УДК 004.8

05.00.00 Технические науки

СИНТЕЗ АДАПТИВНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АСК-АНАЛИЗА И СИСТЕМЫ «ЭЙДОС», СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В ЭКОНОМЕТРИКЕ, БИОМЕТРИИ, ЭКОЛОГИИ, ПЕДАГОГИКЕ, ПСИХОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ[1]

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

В статье предлагается применить автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий систему «Эйдос» как для синтеза, так и для применения адаптивных интеллектуальных измерительных систем с целью измерения не значений параметров объектов, а для системной идентификации состояний сложных многофакторных нелинейных динамических систем. Кратко рассматривается математический метод АСК-анализа, реализованный в его программном инструментарии – универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос-Х++». 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. Благодаря математическому методу, положенному в основу АСК-анализа, этот метод является непараметрическим и позволяет сопоставимо обрабатывать десятки и сотни тысяч градаций факторов и будущих состояний объекта управления (классов) при неполных (фрагментированных), зашумленных данных числовой и нечисловой природы измеряемых в различных единицах измерения. Приводится развернутый численный пример применения АСК-анализа и системы «Эйдос-Х++» как для синтеза системно-когнитивной модели, обеспечивающей многопараметрическую типизацию состояний сложных систем, так и для системной идентификации их состояний, а также для принятии решений об управляющем воздействии, так изменяющем *состав* объекта управления, чтобы его качество (уровень системности) максимально повышалось при минимальных затратах на это. Для численного примера в качестве сложной си-

UDC 004.8

Technical sciences

ADAPTIVE SYNTHESIS OF INTELLIGENT MEASUREMENT SYSTEMS WITH THE USE OF ASC-ANALYSIS AND "EIDOS" SYSTEM. SYSTEM IDENTIFICATION IN ECONOMETRICS, BIOMETRICS, ECOLOGY, PEDAGOGY, PSYCHOLOGY AND MEDICINE

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

The article proposes using the automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) and its software tool, which is the system called "Eidos" for synthesis and application of adaptive intelligent measuring systems to measure values of parameters of objects, and for system state identification of complex multivariable nonlinear dynamic systems. The article briefly describes the mathematical method of ASC-analysis, implemented in the software tool – universal cognitive analytical system named "Eidos-X++". The mathematical method of ASC-analysis is based on system theory of information (STI) which was created in the conditions of implementation of program ideas of generalizations of all the concepts of mathematics, in particularly, the information theory based on the set theory, through a total replacement of the concept of “many” with the more general concept of system and detailed tracking of all the consequences of this replacement. Due to the mathematical method, which is the basis of ASC-analysis, this method is nonparametric and allows you to process comparably tens and hundreds of thousands of gradations of factors and future conditions of the control object (class) in incomplete (fragmented), noisy data numeric and non-numeric nature which are measured in different units of measurement. We provide a detailed numerical example of the application of ASC-analysis and the system of "Eidos-X++" as a synthesis of systemic-cognitive model, providing a multiparameter typization of the states of complex systems, and system identification of their states, as well as for making decisions about managing the impact of changing the composition of the control object to get its quality (level of consistency) maximally increased at minimum cost. For a numerical example of a complex system we have selected the team of the company, and its component – employees and applicants (staff). However, it must be noted that this example should be considered even wider, because the ASC-analysis and the "Eidos" system were developed

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект №16-06-00114 А

стемы выбран коллектив фирмы, а его компонент – сотрудники и кандидаты (персонал). Однако необходимо отметить, что этот пример следует рассматривать шире, т.к. АСК-анализ и система «Эйдос» разрабатывались и реализовались в очень обобщенной постановке, постановке, не зависящей от предметной области, и с успехом могут быть применены и в других областях

and implemented in a very generalized statement, not dependent on the subject area, and can successfully be applied in other areas

Ключевые слова: АСК-АНАЛИЗ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ЭКОНОМЕТРИКА, БИОМЕТРИЯ, ЭКОЛОГИЯ, ПЕДАГОГИКА, ПСИХОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА

Keywords: ASC-ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, "EIDOS" INTELLIGENCE SYSTEM, INTELLIGENT MEASURING SYSTEMS, ECONOMETRICS, BIOMETRICS, ECOLOGY, EDUCATION, PSYCHOLOGY, MEDICINE

СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, КАК ЗАКОНОМЕРНЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ... 2

2. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕТОД АСК-АНАЛИЗА – СИСТЕМНАЯ ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ. 18

3. ПРИМЕНЕНИЕ АСК-АНАЛИЗА И СИСТЕМЫ «ЭЙДОС» ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ... 35

3.1. РЕШЕНИЕ 1-Й ЗАДАЧИ – МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ... 36
3.2. РЕШЕНИЕ 2-Й ЗАДАЧИ – СИСТЕМНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ... 39
3.3. РЕШЕНИЕ 3-Й ЗАДАЧИ – ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОБ УПРАВЛЯЮЩЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ ТАК ИЗМЕНЯЮЩЕМ СОСТАВ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ, ЧТОБЫ ЕГО КАЧЕСТВО МАКСИМАЛЬНО ПОВЫШАЛОСЬ ПРИ МИНИМАЛЬНЫХ ЗАТРАТАХ НА ЭТО ... 41
3.3.1. Интегральные критерии системы «Эйдос» ... 42
3.3.2. Алгоритм решения 3-й задачи ... 44
3.3.3. Численный пример решения 3-й задачи ... 45
3.3.4. Различие в подходах психолога и руководителя к назначению и перемещению персонала ... 49

ВЫВОДЫ ... 50

ЛИТЕРАТУРА ... 50

«…законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях…»
Альберт Эйнштейн

1. Интеллектуальные измерительные системы, как закономерный этап развития информационно-измерительных систем

Очевидно, смысл процесса измерения в том, что в его результате мы получаем определенное количество ***информации*** о степени выраженности тех или иных свойств у измеряемого объекта или о его состоянии. Информация может рассматриваться с двух точек зрения: с количественной и с качественной, т.е. содержательной, семантической. Парадокс заключается в том, что традиционно внимание обращается только на *содержание* информации, полуденной в процессе измерения, тогда как на *количество* этой информации обычно вообще не обращают никакого внимания. Между тем количество информации полученной в результате измерений также очень важно, т.к. непо-

средственно связано с *точностью* измерений. Точность измерений принципиально ограничено соотношением неопределенностей Гейзенберга, поэтому принципиально ограничено и максимальное количество информации (Фишера), которое можно получить об объекте в процессе измерений[2].

