление влияния каждой градации некоторой описательной шкалы на переход объекта в состояния, соответствующие классам некоторой классификационной шкалы, то получим нередуцированную когнитивную функцию. Когнитивные функции являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, предоставляемым системой "Эйдос". Необходимо отметить, что на вид функций влияния математической моделью АСК-анализа не накладывается никаких ограничений, в частности, они могут быть и не дифференцируемые.

На рисунке 34 приведены изображения когнитивных функций, отражающих силу и направление влияния различных факторов (конструктивных особенностей винтовых релятивных барабанов и режимов их работы) на качество получаемой комбикормовой смеси. В созданной и исследуемой модели отражено влияние 6 факторов на 2 параметра качества комбикормовой смеси, поэтому получается 12 когнитивных функций.









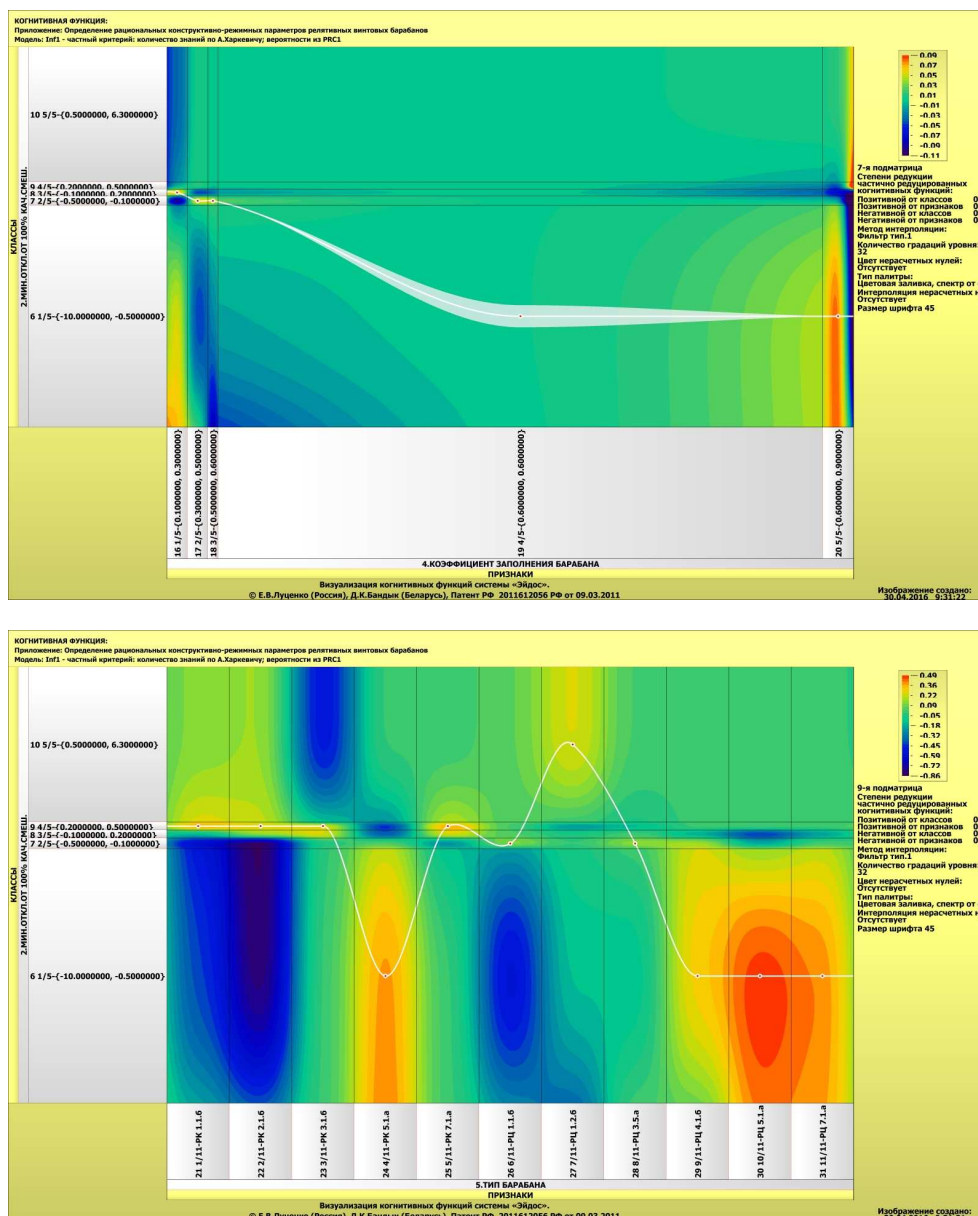


Рисунок 34. Когнитивные функции, отражающие силу и направление влияния различных факторов (конструктивных особенностей винтовых релятивных барабанов и режимов их работы) на качество получаемой комбикормовой смеси

