

УДК 004.8

UDC 004.8

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ И КОГНИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОДЕЛИРОВАНИИ СЛОЖНЫХ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**THE INFORMATION THEORY AND COGNITIVE TECHNOLOGIES IN MODELING COMPLEX MULTIVARIABLE DYNAMIC TECHNICAL SYSTEMS**

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

Серга Георгий Васильевич
д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ
РИНЦ SPIN-код: 8075-9283
serga-georgiy@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Serga Georgij Vasil'evich
Dr.Tech.Sci., professor, Honored Inventor of the Russian Federation
RSCI SPIN-code: 8075-9283
serga-georgiy@mail.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

В сложных многопараметрических технических системах происходят многочисленные и разнообразные физические процессы, которые, с одной стороны, оказывают существенное влияние на характеристики этих систем, а с другой стороны, крайне сложно поддаются описанию в виде содержательных аналитических моделей, основанных на уравнениях, т.к. эти модели должны учитывать специфические особенности систем. Вследствие этого разработка содержательных аналитических моделей является «штучной работой» и связана с большим количеством упрощающих допущений, снижающих их универсальность и достоверность. Но извещен и другой принцип моделирования: построение феноменологических информационных моделей, т.е. моделей, не имеющих аналитической формы представления и описывающих моделируемую систему чисто внешне как «черный ящик». Такие модели могут строиться непосредственно на основе эмпирических данных и при наличии соответствующего программного инструментария это может быть по типовой технологии намного быстрее и значительно менее трудоемко, чем разработка содержательных аналитических моделей. С другой стороны феноменологические информационные модели могут быть вполне достаточны для определения рациональных конструктивных особенностей и параметров режимов работы сложных технических систем. Кроме того, такие феноменологические модели могут рассматриваться в качестве первого этапа разработки содержательных аналитических моделей. Предлагается применить для создания феноменологических моделей сложных технических систем новый универсальный инновационный метод искусственного интеллекта: автоматизированный системно-когнитивный

In complex multiparameter technical systems there are numerous and varied physical processes which, on the one hand, have a significant impact on the performance of those systems, and on the other hand, it is extremely difficult amenable to description in the form of meaningful analytical models based on equations, because these models must take into account the specific features of the systems. As a consequence, the development of conceptual analytical models is a "hand-made work" and it is associated with a large number of simplifying assumptions that reduce their versatility and reliability. But there is also another principle of modeling: the construction of phenomenological information models, i.e. models that do not have analytical forms of representation that describes the simulated system superficially as a "black box". Such models can be built directly based on empirical data and with the appropriate software it can be a standard technology much faster and much less time consuming than developing meaningful analytical models. On the other hand, the phenomenological information model can be sufficient to determine the rational design features and parameters of the modes of operation of complex technical systems. Besides, such phenomenological models can be viewed as the first stage in the development of meaningful analytical models. It is proposed to use a new universal innovative method of artificial intelligence for creating phenomenological models of complex technical systems: automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) and its programmatic Toolkit which is a universal cognitive analytical system called "Eidos". In the system of "Eidos" we have implemented a software interface that provides direct input into the system large amounts of empirical data from an Excel file. The system of "Eidos" can directly (based on empirical (experimental) data) calculate how much information

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 какое количество информации о результатах работы технической системы содержится в фактах наличия у нее определенных конкретных конструктивных элементов и в определенных значениях параметров режимов ее работы. На этой основе системой предлагаются научно-обоснованные и адекватные рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей и параметров режимов работы моделируемой системы

about the results of the technical systems is contained in the facts of possessing certain specific structural elements and certain values of the parameters modes of its work. On this basis, the system provides research-based and appropriate recommendations for the rational choice of design features and parameters of the operation modes of the simulated system

Ключевые слова: АСК-АНАЛИЗ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ, СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭМПИРИЧЕСКИХ ДАННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ, СЛОЖНЫЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РОТОРНО-ВИНТОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, "EIDOS" INTELLIGENCE SYSTEM, PARAMETRIC TYPING, SYSTEM IDENTIFICATION, INTELLIGENT ANALYSIS OF EMPIRICAL DATA OF THE RESULTS OF THE EXPERIMENTS, COMPLEX MULTIVARIABLE DYNAMIC TECHNICAL SYSTEMS, ROTARY SCREW TECHNOLOGY SYSTEMS

Doi: 10.21515/1990-4665-121-002

СОДЕРЖАНИЕ

1. ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ.....	3
2. ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ И ЕГО НЕДОСТАТКИ.....	3
3. ИДЕЯ ПРЕДЛАГАЕМОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ.....	4
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ.....	5
4.1. Кратко об АСК-анализе.....	5
4.2. Истоки АСК-анализа.....	6
4.3. Методика АСК-анализа.....	7
4.4. Некоторые результаты применения АСК-анализа в различных предметных областях.....	12
5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСК-АНАЛИЗА.....	14
5.1. Количественная мера знаний.....	14
5.2. Расчет матрицы абсолютных частот.....	19
5.3. Расчет матриц условных и безусловных процентных распределений.....	21
5.4. Расчет матрицы знаний (информативностей) – частные критерии.....	26
5.5. Интегральные критерии.....	28
6. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ РАЦИОНАЛЬНОГО ВЫБОРА КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ.....	31
6.1. Информационные портреты классов и факторов.....	31
6.2. SWOT и PEST анализ.....	33
6.3. Когнитивные функции.....	34
7. ВЫВОДЫ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	35
ЛИТЕРАТУРА.....	41

1. Формулировка проблемы

В сложных многопараметрических динамических технических системах происходят многочисленные и разнообразные физические процессы, которые оказывают существенное влияние на характеристики этих систем.

Проблема состоит в том, чтобы построить адекватную модель этой технической системы, обеспечивающую выработку научно-обоснованных рекомендаций по конструктивным особенностям технической системы и параметрам режимов ее работы.