Например, если в результате измерения температуры с помощью бытового наружного термометра со стандартной шкалой от -50С° до +50С° мы получили содержательную информацию о том, что температура воздуха на улице равна 25С°, то мы получили $I=Log_2 100\sim 7$ бит информации, если же мы узнали более точное значение температуры 25,4С°, то это увеличивает количество полученной информации: $I=Log_2 1000\sim 10$ бит информации.

Проблема заключается в полном отсутствии ***универсальных*** инструментальных средств для синтеза измерительных систем в различных предметных областях, *которые бы позволяли вычислять какое* ***количество информации*** *содержится в результатах измерения о том, что измеряемая величина примет то или иное значение*.

Вроде бы существуют и учебные пособия по интеллектуальным измерительным системам [1], и государственный стандарт в этой области [2]. Однако, сформулированная проблема ими не решается, т.к. в них даже не ставится задача ее решения. Данная статья посвящена описанию подхода к решению данной проблемы, основанного на применении автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» [3, 4].

С точки зрения теории информации измерение представляет собой и *процесс* отображения, и *результат* отображения одной системы в другой. *Процесс* отображения одной системы в другой представляет собой процесс моделирования, *результатом* которого является ***модель*** *измеряемого или отображаемого объекта*. В этой связи возникает много сложных методологических проблем [5, 6]. В соответствии с принципом Эшби более простая система может адекватно отображаться в более сложной, тогда как более сложная система в более простой всегда отображается с необратимой потерей информации, т.е. неадекватно. Значит, что для того чтобы измерительная (управляющая) система была адекватной она должна быть сложнее измеряемого объекта (объекта управления).

Поэтому вполне естественно и закономерно, что история измерений – это по сути история эволюция информационно-измерительных систем, в процессе которой они постоянно усложнялись и становились все более и более точными. Измерения развивались по двум основным направлениям: с одной стороны от измерения объективных свойств к социальным и субъективным измерениям, а с другой стороны от измерения степени выраженности отдельных свойств объектов к измерению состояний систем в целом.

Первоначально измерения зародись в естественных науках, но потом постепенно стали проникать, особенно в последнее время, и в гуманитарные науки. Сначала измерялась степень выраженности объективных свойств объектов, принадлежащие им по самой их природе (физика: вес, скорость и т.п.), затем стали измеряться социально-экономические свойства, отражающие отношения людей с помощью вещей (эконометрика: потребительная и меновая стоимость), а после этого пришла очередь и субъективных свойств (педагогические измерительные системы, измеряющие уровень предметной обученности, а также психологические измерительные системы, обеспечивающие измерение степени выраженности психологических свойств личности). При этом сначала измерялась степень выраженности свойств объектов. Затем выяснилось, что не существует совершенно независимых друг от друга свойств, т.е. все объекты являются

[2] См., «Выражение конечного доступного количества информации Фишера»: http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/44423

в той или иной степени нелинейными, а представление об абсолютно линейных объектах являются предельной абстракцией, наподобие математической точки. Но существуют практически линейные объекты, для которых нелинейностью можно вполне обоснованно пренебречь и для которых измерение степени выраженности их свойств вполне корректно. *Однако для систем с высоким уровнем системности и, соответственно, ярко выраженной нелинейностью более правильно говорить не об измерении свойств, а об идентификации состояний систем по их свойствам, т.е. о системной идентификации [7]*[3]. Системы с ярко выраженными нелинейными свойствами широко распространены. Это квантовые природные и технические системы, качественно изменяющие свое состояние в процессе штатной эксплуатации, глобальные природные системы [8], биологические и экологические системы, а также так называемые организационные системы, т.е. все системы с участием людей: социально-экономические системы, коллективы и отдельные люди – личности.

Например, в медицине, подход к лечению, основанный на измерении свойств пациента и приведении значений этих свойств к норме, называется симптоматическим лечением, т.е. лечением клинических признаков, а не человека, как целостной системы. При таком лечении патологические значения клинических признаков приводятся к нормальным значениям, но причины заболевания не устраняются.

Измерение всегда осуществляется во *взаимодействии* измеряемого объекта и измерительной системы, поэтому и процесс, и результат отображения является *взаимным*, т.е. измерительная система в процессе оказывает влияние на измеряемый объект и изменяет его и сама также изменяется в процессе измерения, поэтому она измеряет не состояние измеряемого объекта «самого по себе», каким оно было до измерения, а то состояние, которое возникло и стабилизировалось у него в результате возникновения равновесия в процессе измерения. Казалось бы, подобные методологические рассуждения играют роль лишь в квантово-механической теории измерений, но это далеко не так. При измерении состояний сложных нелинейных физических, социально-экономических, биологических и психологических систем мы часто наблюдаем существенное, часто необратимое влияние измерительной системы на измеряемую систему, что совершенно недопустимо ни с какой точки зрения.

Например, мы прекрасно знаем, сколь болезненными для пациента и небезопасными для него по своим последствиям могут быть медицинские анализы, в частности гистологические пробы на рак, которые резко активируют развитие рака. Многие психологические и педагогические измерительные материалы (тесты) с *ложными*, неполными и вообще неверными вариантами ответов, типа ЕГЭ, *необратимо дезориентируют тестируемых* в самом процессе тестирования и поэтому дают закономерное снижение качества результатов при повторном тестировании, т.е. имеют недопустимо низкую ретестовую надежность. Но главное даже не в этом, а в том, что само измерение с помощью подобных грубых измерительных систем необратимо *повреждает* измеряемый объект, в результате чего он существенно изменяет свои свойства и по сути становится иным, чем до измерения, а вот это уже недопустимо. В этом случае сам измерительный инструмент, недопустимо сильно влияющий на измеряемый объект, следует признать непригодным для измерений (за исключением случая проведения краш-тестов). Представьте себе, чтобы Вы сказали о термометре для имения температуры воды, если бы он в процессе измерения эту воду заморозил бы или вскипятил. Но когда подобными измерительными инструментами и методами проводятся педагогические измерения уровня предметной обученности у миллионов школьников нашей страны, то это почему-то считается вполне приемлемым.