Отметим, что полученные зависимости обнаружены непосредственно на основе эмпирических данных путем преобразования их в информацию, а ее в знания [25] и отражают факты, а не их теоретическое объяснение (теоретическую интерпретацию), разработка которых является делом специалиста, хорошо содержательно разбирающегося в моделируемой предметной области.

Например, рассмотрим когнитивную функцию зависимости одного из показателей качества комбикормовой смеси от числа оборотов винтового релятивного барабана в минуту (рисунок 35):

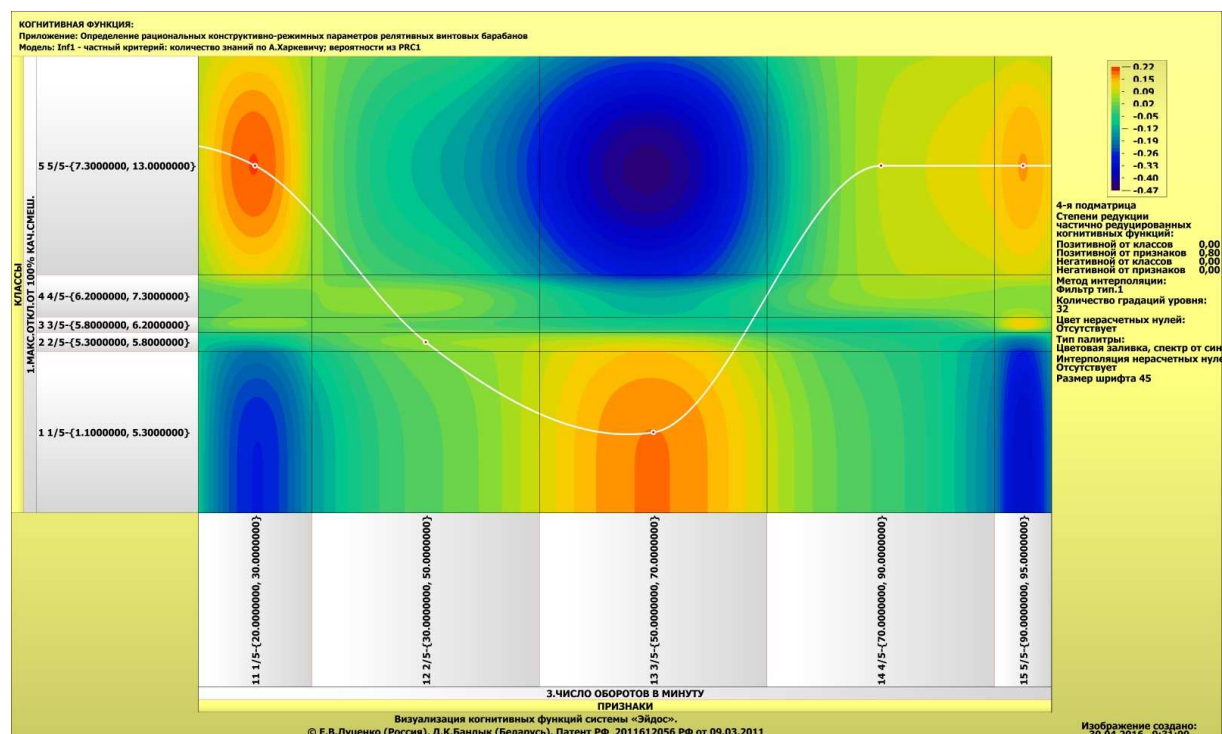


Рисунок 35. Когнитивная функция зависимости показателя качества комбикормовой смеси от числа оборотов винтового релятивного барабана в минуту

Цвет на рисунке 35 отражает количество информации в аргументе о значении функции: красный цвет – максимальное количество информации (т.е. что будет), а синий – минимальное количество информации (чего не будет). Линия соединяет точки со значениями функции, о которых в каждом значении аргумента максимальным количеством информации.