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.

Подобные процессы крайне сложно поддаются описанию в виде содержательных аналитических моделей, основанных на уравнениях, и разработка таких моделей требуют большого времени, интеллектуального напряжения, интуиции, опыта и профессиональной компетенции специалистов.

Вследствие этого обычно разработка содержательных аналитических моделей связана с большим количеством упрощающих допущений, снижающих их универсальность и достоверность.

Поэтому актуальными является математический метод и реализующий его программный инструментарий, обеспечивающие непосредственно на основе эмпирических (экспериментальных) данных *быструю и простую для пользователя* разработку модели влияния

конструкции сложной технической системы и параметров режимов ее работы на качество результата ее работы.

3. Идея предлагаемого решения проблемы

Но известен и другой принцип моделирования: построение феноменологических информационных моделей, т.е. моделей, не имеющих аналитической формы представления и описывающих моделируемую систему чисто внешне как «черный ящик».

Такие модели могут строиться непосредственно на основе эмпирических данных и при наличии соответствующего программного инструментария это может быть намного быстрее и значительно менее трудоемко, чем разработка содержательных аналитических моделей.

С другой стороны феноменологические информационные модели могут быть вполне достаточны для определения рациональных конструктивных особенностей и параметров режимов работы сложных технических систем. Кроме того такие феноменологические модели могут рассматриваться в качестве первого этапа разработки содержательных аналитических моделей.

Предлагается применить для создания феноменологических моделей сложных технических 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 результатах работы технической системы в фактах наличия у нее определенных*

конструктивных элементов и в определенных параметрах режимов ее работы. Создаваемая на их основе в системе «Эйдос» системно-когнитивная информационная модель позволяет в наглядной форме отразить влияние элементов конструкции сложной технической системы и параметров режимов ее работы на качество результата ее работы и разработать на этой основе научно-обоснованные и адекватные рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей и параметров режимов работы моделируемой системы.

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 [1, 2]. 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 [3-9]. Система Эйдос разработана в постановке, не зависящей от предметной области, и имеет ряд программных интерфейсов с внешними данными различных типов [4]. 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 [10].

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 [11]. 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 [11].

Однако путь от идеи до создания программной системы долг 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 [1, 2] 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) [12]. 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 [13, 14]. Однако в экспертной системе применяется продукционная модель знаний, для получения которых от эксперта необходимо участие инженера по знаниям (когнитолога). Этим обусловлены следующие недостатки экспертных систем:

- они генерируют знания каждый раз, когда они необходимы для решения задач, и это может занимать значительно большее время, чем при использовании декларативной формы представления знаний;

- продукционные модели обычно построены на бинарной логике (if then else), что вызывает возможность логического конфликта продукций в процесс логического вывода, что приводит к необратимому останову логического процесса;

- эксперты люди чаще всего заслуженные и их время и знания стоят очень дорого; поэтому привлечение экспертов для извлечения готовых знаний на длительное время проблематично и обычно эксперт просто физически не может сообщить очень большой объем знаний, а иногда и не хочет этого делать и сообщает неадекватные знания;

- чаще всего эксперты формулируют свои знания неформализуемым путем на основе своей интуиции, опыта и профессиональной компетенции, т.е. не могут сформулировать свои знания в количественной форме, а пользуются для их формализации порядковыми или даже номинальными шкалами, поэтому экспертные знания являются не очень точными и для их формализации необходим инженер по знаниям (когнитолог).

4.3.2. АСК-анализ, как решение проблемы

Автоматизированный системно-когнитивный анализ разработан профессором Е. В. Луценко и предложен в 2002 году [3], хотя разработан он был значительно раньше, причем с программным инструментарием: системой «Эйдос» [6, 7]. Основная идея, позволившая сделать это, состоит в рассмотрении системного анализа как метода познания (отсюда и «когнитивный» от «cognitio» – знание, познание, лат.). Эта идея позволила *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 [15]. В 2002 году Е.В.Луценко был предложен когнитивный конфигуратор [3], включающий 10 базовых когнитивных операций.

Когнитивный конфигуратор:

- 1) присвоение имен;
- 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 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 системно-когнитивных моделей (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 [3, 4, 5]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 [2, 5].

Это напоминает подход Дугласа Хаббарда [16], но, в отличие от него, имеет открытый универсальный программный инструментарий (систему «Эйдос»), разработанный в постановке, не зависящей от предметной области [4]. К тому же на систему «Эйдос» уже в 1994 году было три патента РФ [6, 7], а первые акты ее внедрения датируются 1987 годом [3]², тогда как основная работа Дугласа Хаббарда [16] появилась лишь в 2009 году. Это означает, что идеи АСК-анализа не только появились, но и были доведены до программной реализации в

¹ Математическая модель АСК-анализа описана в ряде работ:

http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=123162

² <http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/PR-4.htm>

универсальной форме и применены в различных предметных областях 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 [17]. 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, инструментарий которого (интеллектуальная система Эйдос) находится в полном открытом бесплатном доступе [3, 4]³.

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

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 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

³ <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>

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 микрзон 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 ученые: 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.п.н., Наприев И.Л., к.п.н., доц. Некрасов С.Д., к.т.н., доц. Лаптев В.Н., к.п.н., доц. Третьяк В.Г., к.п.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.

5. Математическая модель АСК-анализа

5.1. Количественная мера знаний

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 [3, 5]. 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 [19] многопараметрических объектов управления (классов) при неполных (фрагментированных), зашумленных данных числовой и нечисловой природы измеряемых в различных единицах измерения [3, 5].

Итак, будем считать, что информация содержится не только в самих базовых элементах системы, но и в ее подсистемах различной сложности, т.е. состоящих из 2, 3, ... m , ... M базовых элементов.