[3] Автор впервые узнал о существовании чрезвычайно удачного термина: «Системная идентификация» именно из этой работы Шитикова В.К., Розенберга Г.С., Зинченко Т.Д.

В естественных науках прогресс во многом определяется совершенствованием технологий *измерений* и накопления фактов, а также развитием методов *извлечения знаний из фактов*.

Само понятие измерения претерпело значительную эволюцию [8].

Раньше под измерением понимали сам факт обнаружения и идентификации объекта или обнаружения (идентификации) у изучаемого объекта какого-либо свойства, что выражалось *качественной*, номинальной или текстовой величиной.

Затем возникло представление о степени выраженности различных свойств объектов и возможности между ними отношений «больше», «меньше».

Позже возникло понятие об отношениях *эквивалентности* между степенью выраженности свойства измеряемого объекта с каким-либо *эталоном*, который стал рассматриваться как единица измерения. Примером может быть измерение веса продуктов на весах с помощью гирь. Развитие этих представлений привело к формированию понятий об измерительных шкалах различных типов [9] и о единицах измерения и числовых измерениях и тогда под измерением стали понимать установление *количественного* значения некоторого свойства объекта. При этом сначала использовались измерительные шкалы с условным нулем, а затем и с абсолютным нулем.

Дальнейшее развитие науки привело к пониманию, что измерение любой количественной величины всегда осуществляется с некоторой принципиально неустранимой *погрешностью*. Абсолютно точное значение измерения недостижимо по ряду причин. Прежде всего, для абсолютно точной записи любой величины потребовалось бы бесконечное количество знаков, а значит информационный носитель бесконечной емкости и бесконечное время для записи этой информации, а также бесконечная скорость передачи информации оп каналу связи и такая же скорость записи на носитель. С другой стороны сам процесс измерения всегда занимает некоторое конечное время и за это время возможно получить лишь ограниченный объем информации Фишера об измеряемом объекте, а сама изменяемая величина, вообще говоря, может и измениться за это время. Кроме того, в любом реальном процессе измерения измерительная система *взаимодействует* с исследуемым объектом, т.е. не только получает информацию о его состоянии, но и влияет на него, т.е. изменяет его состояние в процессе измерения. Иначе говоря, существует принципиально неустранимое влияние наблюдателя на наблюдаемую им реальность. Следовательно, от самого наблюдателя в определенной степени, конечно, зависит, что он наблюдает и что он *в принципе* может наблюдать. В этой связи возникает много сложных методологических проблем [5, 6]. Поэтому результаты количественных измерений стали записывать с указанием погрешностей, а затем и *доверительного интервала*, в который с определенной вероятностью (обычно 0.95) попадает истинное значение измеряемой величины. Таким образом, понимание, что измерение всегда осуществляется с некоторой погрешностью, привело к переходу к доверительным интервалам и *интервальным оценкам* в измерениях.

Следующий этап развития теории измерений связан с пониманием того, что измеряемая величина каким-то образом, в общем случае *неравномерно*, распределена внутри доверительного интервала. В результате под измерением стали понимать установление *статистических характеристик вероятностных распределений числовых величин* и это ознаменовало следующий этап развития понятия «Измерение». Чем выше кривизна кривой частот внутри интервала, тем чаще должны быть расположены точки измерений, чтобы отразить эту форму (теорема Котельникова об отсчетах). Поэтому в системно-когнитивном анализе и его программном инструментарии – интеллектуальной системе «Эйдос» [3, 4] возникла и была реализована идея использования интервальных шкал с *адаптивным размером интервала*, при котором его размер изменяется таким образом, чтобы внутри разных интервалов было примерно одинаковое количе-

ство наблюдений. В качестве примеров научных исследований, использующих такой уровень понимания сущности измерений, являются работа [8].

Но когда стали анализировать эти распределения, то оказалось, что для того, чтобы сделать обоснованные выводы о характере влиянии исследуемых факторов на систему необходимо сравнивать ее поведение под действием этих факторов с какой-то *базой сравнения*, например с поведением той же системы в условиях отсутствии действия этих факторов и при прочих равных условиях, т.е. сравнивать с *контрольной группой*. Так появился метод контрольных групп, без которого немыслимо научное измерение влияния факторов.

Однако в связи с природой самого объекта исследования реально на практике исследователи чаще всего не имеют возможности изучить влияние на объект всех возможных сочетаний значений факторов и выделить контрольную группу. Поэтому приходится сравнивать поведение объектов в различных группах с его поведением в среднем по всей выборке, для чего были предложены «метод среднего и отклонений от среднего» и «метод вариабельных контрольных групп» [8].

Другой проблемой является *выделение полезного сигнала из шума*, т.к. в общем случае измеряемая величина является суммой «истинного» значения и шума, и обеспечение *сопоставимости* изучения влияния факторов различной природы, как качественных, так количественных, измеряемых в различных типах измерительных шкал [9, 10] и в различных единицах измерения. Все эти проблемы решены в новом методе исследования: системно-когнитивном анализе («АСК-анализ») и его программном инструментарии – универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос» [3, 4].