Из рисунка 35 видно, что при очень малом числе оборотов барабана в минуту (20-30) качественного смешивания не происходит, как и при очень большом (90-95), а наиболее рациональным является режим 50-70 оборотов в минуту.

Как можно *содержательно* объяснить этот результат? По-видимому, при очень малом числе оборотов барабана, когда он вообще не вращается или вращается очень медленно, вообще нельзя говорить о том, что он что-

то смешивает. При очень большом числе оборотов, по-видимому, основную роль начинают играть центробежные силы и барабан практически превращается в центрифугу, компоненты смеси прижимаются к стенкам барабана и не только не смешиваются, но наоборот разделяются по типу (фракциям). И только *при промежуточном значении числа оборотов сочетание физических факторов, действующих на элементы смеси, такового, что получается наиболее качественный результат.*

Выводы и рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей винтовых релятивных барабанов и режимов их работы, полученные на основе SWOT-диаграмм и когнитивных функций, приведены ниже.

6. Выводы и рекомендации

Для получения наивысшего качества получаемой комбикормовой смеси рекомендуется использовать следующие конструктивные особенности режимы работы винтовых релятивных барабанов:

- тип барабана (в порядке убывания эффективности): РК 2.1.б, РЦ 4.1.б, РК 3.1.б (приведено 3 три типа барабанов, т.к. их эффективность отличается незначительно);
- время смешивания: 1.5-6.3 минуты;
- скорость продольного перемещения комбикормовой смеси: 14.8-32.8 мм/с;
- число оборотов в минуту: 50-70;
- коэффициенте заполнения барабана: 0.5-0.6;
- угле наклоне барабана или его стенок: 4-6°.

Таким образом, задача, поставленная в работе, успешно решена, т.е. рациональные конструктивно-режимные параметры винтовых релятивных барабанов успешно определены. Стоит отметить, что эти параметры соответствуют экспертным ожиданиям, основанным на интуиции опыте и профессиональной компетенции.

7. Перспективы

Отметим, что метод АСК-анализа может быть применена для анализа и рационального выбора конструктивных особенностей и режимов работы и других технических систем. Материалы данной статьи и предлагаемый в ней подход могут быть использованы при проведении научных исследований и конструкторских разработок в области релятивных винтовых барабанов для смешивания комбикормов, а также 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 время², 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 предметной 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.

Литература

1. Марченко А.Ю. Винтовые барабаны (смешивание сыпучих материалов): монография / А.Ю. Марченко, В.В. Цыбулевский, Г.В. Серга. – Краснодар: Издательский центр КГАУ, 2008. – 367 с.
2. Марченко А.Ю. Научно-технические основы создания ресурсосберегающих машинных технологий приготовления кормов в винтовых барабанах / А.Ю. Марченко // Научный журнал. Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2008. - № 5(14) – С. 184–191.