Классическая формула Хартли имеет вид [3]:

$$I = \text{Log}_2 W \quad (1)$$

Будем искать ее системное обобщение в виде [3]:

$$I = \text{Log}_2 W^\varphi \quad (2)$$

где:

W – количество элементов в множестве.

I – количество информации, которое содержится в факте извлечения одного элемента из множества.

φ – коэффициент эмерджентности, названный автором в честь Р.Хартли, коэффициентом эмерджентности Хартли⁴.

Суммарное количество таких подсистем для систем, подчиняющихся статистике Ферми-Дирака [20, 21], можно принять равным числу сочетаний. Поэтому примем, что системное обобщение формулы Хартли имеет вид:

$$I = \text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m \quad (3)$$

где:

C_W^m – количество подсистем из m элементов;

m – сложность подсистем;

M – максимальная сложность подсистем (максимальное число элементов подсистемы).

Так как $C_W^1 = W$, то при $M=1$ система переходит в множество и выражение (3) приобретает вид (1), т.е. для него выполняется принцип соответствия, являющийся обязательным для более общей теории.

Учитывая, что при $M=W$:

$$\sum_{m=1}^M C_W^m = 2^W - 1 \quad (4)$$

в этом случае получаем:

⁴ См.: В.Вяткин. Групповой плагиат: от студента до министра. – [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://trv-science.ru/2011/11/08/gruppovoj-plagiat-ot-studenta-do-ministra/>

$$I = \text{Log}_2(2^W - 1) \tag{5}$$

Выражение (5) дает оценку максимального количества информации в элементе системы. Из выражения (5) видно, что при увеличении числа элементов W количество информации I быстро стремится к W (6) и уже при $W > 4$ погрешность выражения (5) не превышает 1%:

$$\lim_{W \rightarrow \infty} I/W = 1 \tag{6}$$

Приравняв правые части выражений (2) и (3):

$$I = \text{Log}_2 W^\varphi = \text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m \tag{7}$$

получим выражение для коэффициента эмерджентности Хартли:

$$\varphi = \frac{\text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m}{\text{Log}_2 W} \tag{8}$$

Смысл этого коэффициента весьма интересен и раскрыт в работах [3, 15] и ряде других ⁵. Здесь отметим лишь, что при $M \rightarrow 1$, когда система асимптотически переходит в множество, имеем $\varphi \rightarrow 1$ и (2) \rightarrow (1), как и должно быть согласно принципу соответствия, предложенному Нильсом Бором в 1913 году.

С учетом (8) выражение (2) примет вид:

$$I(W, M) = \text{Log}_2 W \frac{\text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m}{\text{Log}_2 W} \tag{9}$$

или при $M=W$ и больших W , учитывая (4) и (5):

$$I(W, M) = \text{Log}_2 W \frac{W}{\text{Log}_2 W} = W \tag{10}$$

⁵ См., например: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>, искать: «эмерджентн»

Выражение (9) и представляет собой искомое системное обобщение классической формулы Хартли, а выражение (10) – его достаточно хорошее приближение при большом количестве элементов в системе W .

Классическая формула А. Харкевича имеет вид:

$$I_{ij}(W, M) = \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_{\Sigma j}} \quad (11)$$

где: – P_{ij} – условная вероятность перехода объекта в j -е состояние при условии действия на него i -го значения фактора;

– $P_{\Sigma j}$ – безусловная вероятность перехода объекта в j -е состояние (вероятность самопроизвольного перехода или вероятность перехода, посчитанная по всей выборке, т.е. при действии любого значения фактора).

Придадим выражению (11) следующий эквивалентный вид (12), который и будем использовать ниже. Вопрос об эквивалентности выражений (11) и (12) рассмотрим позднее.

$$I_{ij}(W, M) = \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_{i\Sigma}} \quad (12)$$

где: – индекс i обозначает признак (значение фактора): $1 \leq i \leq M$;

– индекс j обозначает состояние объекта или класс: $1 \leq j \leq W$;

– P_{ij} – условная вероятность наблюдения i -го значения фактора у объектов в j -го класса;

– $P_{i\Sigma}$ – безусловная вероятность наблюдения i -го значения фактора по всей выборке.

Из (12) видно, что формула Харкевича для семантической меры информации по сути является логарифмом от формулы Байеса для апостериорной вероятности (отношение условной вероятности к безусловной).

Известно, что классическая формула Шеннона для количества информации для неравновероятных событий преобразуется в формулу Хартли при условии, что события равновероятны, т.е. удовлетворяет

фундаментальному принципу соответствия. Поэтому теория информации Шеннона справедливо считается обобщением теории Хартли для неравновероятных событий. Однако, выражения (11) и (12) при подстановке в них реальных численных значений вероятностей P_{ij} , $P_{i\Sigma}$ и $P_{\Sigma j}$ не дает количества информации в битах, т.е. для этого выражения не выполняется принцип соответствия, обязательный для более общих теорий. Возможно, в этом состоит причина довольно сдержанного, а иногда и скептического отношения специалистов по теории информации Шеннона к семантической теории информации Харкевича.

Причину этого мы видим в том, что в выражениях (11) и (12) отсутствуют глобальные параметры конкретной модели W и M , т.е. в том, что А. Харкевич в своем выражении для количества информации не ввел зависимости от мощности пространства будущих состояний объекта W и количества значений факторов M , обуславливающих переход объекта в эти состояния.

Поставим задачу получить такое обобщение формулы Харкевича, которое бы удовлетворяло тому же самому принципу соответствия, что и формула Шеннона, т.е. преобразовывалось в формулу Хартли в предельном детерминистском равновероятном случае, когда каждому классу (состоянию объекта) соответствует один признак (значение фактора), и каждому признаку – один класс, и эти классы (а значит и признаки) равновероятны, и при этом каждый фактор однозначно, т.е. детерминистским образом определяет переход объекта в определенное состояние, соответствующее классу.