Соответственно эволюции понятия «Измерение» эволюционировали и измерительные системы, технологии и методики их применения. Для установления фактов, осознанно или нет, но всегда использовался некоторый *инструмент* и способ или методика его применения. Исторически первыми такими инструментами стали сами органы восприятия человека, прежде всего зрение, а способом – наблюдение. Создание новых инструментов всегда приводило к революции в науке или даже возникновению новых наук. Достаточно вспомнить, как изменились биология и медицина после изобретения микроскопа Антони Ван Левенгуком, и как изменилась астрономия после изобретения телескопа Галилео Галилеем. Последовавшее затем изобретение радиотелескопа привело к возникновению радиоастрономии, а рентгеновского телескопа, соответственно – рентгеновской астрономии и т.д. и т.д. Как микроскоп или телескоп многократно увеличивают возможности естественного зрения, *если оно есть*, так и системы искусственного интеллекта многократно увеличивают возможности интеллекта естественного, *если он есть*. Микроскоп или телескоп не заменяют зрения, а лишь усиливают возможности естественного зрения или компенсируют его недостатки. Аналогично и системы искусственного интеллекта не заменяют естественного интеллект, а лишь усиливают возможности естественного интеллекта или компенсируют его недостатки.

Адаптивная интеллектуальная измерительная система (АИИС) также представляет собой новый инструмент исследования, своего рода специфический микроскоп и телескоп одновременно, появление которого в руках исследователей может многократно увеличить возможности человека к наблюдению и осмыслению их результатов, а значит и привести к возникновению новых направлений науки [8, 11, 12, 13]. В качестве источника фактов для АИИС выступают базы знаний, отражающие свойства систем и характеристику их состояний. В качестве эффективной системы выделения сверхслабого полезного сигнала из многократно превосходящего его шума в АИИС применяются методы и технологии искусственного интеллекта, в частности предлагается применить для этого АСК-анализ и систему «Эйдос».

В общем случае синтез измерительной системы представляет собой процесс обучения с учителем системы распознавания образов на основе примеров и создание базы знаний, отражающей причинно-следственные зависимости между показаниями датчиков и результатами измерения.

Синтез измерительной системы предполагает наличие ***двух*** *или более параллельных и независимых друг от друга источников и соответствующих им параллельных каналов передачи информации об измеряемых объектах: источник априорной информации о* ***сущностных*** *значениях свойств или измеряемых состояний объектов и источник* ***косвенной*** *информации, получаемой непосредственно в процессе измерения объектов с помощью датчиков*[4]*. После выявления* ***причинно-следственных взаимосвязей*** *между этими двумя потоками информации измерительная система на основе знания этих взаимосвязей способна только по косвенной информации, получаемой от измеряемого объекта в процессе измерения с помощью датчиков, восстановить, реконструировать априорную информацию и эта реконструированная априорная информация собственно и является результатом измерения.*

Ниже приведены два примера использования знания причинно-следственных зависимостей для построения измерительных систем.

Пример 1: пружинные весы. Физики в лице Гука выявили причинно-следственную взаимосвязь между весом тела, положенного на пружинные весы, и степенью сжатия пружины под действием этого веса. Когда весь сравнительно невелик и пружина почти не сжимается, то между ее сжатием и весом существует практически линейная взаимосвязь, знание которой и положено в основу принципа действия пружинных весов, которые *по степени сжатия пружины определяют вес тела*.

Пример 2: ртутный или спиртовой термометр. При небольших изменениях температуры жидкости ее объем изменяется практически линейно от температуры. Знание этой причинно-следственной зависимости положено в основу действия термометров, которые *по степени расширения жидкости определяют ее температуру*. При этом предполагается, что теплоемкость термометра пренебрежимо мала по сравнению с теплоемкостью тела, температура которого измеряется и поэтому в процессе *выравнивания* их температур (достижения теплового ***равновесия***) в процессе теплового взаимодействия температура измеряемого тела практически не изменится за счет теплового взаимодействия с термометром, а температура последнего станет равной температуре измеряемого тела. Это в частности означает, что с помощью макротермометра невозможно измерить температуру капельки тумана или бактерии.

Эмпирические данные, используемые для выявления причинно-следственных зависимостей в предметной области и необходимые для синтеза измерительной системы, образуют обучающую выборку, которая является репрезентативной по отношению к некоторой генеральной совокупности, в пределах которой действуют те же причинно-следственные зависимости, что и в обучающей выборке *и в пределах которой применение данной системы методологически корректно*.

В естественнонаучных измерениях генеральная совокупность может быть *глобальной*, т.е. в пространстве может включать и другие галактики, а во времени – миллиарды лет. Когда же измерения производятся в социально-экономических и социально-психологических системах, то границы генеральной совокупности в пространстве могут измеряться километрами, а во времени – годами (так называемые периоды эргодичности), т.е. измерения в этих предметных областях по необходимости являются *локальными*. Для социально-экономических систем не выполняется принцип относительности, подобный принципу относительности Галилея-Эйнштейна [14]. Поэтому в есте-

[4] Естественно, датчики должны быть связаны с системой обработки измерительной информации с помощью каналов связи.

ственных науках возможен и успешно применяется подход к построению измерительных систем на основе заранее известных причинно-следственных связей в предметной области. Однако этот подход неприменим, например, в социально-экономических и социально-психологических эмпирических исследованиях, в которых, по этой причине, *необходимо иметь инструменты для выявления этих причинно-следственных связей непосредственно при* ***синтезе*** *измерительной системы*. Этот инструмент необходим также и при ***применении*** *измерительной системы* в адаптивном режиме, т.к. положенные в основу измерительной системы причинно-следственные связи могут изменяться в зависимости от места и времени ее применения. Поэтому необходимо адаптировать и локализовать адаптивные интеллектуальные измерительные системы соответственно к времени и месту их применения. Это наукоемкая и дорогая процедура, одна без нее применение неадаптированных и нелокализованных измерительных технологий превращается в профанацию самой идеи измерений в соответствующих предметных областях. Понятно, что технология стоит на порядки дороже продуктов ее применения. Поэтому на практике как правило пользуются неадаптированными и нелокализованными измерительными инструментами, которые дают неизвестные систематические ошибки измерений или вообще результаты, близкие к случайным. Таким образом, необходимо включить инструментарий синтеза измерительной системы в состав самой этой системы, но для этого надо иметь такой инструментарий и он должен быть достаточно прост в применении, т.е. должен иметь персональный уровень.