² http://lc.kubagro.ru/My_training_schedule.doc

3. Марченко А.Ю. Ресурсосбережение при смешивании компонентов кормов в винтовых барабанах / А.Ю. Марченко // Механизация и электрификация сельского хозяйства, № 4. – М., 2011. – С. 20–21.
4. Марченко А.Ю. Экспериментальные аспекты процесса смешивания компонентов комбикормов цилиндрическим винтовым барабаном / В.Ю. Фролов, Д.П. Сысоев, А.Ю. Марченко // Научный журнал. Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар, 2012. - № 4(37) – С. 163– 171.
5. Марченко А.Ю. Совершенствование ресурсосберегающих вибрационных технологий, поиск их универсальных характеристик / А.Ю. Марченко // Вибрационные машины и технологии: Сб. науч. тр. – Курский государственный технический университет. – Курск, 2008. – С. 58–63.
6. Марченко А.Ю. Моделирование процессов движения сыпучих материалов с большой амплитудой / Г.В. Серга, А.Ю. Марченко // Вибрационные машины и технологии: Сб. науч. тр. Курск. гос. техн. ун-т. – 2008. С. 117–128.
7. Марченко А.Ю. Разработка прогрессивного оборудования и нетрадиционной вибрационной технологии для измельчения и смешивания сыпучих материалов / А.Ю. Марченко // Перспективные направления развития технологии машиностроения и металлообработки: Материалы международной научно- технической конференции т. 1. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 276–279.
8. Марченко А.Ю. Ресурсосберегающая технология смешивания компонентов кормов в винтовых барабанах / А.Ю. Марченко, Г.В. Серга // Всеукраїнський науково-технічний журнал: Вібрації в техніці та технологіях. – 2009. – № 2 – С. 91–101.
9. Пат. 2568347 Российская Федерация МПК F26B 15/14, F26B15/26. Установка для непрерывной сушки сыпучих материалов / А. Ю. Марченко, Г. В, Серга ; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2014137522; заявл. 16.09.2014; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32.
10. Пат. 2566996 Российская Федерация МПК A23N 17/00. Установка для непрерывного приготовления кормов / А. Ю. Марченко, Г. В, Серга ; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2014132825; заявл. 08.08.2014; опубл. 27.10.2015, Бюл. № 30.
11. Пат. 2373809 Российская Федерация МПК A23N 17/00. Барабанный смеситель кормов / А. Ю. Марченко, Г. В, Серга, В. В. Цыбулевский, М. Г. Серга; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2008121050; заявл. 26.05.2008; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33.
12. Пат. 2372992 Российская Федерация МПК B02C 17/00. Барабанная мельница / А. Ю. Марченко, Г. В, Серга ; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2007144454; заявл. 29.11.2007; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.
13. Пат. 2372817 Российская Федерация МПК A23N 17/00. Устройство для смешивания кормов / А. Ю. Марченко, Г. В, Серга, В. В. Цыбулевский; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2008125523; заявл. 23.07.2009; опубл. 20.09.2011, Бюл. № 32.
14. Пат. 2372818 Российская Федерация МПК A23N 17/00. Установка для смешивания сыпучих материалов / А. Ю. Марченко, Г. В, Серга, В. В. Цыбулевский М. Г. Серга; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2008128586; заявл. 14.07.2008; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.
15. Пат. 2457746 Российская Федерация МПК A23N 17/00. Устройство для смешивания сыпучих материалов / К. А. Белокур, А. Ю. Марченко, В. В. Богатырев, Г. В, Серга ; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2010153810; заявл. 27.12.2010; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22.

16. Пат. 2385664 Российская Федерация МПК А23N 17/00. Установка для смешивания компонентов корма (варианты) / А. Ю. Марченко, Г. В. Серга, В. В. Цыбулевский, М. Г. Серга; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2008127560; заявл. 07.07.2008; опубл. 10.04.2010, Бюл. № 10.

17. Пат. 2467670 Российская Федерация МПК А23N 17/00. Вибрационное устройство для смешивания комбикормов / Г. В. Серга, А. Ю. Марченко, С. Г. Кочубей, Е. В. Холявко, А. С. Горячев, Е. Г. Чернышенко, П. А. Нефедов, А. Б. Снеговский; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2011101096; заявл. 12.01.2011; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.

18. Пат. 2352399 Российская Федерация МПК В02С 17/00. Мельница / А. Ю. Марченко, Г. В. Серга; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2007144757; заявл. 03.12.2007; опубл. 20.04.2009, Бюл. № 11.

19. Пат. 2362629 Российская Федерация МПК В02С 17/04. Коническая винтовая мельница / А. Ю. Марченко, Г. В. Серга; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. № 2008100809; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.07.2009, Бюл. № 21.

20. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. - 320 с.,

21. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.. Основы системного анализа. Томск Изд-во науч.-техн. лит. 1997. 389с.

22. 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.

23. 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>

24. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос». Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-830-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18271217>

25. 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>

26. Луценко Е.В. Синтез адаптивных интеллектуальных измерительных систем с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» и системная идентификация в метрометрии, 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.

27. 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.

28. Стабин И.П., Моисеева В.С. Автоматизированный системный анализ.- М.: Машиностроение, 1984. -309 с.

29. 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>

30. Klir, G.J. Architecture of Systems Problem Solving, with D. Elias, Plenum Press, New York, 354 pp.

31. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Москва: Радио и связь. 1990. 538 с. <http://www.twirpx.com/file/486296/>

32. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры . Издание второе, переработанное и дополненное. — М.: Изд-во «Советское радио», 1973. — 158 с. с ил.