В детерминистском случае вероятность P_{ij} наблюдения объекта j -го класса при обнаружении у него i -го признака:

$$P_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при } i = j \\ 0, & \text{при } i \neq j \end{cases}.$$

Будем искать это обобщение (12) в виде:

$$I_{ij}(W, M) = \text{Log}_2 \left(\frac{P_{ij}}{P_{i\Sigma}} \right)^\Psi \quad (13)$$

Найдем такое выражение для коэффициента Ψ , названного автором в честь А. Харкевича "коэффициентом эмерджентности Харкевича"⁶, которое обеспечивает выполнение для выражения (13) принципа соответствия с классической формулой Хартли (1) и ее системным обобщением (2) и (3) в равновероятном детерминистском случае.

Для этого нам потребуется выразить вероятности P_{ij} , P_j и P_i через частоты наблюдения признаков по классам.

5.2. Расчет матрицы абсолютных частот

Матрица абсолютных частот имеет вид (таблица 1):

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

В табл. 1 рамкой обведена область значений, переменные определены ранее.

⁶ См.: В.Вяткин. Групповой плагиат: от студента до министра. – [Электронный ресурс]. Адрес доступа: <http://trv-science.ru/2011/11/08/gruppovoj-plagiat-ot-studenta-do-ministra/>

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 очень 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 [22], 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" [22], к которым они относятся. И эту информацию мы выделяем из шума при синтезе модели.

Для выражения (11):

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma}} \quad (14)$$

Для выражений (12) и (13):

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{\Sigma j}} \quad (15)$$

Для выражений (11), (12) и (13):

$$P_i = \frac{N_{i\Sigma}}{N_{\Sigma\Sigma}}; P_j = \frac{N_{\Sigma j}}{N_{\Sigma\Sigma}};$$

$$N_{i\Sigma} = \sum_{j=1}^W N_{ij}; N_{\Sigma j} = \sum_{i=1}^M N_{ij}; \quad (16)$$

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

В (16) использованы обозначения:

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.

5.3. Расчет матриц условных и безусловных процентных распределений

На основе анализа матрицы частот (табл. 1) классы можно сравнивать по наблюдаемым частотам признаков только в том случае, если количество объектов 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 (табл. 1) в соответствии с выражениями (14) и (15), в результате чего получается матрица условных и безусловных процентных распределений (табл. 7).

При расчете матрицы оценок условных и безусловных вероятностей N_j из табл. 1 могут браться либо из предпоследней, либо из последней строки. В 1-м случае N_j представляет собой "Суммарное количество признаков u всех объектов, использованных для формирования обобщенного образа j -го класса", а во 2-м случае - это "Суммарное количество объектов обучающей выборки, использованных для формирования обобщенного образа j -го класса", соответственно получаем различные, хотя и очень сходные семантические информационные модели, которые мы называем СИМ-1 и СИМ-2. Оба этих вида моделей поддерживаются системой "Эйдос".

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				$P_{\Sigma j}$			

Эквивалентность выражений (11) и (12) устанавливается, если подставить в них выражения относительных частот как оценок вероятностей P_{ij} , $P_{\Sigma j}$ и $P_{i\Sigma}$ через абсолютные частоты наблюдения

признаков по классам из (14), (15) и (16). В обоих случаях из выражений (11) и (12) получается одно и то же выражение (17):

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \quad (17)$$

А из (13) - выражение (18), с которым мы и будем далее работать.

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^\Psi \quad (18)$$

При взаимно-однозначном соответствии классов и признаков в равновероятном детерминистском случае имеем (таблица 8):

Таблица 3 – МАТРИЦА ЧАСТОТ В РАВНОВЕРОЯТНОМ ДЕТЕРМИНИСТСКОМ СЛУЧАЕ

		Классы					Сумма
		<i>l</i>	...	<i>j</i>	...	<i>W</i>	
Значения факторов	<i>l</i>	1					1
	...		1				1
	<i>i</i>			1			1
	...				1		1
	<i>M</i>					1	1
Сумма		1	1	1	1	1	$N_{\Sigma\Sigma}$

В этом случае к каждому классу относится один объект, имеющий единственный признак. Откуда получаем для всех *i* и *j* равенства (19):

$$\forall ij: N_{ij} = N_{i\Sigma} = N_{\Sigma j} = 1 \quad (19)$$

Таким образом, обобщенная формула А. Харкевича (18) с учетом (19) в этом случае приобретает вид:

$$I_{ij} = \text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}^\Psi = \text{Log}_2 W^\varphi \quad (20)$$

откуда:

$$\Psi = \frac{\text{Log}_2 W^\varphi}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}} \quad (21)$$

или, учитывая выражение для коэффициента эмерджентности Хартли (8):

$$\Psi = \frac{\text{Log}_2 W \frac{\text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m}{\text{Log}_2 W}}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}} \quad (22)$$

Выражения (21) и (22) получены автором в 2002 году [3] и названы коэффициентом эмерджентности А.Харкевича, т.к. имеют очевидную связь с его формулой для количества информации. Эти коэффициенты имеют весьма глубокий смысл, который автор попытался раскрыть в работах [3, 15] и ряде других.

Подставив коэффициент эмерджентности А.Харкевича (21) в выражение (18), получим:

$$\begin{aligned} I_{ij} &= \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij} N_{\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^\Psi = \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W^\varphi}{\text{Log}_2 N}} = \\ &= \frac{\text{Log}_2 W^\varphi}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}} \left(\text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right) + \text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma} \right) = \\ &= \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W^\varphi}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}}} + \text{Log}_2 W^\varphi \end{aligned}$$

или окончательно:

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W^\varphi}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}}} + \text{Log}_2 W^\varphi \quad (23)$$

Отметим, что 1-я задача получения системного обобщения формул Хартли и Харкевича и 2-я задача получения такого обобщения формулы Харкевича, которая удовлетворяет принципу соответствия с формулой Хартли – это две разные задачи. 1-я задача является более общей и при ее решении, которое приведено выше, автоматически решается и 2-я задача, которая является, таким образом, частным случаем 1-й.