Таким универсальным инструментом, обеспечивающим ***выявление*** причинно-следственных зависимостей в различных предметных областях, является автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос» [3, 4]. Но АСК-анализ и система «Эйлос» обеспечивают не только выявление причинно-следственных связей в различных предметных областях, но и ***применение*** знания этих причинно-следственных зависимостей ***для измерения*** степени выраженности свойств и идентификации состояний объектов в этих предметных областях. ***Причинно-следственные связи***, выявленные в моделируемой предметной области, отражены в базах знаний системы «Эйдос» и могут быть наглядно представлены в разнообразных текстовых и графических формах (которых более 110), в том числе в форме когнитивных функций [15, 16].

В качестве особо важного этапа развития измерительных систем необходимо отметить информационно-измерительные системы.

При построении измерительных систем в естественных науках используются знания причинно следственных зависимостей, полученные в результате *заранее* проведенных длительных фундаментальных исследований и сохраняющих свое значение *глобально и на очень длительные периоды времени, возможно миллионы и даже миллиарды лет*. Однако в наше время потребности практики измерений часто опережают темпы развития фундаментальной науки, в результате чего возникает проблема синтеза измерительных систем, обеспечивающих измерение состояний сложных нелинейных объектов на основе значений их свойств *при* ***заранее неизвестном*** *виде причинно-следственных зависимостей между свойствами и состояниями*. В наше время, когда эмпирические измерения все более проникают в социально-экономические и психологические исследования, заранее знать причинно-следственные зависимости в измеряемой области не представляется возможным [14]. Это значит, что в этих областях неприменим подход, успешно применявшийся в естественных науках.

В автоматизированном системно-когнитивном анализе (АСК-анализ) предлагается сначала построить интеллектуальные модели, отражающие эти причинно-следственные взаимосвязи на основе неполных и зашумленных исходных данных

большой размерности, а затем использовать знание этих зависимостей для системных, т.е. многопараметрических нелинейных измерений.

Обратимся к эпиграфу к статье. Итак, современная наука, по мнению ее выдающихся представителей, изучает лишь пространственно-временные совпадения. Неужели уникальные явления, т.е. то, что не совпадает, и не изучается вовсе? И что вообще означает: «совпадение»? Ответом на эти вопросы является системная нечеткая интервальная математика [15]. Ведь ясно, что *абсолютно* точно ничто не совпадает[5], все всегда совпадет лишь *в определенной степени или с определенной точностью* и эту степень всегда можно выбрать такой, что 1) ничего не будет совпадать, или 2) все будет совпадать, или 3) что-то будет, а что-то не будет совпадать. Третий вариант открывает путь к исследованию достаточно уникальных явлений и закономерностей, подчиняющихся принципам относительности лишь локально в определенных доменах (умвельтах) пространства и времени.

Итак, предлагается применить автоматизированный системно-когнитивный анализ как для синтеза, так и для применения адаптивной интеллектуальной измерительной системы с целью измерения не значений параметров объектов, а для *идентификации состояний* измеряемых систем, т.е. для так называемой системной идентификации [7, 13]. Измерительная система должна быть не проще, чем измеряемая система (вариант принципа Эшби), иначе она не может быть адекватной. Значит, для измерения сложных нелинейных систем должны применяться интеллектуальные технологии, обеспечивающие достаточно высокий уровень сложности баз знаний. Когда мы проводим диагностику (квалиметрию) материалов, то стараемся оценить качество каких-либо параметров в определенных шкалах. Это параметрический подход. Параметрический подход корректен только для линейных объектов (материалов), в которых отдельные параметры практически не влияют друг на друга. Для нелинейных материалов качество надо оценивать не по одному параметру, а по всем сразу. Это суть системного подхода к квалиметрии, при котором ***качество рассматривается как системное (эмерджентное) свойство системы***. По мнению автора все без исключения свойства объектов и явлений имеют системную эмерджентную природу [17]. Это связано с тем, что структура системы обуславливает на ее макросвойства [18]. Поэтому возникает задача системной идентификации качества материала на основе значений **различных** его параметров, которая решается в АСК-анализе и системе «Эйдос». В качестве примеров системной идентификации можно привести измерение сейсмоопасности микрозоны [19] и измерение качества микрозоны для выращивания пшеницы [20].

Ниже рассмотрим *простой* условный численный пример того, как осуществляется *синтез* измерительной системы в АСК-анализе и его программном инструментарии – универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос» [3, 4] и как при этом осуществляется *метризация* шкал [9], преобразование данных в информацию, а ее в знания, как выявляются причинно-следственные зависимости между результатами измерений и их интерпретацией, и как эта измерительная система *применяется* для системной идентификации состояний сложных систем, в частности для многопараметрического измерения их качества. При этом будем руководствоваться этапами АСК-анализа [3] (когнитивная структуризация и формализация предметной области; синтез и верификация моделей, определение наиболее достоверной модели; решение задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования предметной области путем исследования ее модели) и будем последовательно повышать степень формализации создаваемых моделей, преобразуя данные в информацию, а ее в знания (рисунок 1):

[5] Не считая, квантовых объектов, для которых действует «принцип тождественности элементарных частиц»

Рисунок 1. Последовательность преобразования данных в информацию, а ее в знания в АСК-анализе и системе «Эйдос»[6]

[6] Подборка публикаций проф. Е.В.Луценко по вопросам выявления, представления и использования знаний: http://www.twirpx.com/file/793311/

Данные – это информация, записанная на каком-либо носителе или находящаяся в каналах связи и представленная на каком-то языке или в системе кодирования и рассматриваемая безотносительно к ее смысловому содержанию.

Исходные данные об объекте управления обычно представлены в форме баз данных, чаще всего временных рядов, т.е. данных, привязанных ко времени. В соответствии с методологией и технологией автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) для управления и принятия решений использовать непосредственно исходные данные не представляется возможным. Точнее сделать это можно, но результат управления при таком подходе оказывается мало чем отличающимся от случайного. Для реального же решения задачи управления необходимо предварительно преобразовать данные в информацию, а ее в знания о том, какие воздействия на корпорацию к каким ее изменениям обычно, как показывает опыт, приводят.