33. 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/>

34. Сайт автора АСК-анализа проф.Е.В.Луценко: <http://lc.kubagro.ru/>

35. 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.

36. 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.

Literatura

1. Marchenko A.Ju. Vintovye barabany (smeshivanie sypuchih materialov): monografija / A.Ju. Marchenko, V.V. Cybulevskij, G.V. Serga. – Krasnodar: Izdatel'skij centr KGAU, 2008. – 367 s.

2. Marchenko A.Ju. Nauchno-tehnicheskie osnovy sozdaniya resursosberegajushhih mashinnyh tehnologij prigotovlenija kormov v vintovyh barabanah / A.Ju. Marchenko // Nauchnyj zhurnal. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar, 2008. - № 5(14) – S. 184–191.

3. Marchenko A.Ju. Resursosberezhenie pri smeshivanii komponentov kormov v vintovyh barabanah / A.Ju. Marchenko // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva, № 4. – М., 2011. – S. 20–21.

4. Marchenko A.Ju. Jeksperimental'nye aspekty processa smeshivaniya komponentov kombikormov cilindricheskim vintovym barabanom / V.Ju. Frolov, D.P. Sysoev, A.Ju. Marchenko // Nauchnyj zhurnal. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar, 2012. - № 4(37) – S. 163– 171.

5. Marchenko A.Ju. Sovershenstvovanie resursosberegajushhih vibracionnyh tehnologij, poisk ih universal'nyh harakteristik / A.Ju. Marchenko // Vibracionnye mashiny i

tehnologii: Sb. nauch. tr. – Kurskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. – Kursk, 2008. – S. 58–63.

6. Marchenko A.Ju. Modelirovanie processov dvizhenija sypuchih materialov s bol'shoj amplitudoj / G.V. Serga, A.Ju. Marchenko // Vibracionnye mashiny i tehnologii: Sb. nauch. tr. Kursk. gos. tehn. un-t. – 2008. S. 117–128.

7. Marchenko A.Ju. Razrabotka progressivnogo oborudovanija i netradicionnoj vibracionnoj tehnologii dlja izmel'čeniija i smeshivanija sypuchih materialov / A.Ju. Marchenko // Perspektivnye napravlenija razvitija tehnologii mashinostroenija i metalloobrabotki: Materialy mezhdunarodnoj nauchno- tehničeskoj konferencii t. 1. – Rostov-na-Donu, 2008. – S. 276–279.

8. Marchenko A.Ju. Resursosberegajushhaja tehnologija smeshivanija komponentov kormov v vintovyh barabanah / A.Ju. Marchenko, G.V. Serga // Vseukrainskij naukovotehničnij zhurnal: Vibracii v tehnici ta tehnologijah. – 2009. – № 2 – S. 91–101.

9. Pat. 2568347 Rossijskaja Federacija MPK F26B 15/14, F26B15/26. Ustanovka dlja nepreryvnoj sushki sypuchih materialov / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2014137522; zajavl. 16.09.2014; opubl. 20.11.2015, Bjul. № 32.

10. Pat. 2566996 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Ustanovka dlja nepreryvnogo prigotovlenija kormov / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2014132825; zajavl. 08.08.2014; opubl. 27.10.2015, Bjul. № 30.

11. Pat. 2373809 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Barabannyj smesitel' kormov / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga, V. V. Cybulevskij, M. G. Serga; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2008121050; zajavl. 26.05.2008; opubl. 27.11.2009, Bjul. № 33.

12. Pat. 2372992 Rossijskaja Federacija MPK V02S 17/00. Barabannaja mel'nica / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2007144454; zajavl. 29.11.2007; opubl. 20.11.2009, Bjul. № 32.

13. Pat. 2372817 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Ustrojstvo dlja smeshivanija kormov / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga, V. V. Cybulevskij; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2008125523; zajavl. 23.07.2009; opubl. 20.09.2011, Bjul. № 32.

14. Pat. 2372818 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Ustanovka dlja smeshivanija sypuchih materialov / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga, V. V. Cybulevskij, M. G. Serga; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2008128586; zajavl. 14.07.2008; opubl. 20.11.2009, Bjul. № 32.