Однако представляет самостоятельный интерес и частный случай, в результате которого получается формула Харкевича, удовлетворяющая в равновероятном детерминистском случае принципу соответствия с классической формулой Хартли (1), а не с ее системным обобщением (2) и (3). Ясно, что эта формула получается из (23) при $\varphi=1$.

$$I_{ij} = \text{Log}_2 \left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^{\frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}}} + \text{Log}_2 W \quad (24)$$

Из выражений (21) и (22) видно, что в этом частном случае, т.е. когда система эквивалентна множеству ($M=1$), коэффициент эмерджентности А.Харкевича приобретает вид:

$$\Psi = \frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}} \quad (25)$$

На практике для численных расчетов удобнее пользоваться не выражениями (23) или (24), а формулой (26), которая получается непосредственно из (18) после подстановки в него выражения (25):

$$I_{ij} = \frac{\text{Log}_2 W}{\text{Log}_2 N_{\Sigma\Sigma}} \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \quad (26)$$

5.4. Расчет матрицы знаний (информативностей) – частные критерии

Используя выражение (26) и данные таблицы 1 непосредственно прямым счетом получаем матрицу знаний (таблица 9):

Таблица 4 – МАТРИЦА ЗНАНИЙ (ИНФОРМАТИВНОСТЕЙ)

		Классы					Значимость фактора
		<i>l</i>	...	<i>j</i>	...	<i>W</i>	
Значения факторов	<i>1</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</i>	I_{i1}		I_{ij}		I_{iW}	$s_{i\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{W-1} \sum_{j=1}^W (I_{ij} - \bar{I}_i)^2}$
	...						
	<i>M</i>	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		$s_{\Sigma 1}$		$s_{\Sigma j}$		$s_{\Sigma W}$	$H = \sqrt{\frac{1}{(W \cdot M - 1)} \sum_{j=1}^W \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I})^2}$

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*-й фактор 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 управления в каждое из

будущих состояний содержится в том факте, что данный фактор действует. В векторе j -го состояния класса (столбец матрицы информативностей) отображается, какое количество информации о переходе объекта управления 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 типах шкал и любых единицах измерения ⁷, 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 [17]. 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

⁷ В информационной модели учитывается не влияние какого-то количества килограммов или литров на результат, а количество информации в этом количестве килограммов или литров о том, что будет получен этот результат

градациям шкал. Это позволяет единообразно и сопоставимо обрабатывать эмпирические данные, полученные в разных единицах измерения с помощью любых типов шкал, применяя при этом все математические операции.

5.5. Интегральные критерии

В результате проведения в метризации шкал, т.е. их преобразования независимо от исходного типа к одному типу: числовому, и независимо от исходных единиц измерения к одним единицам измерения: количеству информации, становится возможным корректно совместно обрабатывать результаты формализации описаний исходных данных в этих шкалах и использовать при этом все арифметические операции, в т.ч. сложение [17].

Это позволяет использовать аддитивные интегральные критерии и обоснованно ответить на следующий вопрос. Если нам известно, что объект обладает не одним, а несколькими признаками, то как посчитать их общий вклад в сходство с теми или иными классами?

Для этого в системе «Эйдос» используется 2 аддитивных⁸ интегральных критерия: «Сумма знаний» и «Семантический резонанс знаний».

Интегральный критерий «Семантический резонанс 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.

⁸ Т.е. являющихся суммами частных критериев, в отличие от мультипликативных интегральных критериев, которые являются произведениями частных критериев. На самом деле различие аддитивных и мультипликативных интегральных критериев не так велико, как может показаться на первый взгляд, т.к. они аддитивный интегральный критерий по сути является логарифмом мультипликативного. Иначе говоря это один и тот же критерий, но в разных шкалах: линейной и логарифмической.

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний:

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

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: М – количество градаций описательных шкал (признаков);

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – 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.:

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

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 имеет вид:

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

где:

M – количество градаций описательных шкал (признаков);

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

\bar{L} – среднее по вектору объекта;

σ_I – среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

σ_L – среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

$\vec{I}_{ij} = \{I_{ij}\}$ – 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.:

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

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.

Итак, математическая модель АСК-анализа реализована в его программном инструментарии – универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос-Х++» [4]. Как следует из самого названия системы это сделано в универсальной постановке не зависящей от предметной области. Поэтому система «Эйдос-Х++» может быть применена, и фактически и была применена, в самых различных предметных областях для построения интеллектуальных измерительных систем и интеллектуальных систем управления, а также для решения задач идентификации, прогнозирования и приятия решений.

6. Решение задач рационального выбора конструктивных особенностей и параметров режимов работы сложных технических систем на основе их информационных моделей

6.1. Информационные портреты классов и факторов

Информационный портрет класса – это список значений факторов, ранжированных в порядке убывания их влияния на переход объекта управления в состояние, соответствующее данному классу. Информационный 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. 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 фактора – это список классов, ранжированный в порядке убывания силы влияния данного фактора на переход объекта управления в состояния, соответствующие данным классам. Информационный портрет фактора называется также его семантическим портретом, т.к. в соответствии с концепцией смысла системно-когнитивного анализа, являющейся обобщением концепции смысла Шенка-Абельсона [23], смысл 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 данный фактор оказывает наибольшее влияние, затем состояния, на которые данный фактор не оказывает существенного влияния, и далее состояния – переходу в которые данный фактор препятствует. Информационные портреты факторов могут быть **от** отфильтрованы по диапазону классов, т.е. мы можем отобразить влияние

данного фактора на переход объекта управления не во все возможные будущие состояния, а только в состояния, коды которых попадают в определенный диапазон, например, относящиеся к определенным классификационным шкалам.