Информация *есть осмысленные данные.*

Смысл данных, в соответствии с концепцией смысла Шенка-Абельсона [21], состоит в том, что известны причинно-следственные зависимости между событиями, которые описываются этими данными. Таким образом, данные преобразуются в информацию в результате операции, которая называется «Анализ данных», которая состоит из двух этапов:

1. Выявление событий в данных (разработка классификационных и описательных шкал и градаций и преобразование с их использованием исходных данных в обучающую выборку, т.е. в базу событий – эвентологическую базу).

2. Выявление причинно-следственных зависимостей между событиями.

В случае систем управления событиями в данных являются совпадения определенных значений входных факторов и выходных параметров объекта управления, т.е. по сути, случаи перехода объекта управления в определенные будущие состояния под действием определенных сочетаний значений управляющих факторов. Качественные значения входных факторов и выходных параметров естественно формализовать в форме лингвистических переменных. Если же входные факторы и выходные параметры являются числовыми, то их значения измеряются с некоторой погрешностью и фактически представляют собой интервальные числовые значения, которые также могут быть представлены или формализованы в форме лингвистических переменных (типа: «малые», «средние», «большие» значения экономических показателей).

Какие же математические меры могут быть использованы для количественного измерения силы и направления причинно-следственных зависимостей?

Наиболее очевидным ответом на этот вопрос, который обычно первым всем приходит на ум, является: «Корреляция». Однако, в статистике это хорошо известно, что это совершенно не так. Для преобразования исходных данных в информацию необходимо не только выявить события в этих данных, но и найти причинно-следственные связи между этими событиями. В АСК-анализе предлагается 7 количественных мер причинно-следственных связей, основной из которых является семантическая мера целесообразности информации по А.Харкевичу.

Знания *– это информация, полезная для достижения целей [22].*

Значит для преобразования информации в знания необходимо:

1. Поставить цель (классифицировать будущие состояния моделируемого объекта на целевые и нежелательные).

2. Оценить полезность информации для достижения этой цели (знак и силу влияния).

Второй пункт, по сути, выполнен при преобразовании данных в информацию. Поэтому остается выполнить только первый пункт, т.к. классифицировать будущие состояния объекта управления как желательные (целевые) и нежелательные.

Знания могут быть представлены в различных формах, характеризующихся различной степенью формализации:

– вообще неформализованные знания, т.е. знания в своей собственной форме, ноу-хау (мышление без вербализации есть медитация);

– знания, формализованные в естественном вербальном языке;

– знания, формализованные в виде различных методик, схем, алгоритмов, планов, таблиц и отношений между ними (базы данных);

– знания в форме технологий, организационных, производственных, социально-экономических и политических структур;

– знания, формализованные в виде математических моделей и методов представления знаний в автоматизированных интеллектуальных системах (логическая, фреймовая, сетевая, продукционная, нейросетевая, нечеткая и другие).

Таким образом, для решения сформулированной проблемы необходимо осознанно и целенаправленно последовательно повышать степень формализации исходных данных до уровня, который позволяет ввести исходные данные в интеллектуальную систему, а затем:

– преобразовать исходные данные в информацию;

– преобразовать информацию в знания;

– использовать знания для решения задач управления, принятия решений и исследования предметной области.

Исходные данные.

В качестве исходных данных, описывающих различные состояния объектов для системной идентификации, рассмотрим правильные тела Платона (таблица 1):

Таблица 1 – ТРЕХМЕРНЫЕ ПРАВИЛЬНЫЕ МНОГОГРАННИКИ

№	Наименование правильного многогранника	Изображение	Количество				
			Сторон у грани	Ребер у вершины	Вершин (всего)	Ребер (всего)	Граней (всего)
1	Тетраэдр		3	3	4	6	4
2	Куб		4	3	8	12	6
3	Октаэдр		3	4	6	12	8
4	Додекаэдр		5	3	20	30	12
5	Икосаэдр		3	5	12	30	20

Далее осуществим синтез интеллектуальной измерительной системы в соответствии с этапами АСК-анализа [3, 4]:

1. Когнитивная структуризация предметной области. Это единственный этап АСК-анализа, осуществляемый не на компьютере. На этом этапе необходимо решить, что мы хотим определять и на основе чего. В данном случае будем идентифицировать тело Платона на основе его признаков, приведенных в таблице 1.

Дальнейшие этапы АСК-анализа выполняются в системе «Эйлос».

2. Формализация предметной области включает: разработку классификационных шкал и градаций; разработку описательных шкал и градаций; разработку обучающей выборки, т.е. кодирование исходных данных с применением справочников классификационных и описательных шкал и градаций. По сути формализация предметной области представляет собой ***нормализацию*** базы исходных данных.

Таблица 2 – КЛАССИФИКАЦИОННАЯ ШКАЛА И ЕЕ ГРАДАЦИИ

Код	Наименование
1	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕЛА ПЛАТОНА-Додекаэдр
2	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕЛА ПЛАТОНА-Икосаэдр
3	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕЛА ПЛАТОНА-Куб
4	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕЛА ПЛАТОНА-Октаэдр
5	НАИМЕНОВАНИЕ ТЕЛА ПЛАТОНА-Тетраэдр

Таблица 3 – ОПИСАТЕЛЬНЫЕ ШКАЛЫ И ГРАДАЦИИ

Код	Наименование
1	СТОРОН У ГРАНИ-3
2	СТОРОН У ГРАНИ-4
3	СТОРОН У ГРАНИ-5
4	РЕБЕР У ВЕРШИНЫ-3
5	РЕБЕР У ВЕРШИНЫ-4
6	РЕБЕР У ВЕРШИНЫ-5
7	ВЕРШИН (ВСЕГО)-12
8	ВЕРШИН (ВСЕГО)-20
9	ВЕРШИН (ВСЕГО)-4
10	ВЕРШИН (ВСЕГО)-6
11	ВЕРШИН (ВСЕГО)-8
12	РЕБЕР (ВСЕГО)-12
13	РЕБЕР (ВСЕГО)-30
14	РЕБЕР (ВСЕГО)-6
15	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-12
16	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-20
17	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-4
18	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-6
19	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-8

Используя классификационные и описательные шкалы и градации (таблицы 2 и 3) закодируем описания тел Платона, приведенные в исходных данных (таблица 1) в результате чего получим таблицу 4.