15. Pat. 2457746 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Ustrojstvo dlja smeshivanija sypuchih materialov / K. A. Belokur, A. Ju. Marchenko, V. V. Bogatyrev, G. V, Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2010153810; zajavl. 27.12.2010; opubl. 10.08.2012, Bjul. № 22.

16. Pat. 2385664 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Ustanovka dlja smeshivanija komponentov korma (varianty) / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga, V. V. Cybulevskij, M. G. Serga; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2008127560; zajavl. 07.07.2008; opubl. 10.04.2010, Bjul. № 10.

17. Pat. 2467670 Rossijskaja Federacija MPK A23N 17/00. Vibracionnoe ustrojstvo dlja smeshivanija kombikormov / G. V, Serga, A. Ju. Marchenko, S. G. Kochubej, E. V. Holjavko, A. S. Gorjachev, E. G. Chernyshenko, P. A. Nefedov, A. B. Snegovskij; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2011101096; zajavl. 12.01.2011; opubl. 27.11.2012, Bjul. № 33.

18. Pat. 2352399 Rossijskaja Federacija MPK V02S 17/00. Mel'nica / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2007144757; zajavl. 03.12.2007; opubl. 20.04.2009, Bjul. № 11.
19. Pat. 2362629 Rossijskaja Federacija MPK V02S 17/04. Konicheskaja vintovaja mel'nica / A. Ju. Marchenko, G. V, Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Kubanskij gos. agrarnyj un-t. № 2008100809; zajavl. 09.01.2008; opubl. 27.07.2009, Bjul. № 21.
20. Peregudov F.I., Tarasenko F.P. Vvedenie v sistemnyj analiz. M.: Vysshaja shkola, 1989. - 320 s.,
21. Peregudov F. I., Tarasenko F. P.. Osnovy sistemnogo analiza. Tomsk Izd-vo nauch.-tehn. lit. 1997. 389s.
22. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy, tehnologija i instrumentarij avtomatizirovannogo sistemno-kognitivnogo analiza i vozmozhnosti ego primeneniya 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.
23. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomiceskikh, social'no-psihologicheskikh, tehnologicheskikh i organizacionno-tehnicheskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>
24. 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>
25. 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>
26. Lucenko E.V. Sintez adaptivnyh intellektual'nyh izmeritel'nyh sistem s primeneniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» i sistemnaja identifikacija v jekonometrike, biometrii, jekologii, pedagogike, psihologii i medicine / E.V. Lucenko // Politematicheskij 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.
27. Lucenko E.V. Metrizacija izmeritel'nyh shkal razlichnyh tipov i sovместnaja 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.
28. Stabin I.P., Moiseeva B.C. Avtomatizirovannyj sistemnyj analiz.- M.: Mashinostroenie, 1984. -309 s.
29. Simankov V.S. Avtomatizacija sistemnyh issledovanij v al'ternativnoj jenergetike. Dissert. na soisk. uch. st. dokt, tehn. nauk. Po spec.: 05.13.01. <http://tekhnosfera.com/avtomatizatsiya-sistemnyh-issledovaniy-v-alternativnoy-energetike>
30. Klir, G.J. Architecture of Systems Problem Solving, with D. Elias, Plenum Press, New York, 354 pp.
31. Klir Dzh. Sistemologija. Avtomatizacija reshenija sistemnyh zadach. Moskva: Radio i svjaz'. 1990. 538 s. <http://www.twirpx.com/file/486296/>

32. Lefevr V.A. Konfliktujushhie struktury . Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe. — M.: Izd-vo «Sovetskoe radio», 1973. — 158 s. s il.

33. 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/>

34. Sajt avtora ASK-analiza prof.E.V.Luceko: <http://lc.kubagro.ru/>

35. Lucenko E.V. Kolichestvennyj avtomatizirovannyj SWOT- i PEST-analiz sredstvami ASK-analiza i intellektual'noj sistemy «Jejdos-H++» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj 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.

36. Lucenko E.V. Kognitivnye funkicii kak obobshhenie klassicheskogo ponjatija funkcional'noj zavisimosti na osnove teorii informacii v sistemnoj nechetkoj interval'noj matematike / E.V. Lucenko, A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj 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.