6.2. SWOT и PEST анализ

SWOT-анализ является широко известным и общепризнанным методом стратегического планирования. Однако это не мешает тому, что он подвергается критике, часто вполне справедливой, обоснованной и хорошо аргументированной. В результате критического рассмотрения SWOT-анализа выявлено довольно много его слабых сторон (недостатков), источником которых является необходимость привлечения экспертов, в частности для оценки силы и направления влияния факторов. Ясно, что эксперты это делают неформализуемым путем (интуитивно), на основе своего профессионального опыта и компетенции. Но возможности экспертов имеют свои ограничения и часто по различным причинам они не могут и не хотят это сделать. Таким образом, возникает проблема проведения SWOT-анализа без привлечения экспертов. Эта проблема может решаться путем автоматизации функций экспертов, т.е. путем измерения силы и направления влияния факторов непосредственно на основе эмпирических данных. Подобная технология разработана давно, ей уже около 30 лет, но она малоизвестна – это интеллектуальная система «Эйдос». В статье [27] на реальном численном примере подробно описывается возможность проведения количественного автоматизированного SWOT-анализа средствами АСК-анализа и интеллектуальной системы «Эйдос-Х++» без использования экспертных оценок непосредственно на основе эмпирических данных. Предложено решение прямой и обратной задач SWOT-анализа. PEST-анализ рассматривается как SWOT-анализ, с более детализированной

классификацией внешних факторов. Поэтому выводы, полученные в статье [27] на примере SWOT-анализа, можно распространить и на PEST-анализ.

6.3. 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 [4, 5].

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.

Отметим, что полученные и отраженные в форме когнитивных функций причинно-следственные зависимости обнаружены непосредственно на основе эмпирических данных путем преобразования их в информацию, а ее в знания [5] и отражают факты, а не их теоретическое объяснение (теоретическую интерпретацию), разработка которых является делом специалиста, хорошо содержательно разбирающегося в моделируемой предметной области.

Выводы и рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей и режимов работы сложных технических систем, полученные на основе SWOT-диаграмм и когнитивных функций, совпадают.

7. Выводы, рекомендации и перспективы

В сложных многопараметрических технических системах происходят многочисленные и разнообразные физические процессы,

которые, с одной стороны, оказывают существенное влияние на характеристики этих систем, а с другой стороны, крайне сложно поддаются описанию в виде содержательных аналитических моделей, основанных на уравнениях, т.к. эти модели должны учитывать специфические особенности систем. Вследствие этого разработка содержательных аналитических моделей является *«штучной работой»* и связана с большим количеством упрощающих допущений, снижающих их универсальность и достоверность.

Но известен и другой принцип моделирования: построение феноменологических информационных моделей, т.е. моделей, не имеющих аналитической формы представления и описывающих моделируемую систему чисто внешне как «черный ящик». Такие модели могут строиться непосредственно на основе эмпирических данных и при наличии соответствующего программного инструментария это может быть по *типовой* технологии намного быстрее и значительно менее трудоемко, чем разработка содержательных аналитических моделей.

С другой стороны феноменологические информационные модели могут быть вполне достаточны для определения рациональных конструктивных особенностей и параметров режимов работы сложных технических систем. Кроме того такие феноменологические модели могут рассматриваться в качестве первого этапа разработки содержательных аналитических моделей.

Предлагается применить для создания феноменологических моделей сложных технических 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 какое количество информации о результатах работы технической системы содержится в фактах наличия у нее определенных конкретных конструктивных элементов и в определенных значениях параметров режимов ее работы. На этой основе системой предлагаются научно-обоснованные и адекватные рекомендации по рациональному выбору конструктивных особенностей и параметров режимов работы моделируемой системы.

В развитии технологических процессов и технологических машин, существует определенная зависимость, определяемая их сущностью. В работах академика Кошкина Л.Н. показано, что сущность машин – это отношение основных противоположных составляющих, а конкретно – отношение между транспортными и технологическими движениями [29, 30]. В настоящее время для многих существующих технологических процессов в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства характерно наличие противоречия между наивысшей формой способа технологического взаимодействия между предметом обработки и инструментом и наинизшей формой осуществления технологического транспортирования. В то же время для процессов с объемным воздействием инструмента и предмета обработки, т.е. для процессов четвертого класса, экономически целесообразными являются машины четвертого класса, для которых характерно выполнение технологического процесса обработки в период транспортирования предметов обработки в неориентированном состоянии через рабочее пространство с произвольной скоростью при максимально возможной плотности в любом сечении потока. Четвертый класс машин возможен только для процессов, в

которых орудия действуют пространством [29,30]. Достаточно поместить предмет обработки в пространство, чтобы он был обработан [29,30]. Такая возможность совмещения транспортных и технологических функций в одной установке реализуется в созданных в нашей стране роторно-винтовых технологических системах [31-33], в которых предметы обработки осуществляют сложнопостепенное движение за счет оформления рабочего органа дискретно расположенными плоскими или криволинейными элементами расположенным по его периметру по винтовым линиям и винтовым поверхностям, т.е. в достаточно сложных технических системах. Однако внедрение таких роторно-винтовых технологических систем в машиностроение [34], в строительную индустрию [35], химическую промышленность [36], пищевую промышленность [37], в металлургическую и горную промышленность [38], цементную промышленность [39], в сельское хозяйство [40] сдерживается отсутствием простых и доступных методик их расчета.

Поэтому имеются большие перспективы внедрения созданной Е.В.Луценко технологии АСК-анализа для создания методик расчета таких сложных технических систем, как роторно-винтовых в различные отрасли промышленности и сельского хозяйства.