Таблица 4 – ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА

Наименование объекта обучающей выборки	Код класса	Коды признаков				
Тетраэдр	5	1	4	9	14	17
Куб	3	2	4	11	12	18
Октаэдр	4	1	5	10	12	19
Додекаэдр	1	3	4	8	13	15
Икосаэдр	2	1	6	7	13	16

3. Синтез и верификация моделей, определение наиболее достоверной модели.

На основе результатов формализации предметной области системой «Эйдос» рассчитываются (см. рисунок 1) матрица абсолютных частот (корреляционная матрица), матрицы условных и безусловных процентных распределений, а также на их основе матрицы знаний с различными частными критериями знаний [9].

С применением данных частных критериев знаний рассчитываются модели знаний, отражающие силу и направление причинно-следственной взаимосвязи между значениями факторов и принадлежностью объекта к классам. В таблице 5 приведена одна из 7 моделей знаний:

Таблица 5 – МАТРИЦА ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО КРИТЕРИЯ ЗНАНИЙ А.ХАРКЕВИЧА (В МИЛЛИБИТАХ)

№	Наименование признака	Наименование класса				
		Додекаэдр	Икосаэдр	Куб	Октаэдр	Тетраэдр
1	СТОРОН У ГРАНИ-3		368		368	368
2	СТОРОН У ГРАНИ-4			1161		
3	СТОРОН У ГРАНИ-5	1161				
4	РЕБЕР У ВЕРШИНЫ-3	368		368		368
5	РЕБЕР У ВЕРШИНЫ-4				1161	
6	РЕБЕР У ВЕРШИНЫ-5		1161			
7	ВЕРШИН (ВСЕГО)-12		1161			
8	ВЕРШИН (ВСЕГО)-20	1161				
9	ВЕРШИН (ВСЕГО)-4					1161
10	ВЕРШИН (ВСЕГО)-6				1161	
11	ВЕРШИН (ВСЕГО)-8			1161		
12	РЕБЕР (ВСЕГО)-12			661	661	
13	РЕБЕР (ВСЕГО)-30	661	661			
14	РЕБЕР (ВСЕГО)-6					1161
15	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-12	1161				
16	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-20		1161			
17	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-4					1161
18	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-6			1161		
19	ГРАНЕЙ (ВСЕГО)-8				1161	

Подбазы знаний наглядно представляются в форме когнитивных функций (рисунок 2):

Рисунок 2. Наглядная визуализация базы знаний Inf1 в форме когнитивной функции

Верификация моделей осуществляется путем решения в них задачи системной идентификации и подсчета количества ошибок 1-го и 2-го рода (ошибок неидентификации и ложной идентификации). Модель знаний, приведенная в таблице 5, показывает 100% достоверность идентификации и неидентификации.

4. Решение задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования предметной области.

Рассмотрим интегральные критерии знаний, используемые в настоящее время в АСК-анализе и системе «Эйдос-Х++» [23] для верификации моделей и решения задач идентификации и прогнозирования.

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

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

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

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

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

где: M – количество градаций описательных шкал (признаков);

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

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

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

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).

2-й 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 и имеет вид:

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

где:

M – количество градаций описательных шкал (признаков);

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

$\bar{L}$ – *среднее по вектору объекта;*

σ_j – *среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;*

σ_l – *среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.*

Результат системной идентификации представляется в следующем виде (рисунок 3):

Рисунок 3. Экранная форма с результатами системной идентификации в модели знаний INF1

На рисунке 3 показано, что по суммарному количеству информации, которое содержится в системе признаков объекта «Куб» он больше всего похож на класс «Куб», а остальные классы не похож в различной степени.

Таким образом, в АСК-анализе:

1. Рассматривается ряд объектов (фактов), представляющих в совокупности исследуемую выборку.

2. Каждый из объектов исследуемой выборки представляет собой систему, имеющую сложную многоуровневую структуру признаков (экстенсиональное описание).

3. Для каждого из объектов исследуемой выборки известно, к каким обобщенным категориям (классам) он относится (интенсиональное описание).

4. Необходимо сформировать модель, обеспечивающую идентификацию объектов по их признакам, т.е. определение их принадлежности к обобщенным классам по их признакам.

Если признаки и классы относятся к одному времени, то имеет место задача идентификации (распознавания). Если же признаки (факторы, причины) относятся к прошлому, а классы, характеризующие состояния объектов, – к будущему, то это задача прогнозирования. Математически эти задачи не отличаются.

Совокупность ***экстенсионального*** *и* ***интенсионального*** *описания каждого объекта обучающей выборки, по сути, представляет собой его* ***определение*** *через подведение под более общее понятие и выделение специфических признаков.* Иначе говоря, каждый объект обучающей выборки описывается принадлежностью к более общей категории (классу) и наличием у него ряда признаков. Например, так определяется понятие «млекопитающее»: это животное (более общее понятие), выкармливающее своих детей молоком (специфический признак). ***На основе ряда определений конкретных объектов (конкретных онтологий) путем их обобщения можно получить определения (обобщающие онтологии) обобщенных образов классов.*** Если привести в качестве примеров исследуемой выборки множество различных животных, как млекопитающих, так и других, каждый из таких примеров определить множеством признаков и построить модель, то окажется, что наиболее характерным признаком млекопитающих является не наличие шерсти или когтей, а именно вскармливание детенышей молоком.