Опыт успешного применения АСК-анализа и его программного инструментария системы «Эйдос-Х» для моделирования сложной технической системы для смешивания комбикормов с подробным численным примером описан в работе [24]. Стоит отметить, что параметры, рекомендуемые в соответствии с информационной моделью, обычно соответствуют экспертным ожиданиям, основанным на интуиции, опыте и профессиональной компетенции. Авторами данной работы 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 поиск 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. 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.

Таким образом, метод АСК-анализа может быть применен для анализа и рационального выбора конструктивных особенностей и параметров режимов работы технических систем, т.е. задача, поставленная в работе, успешно решена.

Отметим, что АСК-анализ и его программный инструментарий интеллектуальная система «Эйдос» позволяют моделировать не только физико-технические характеристики сложных технических систем, но и их *социальные свойства, такие, например, как финансово-экономические и инженерно-психологические*. Можно исследовать как конструктивные особенности и параметры режимов работы сложных технических систем влияют на финансово-экономическую и инженерно-психологическую эффективность применения этих систем и на этой основе выбирать их рациональные конструктивные особенности и режимы работы.

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 время⁹, 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

⁹ http://lc.kubagro.ru/My_training_schedule.doc

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. Презентация к данной статье находится по адресу: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/upload/02.zip>

Литература

1. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989. - 320 с.,
2. Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П.. Основы системного анализа. Томск Изд-во науч.-техн. лит. 1997. 389с.
3. 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>
4. 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>
5. 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>
6. Луценко Е.В. Свидетельство РосАПО №940217. Заяв. № 940103. Оpubл. 11.05.94. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "ЭЙДОС", – 50с.
7. 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.¹⁰
8. Луценко Е.В. Пат. № 2003610986 РФ. Заяв. № 2003610510 РФ. Оpubл. от 22.04.2003. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС", – 50с.
9. Луценко Е.В. Пат. № 2012619610 РФ. Заявка № 2012617579 РФ от 10.09.2012. Зарегистр. 24.10.2012. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС-Х++", – 50с.
10. 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

¹⁰ Эти свидетельства есть здесь: <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>

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.

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

12. 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>

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

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

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

16. 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/>

17. 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.

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

19. 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.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. Марченко А.Ю. Применение АСК-анализа для определения рациональных конструктивных особенностей и параметров режимов работы релятивных винтовых барабанов для смешивания комбикормов / Марченко А.Ю., Луценко Е.В., Фролов В.Ю. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №05(119). – IDA [article ID]: 1191605001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/01.pdf>, 3,000 у.п.л.

25. 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.

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. 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.

28. 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.

29. Кошкин Л. Н. Важнейший этап развития технологических систем / Л. Н. Кошкин. – Новосибирск, ЭКО (роторно-конвейерные машины), № 10. – 1985. – С. 4.

30. Кошкин Л. Н. Роторные и роторно-конвейерные линии / Л. Н. Кошкин. – М.: Машиностроение, 1986. – 319 с.

31. Серга Г. В. Ресурсосберегающая технология смешивания компонентов кормов в винтовых барабанах / Г. В. Серга, А. Ю. Марченко // Вибрации в технике и технологиях. – 2009. – №2. – С. 91-101.

32. Серга Г. В. Мельница для помола ферромагнитных порошков на базе винтового барабана / Г. В. Серга, Ю.М. Вернигоров Н.Н. Фролова А.Б. Гордеева // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития 2011. – Одесса, Черноморье, 2011.– с. 94.

33. Серга Г. В. Исследование и создание способа, а также устройства для сушки куриного помета / Г. В. Серга, А. Ю. Марченко, Н.Н. Кузнецова // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2015 г. – № 03(107) – С.1794-1806.

34. Пат. 2572685 Российская Федерация, МПКВ24В 31/02 (2006.01). Устройство для отделочно-зачистной обработки / Г. В. Серга, А.Ю. Марченко, А.Н. Иванов, В.А. Лебедев, В.В. Иванов ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. –№ 2014129160/02 ; заявл. 15.07.2014 ; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.

35. Пат. 2573355 Российская Федерация, МПКВ02С 19/16 (2006.01), В02С 17/04 (2006.01), В02С 17/14 (2006.01). Мельница непрерывного действия / Г. В. Серга, В.Д. Таратута ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. –№ 2014141833/13; заявл. 16.10.2014; опубл. 20.01.2016, Бюл. № 2.

36. Пат. 2558580 Российская Федерация, МПК В01F 9/00 (2006.01). Устройство для приготовления краски / Г. В. Серга, С. М. Резниченко ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2014140769/05; заявл. 08.10.2014 ; опубл. 10.08.2015, Бюл. № 22.

37. Пат. 2572138 Российская Федерация, МПК В01D 33/03 (2006.01) В01D 35/20 (2006.01). Вибрационное устройство для обезвоживания сыпучих материалов / Г. В. Серга, А.Ю. Марченко, М.Г. Серга ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. –№ 2014152961/05 ; заявл. 25.12.2014 ; опубл. 27.12.2015, Бюл. № 36.

38. Пат. 2565315 Российская Федерация, МПК В07В 1/28 (2006.01). Грохот вибрационный / Г. В. Серга, В.Д. Таратута ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2014136724/03; заявл. 09.09.2014; опубл. 20.10.2015, Бюл. № 29.

39. Пат. 2536318 Российская Федерация, МПК F27В 7/16 (2006.01). Печь вращающаяся для приготовления цементного клинкера / Г. В. Серга, В.Д. Таратута ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – № 2013120422/02; заявл. 30.04.2013; опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35.

40. Пат. 2568500 Российская Федерация, МПК А01С 1/00 (2006.01). Машина для предпосевной обработки семенного материала / Г. В. Серга, А.Ю.Марченко ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет. – №2014128859/13;заявл.14.07.2014; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32.

Literatura

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

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

3. 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>

4. 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>

5. 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>

6. Lucenko E.V. Svidetel'stvo RosAPO №940217. Zajav. № 940103. Opubl. 11.05.94. Universal'naja avtomatizirovannaja sistema raspoznavanija obrazov "JeJDOS", – 50s.

7. 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.

8. Lucenko E.V. Pat. № 2003610986 RF. Zajav. № 2003610510 RF. Opubl. ot 22.04.2003. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema "JeJDOS", – 50s.

9. 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.

10. 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.

11. Stabin I.P., Moiseeva B.C. Avtomatizirovannyj sistemnyj analiz.- M.: Mashinostroenie, 1984. -309 s.

12. 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>

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

14. Klir Dzh. Sistemologija. Avtomatizacija reshenija sistemnyh zadach. Moskva: Radio i svjaz'. 1990. 538 s. <http://www.twirpx.com/file/486296/>

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

16. Hubbard Duglas U. Kak izmerit' vse, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial'nogo v biznese / Duglas U. Hubbard / [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/>

17. Lucenko E.V. Metrizaciona 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.

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

19. 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.

20. Lucenko E.V. Kojefficient jemerdzhentnosti klassicheskikh i kvantovyh statisticheskikh sistem / E.V. Lucenko, A.P. Trunев // 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.

21. Trunев A.P. Gravitacionnye volny i kojefficient jemerdzhentnosti klassicheskikh i kvantovyh sistem / A.P. Trunев, 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.

22. 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.

23. Lucenko E.V. Sistemno-kognitivnyj analiz kak razvitie koncepcii smysla Shenka – Abel'sona / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой 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.

24. Marchenko A.Ju. Primenenie ASK-analiza dlja opredelenija racional'nyh konstruktivnyh osobennostej i parametrov rezhimov raboty reljativnyh vintovyh barabanov dlja smeshivanii kombikormov / Marchenko A.Ju., Lucenko E.V., Frolov V.Ju. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №05(119). – IDA [article ID]: 1191605001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/01.pdf>, 3,000 u.p.l.

25. 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 setевой 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.

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. 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.

28. 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.

29. Koshkin L. N. Vazhnejshij jetap razvitija tehnologicheskikh sistem / L. N. Koshkin. – Novosibirsk, JeKO (rotorno-konvejernye mashiny), № 10. – 1985. – S. 4.

30. Koshkin L. N. Rotornye i rotorno-konvejernye linii / L. N. Koshkin. – M.: Mashinostroenie, 1986. – 319 s.

31. Serga G. V. Resursosberegajushhaja tehnologija smeshivanija komponentov kormov v vintovyh barabanah / G. V. Serga, A. Ju. Marchenko // Vibracii v tehnike i tehnologijah. – 2009. – №2. – S. 91-101.

32. Serga G. V. Mel'nica dlja pomola ferromagnitnyh poroshkov na baze vintovogo barabana / G. V. Serga, Ju.M. Vernigorov N.N. Frolova A.B. Gordeeva // Nauchnye issledovanija i ih prakticheskoe primenenie. Sovremennoe sostojanie i puti razvitija 2011. – Odessa, Chernomor'e, 2011.– s. 94.

33. Serga G. V. Issledovanie i sozdanie sposoba, a takzhe ustrojstva dlja sushki kurinogo pometa / G. V. Serga, A. Ju. Marchenko, N.N. Kuznecova // Nauch. zhurn. KubGAU [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar : KubGAU, 2015 g. – № 03(107) – S.1794-1806.

34. Pat. 2572685 Rossijskaja Federacija, MPKB24V 31/02 (2006.01). Ustrojstvo dlja otdelochno-zachistnoj obrabotki / G. V. Serga, A.Ju. Marchenko, A.N. Ivanov, V.A. Lebedev, V.V. Ivanov ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. –№ 2014129160/02 ; zajavl. 15.07.2014 ; opubl. 20.01.2016, Bjul. № 2.

35. Pat. 2573355 Rossijskaja Federacija, MPKB02S 19/16 (2006.01), B02S 17/04 (2006.01), B02S 17/14 (2006.01). Mel'nica nepreryvnogo dejstvija / G. V. Serga, V.D. Taratuta ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. –№ 2014141833/13; zajavl. 16.10.2014; opubl. 20.01.2016, Bjul. № 2.

36. Pat. 2558580 Rossijskaja Federacija, MPK V01F 9/00 (2006.01). Ustrojstvo dlja prigotovlenija kraski / G. V. Serga, S. M. Reznichenko ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. –№ 2014140769/05; zajavl. 08.10.2014 ; opubl. 10.08.2015, Bjul. № 22.

37. Pat. 2572138 Rossijskaja Federacija, MPK B01D 33/03 (2006.01) B01D 35/20 (2006.01). Vibracionnoe ustrojstvo dlja obezvozhivanija sypuchih materialov / G. V. Serga, A.Ju. Marchenko, M.G. Serga ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. –№ 2014152961/05 ; zajavl. 25.12.2014 ; opubl. 27.12.2015, Bjul. № 36.

38. Pat. 2565315 Rossijskaja Federacija, MPK V07V 1/28 (2006.01). Grohot vibracionnyj / G. V. Serga, V.D. Taratuta ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2014136724/03; zajavl. 09.09.2014; opubl. 20.10.2015, Bjul. № 29.

39. Pat. 2536318 Rossijskaja Federacija, MPK F27B 7/16 (2006.01). Pech' vrashhajushhajasja dlja prigotovlenija cementnogo klinkera / G. V. Serga, V.D. Taratuta ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – № 2013120422/02; zajavl. 30.04.2013; opubl. 20.12.2014, Bjul. № 35.

40. Pat. 2568500 Rossijskaja Federacija, MPK A01S 1/00 (2006.01). Mashina dlja predposevnoj obrabotki semennogo materiala / G. V. Serga, A.Ju.Marchenko ; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – №2014128859/13; zajavl. 14.07.2014; opubl. 20.11.2015, Bjul. № 32.