Процедура преобразования исходных данных в информацию – это ***анализ*** данных, состоящий из трех шагов:

– разработка справочников фактов и событий;

– выявление в исходных данных *фактов* или *событий* и их кодирование;

– выявление причинно-следственных связей (зависимостей) между этими событиями.

Фактически для преобразования исходных данных в информацию необходимо:

1. Разработать классификационные и описательные шкалы и градации.

2. С использованием классификационных и описательных шкал и градаций ***закодировать*** *исходные данные,* в результате чего получится обучающая выборка, состоящая из *фактов,* представляющих собой примеры в единстве экстенсионального и интенсионального описания.

3. Произвести расчет матриц абсолютных частот, условных и безусловных процентных распределений и матрицы информативностей, отражающей причинно-следственные связи между значениями факторов и принадлежностью объектов к классам.

Таким образом, информация по задаче – это исходные данные плюс классификационные и описательные шкалы и градации, обучающая выборка, а также матрицы частот, процентных распределений и информативностей.

Процедура преобразования информации в знания – это оценка полезности информации для достижения *цели*.

Значит знания по задаче – это информация плюс цель и оценка степени полезности информации для достижения этой цели.

Знания получаются из информации, когда мы классифицируем будущие состояния объекта управления как желательные (целевые) и нежелательные.

Банк данных – это базы данных плюс система *управления базами данных* (СУБД) (стандартные термины). СУБД – это, по сути, *система управления данными*.

Информационный банк – это информационные базы плюс информационные системы (предлагается стандартизировать эти термины). Информационная система – это, по сути, *система управления информацией*.

Банк знаний – это базы знаний плюс интеллектуальные системы (стандартные термины). Интеллектуальная система – это, по сути, *система управления знаниями*.

Итак, измерение рассматривается как процесс получения информации об объекте измерения, в частности о степени выраженности тех или иных его свойств или принадлежности состояния объекта измерения к определенным категориям. Предлагается применить системно-когнитивный анализ как для синтеза, так и для применения адаптивной интеллектуальной измерительной системы с целью измерения не значений па-

раметров объектов, а для идентификации состояний измеряемых систем, т.е. для так называемой системной идентификации. Измерительная система должна быть не проще, чем измеряемая система (вариант принципа Эшби), иначе она не может быть адекватной. Значит, для измерения сложных нелинейных систем должны применяться интеллектуальные технологии, обеспечивающие достаточно высокий уровень сложности баз знаний. Когда мы проводим диагностику (квалиметрию) материалов, то стараемся оценить качество каких-либо параметров в определенных шкалах. Это параметрический подход, который корректен только для линейных объектов (материалов), в которых отдельные параметры практически не влияют друг на друга. Для нелинейных материалов качество надо оценивать не по одному параметру, а по всем сразу и в этом суть системного подхода к квалиметрии, когда качество рассматривается как системное (эмерджентное) свойство.

Математические модели АСК-анализа, применяемые при синтезе и применении адаптивных интеллектуальных измерительных систем, а также численные примеры системной идентификации, более подробно рассматриваются в последующих разделах.

2. Математический метод АСК-анализа – системная теория информации

Первый раздел данной работы посвящен концептуальным основам построения интеллектуальных измерительных систем в АСК-анализе, данный раздел (второй) – математическому методу АСК-анализа, в третьем будет рассмотрен численный пример синтеза интеллектуальной измерительной системы в системе «Эйдос-Х++» и ее применения для системной идентификации состояний сложных систем.

На основе 1-го раздела предлагаются следующие три принципа построения интеллектуальных измерительных систем в АСК-анализе.

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

2-й принцип, связан с первым и состоит в понимании того, что когда мы получаем результаты измерения то нас интересует не собственно сам этот результат, а количество информации, которое содержится в результате измерения о состоянии объекта измерения, т.е. о том, что нас собственно интересует. Например, когда врач измеряет температуру пациенту то его интересует не эта температура сама по себе как некоторые почему-то думают, а возможность на ее основе сделать выводы о состояния пациента, т.е. о том болен он или нет, и, если болен, то на сколько серьезно и какой у него диагноз и какой выбрать план лечения при этом диагнозе.

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

стемы распознавания образов, а этап ее применения сходен с применением системы распознавания для идентификации состояния объекта измерения.

Для того, чтобы реализовать сформулированные принципы в реальной интеллектуальной измерительной системе *необходим математический метод, обеспечивающий преобразование данных, полученных в результате измерений, в информацию о состоянии измеряемого объекта*. Такой метод существует – это математический метод АСК-анализа, основанный на системной нечеткой интервальной математике (СНИМ) [3, 15] и представляющий собой реализацию идей СНИМ в теории информации.

В этой связи необходимо определить соотношение содержания терминов: «данные», «информация» и «знание» (рисунок 4):

Рисунок 4. Цикл преобразования эмпирических данных в информацию и знания и их применения для прогнозирования и принятия управленческих решений в АСК-анализе

Данные рассматриваются как информация, записанная на носителях или находящаяся в каналах связи и представленная в определенной системе кодирования или на определенном языке и рассматриваемая безотносительно к ее смысловому содержанию.

Смысл данных согласно концепции смысла Шенка-Абельсона [21] известен и понятен тогда, когда известны причины и следствия меду событиями, которые описываются этими данными.

Информация *представляет собой осмысленные данные*, т.е. данные, описывающие события, между которыми выявлены причинно-следственные связи.

Знания – это информация, полезная для достижения целей, т.е. для управления [22].

В этой связи *возникает вопрос о математической количественной мере причинно-следственных связей, которая бы адекватно отражала их силу и направление.* Из вышесказанного следует, что естественной мерой причинно-следственных связей являются количественные меры информации и в качестве единицы измерения силы и направления причинно-следственных связей могут быть использованы единицы измерения информации. В связи с этой идеей необходимо отметить работу [24], суть которой в применении теории информации для проверки статистических гипотез. Еще в лемме Неймана-Пирсона доказывается, что более вероятна та статистическая гипотеза в пользу которой больше информации. В предисловии к работе [24] А.Н. Колмогоров высоко оценивал это научное направление, но соответствующий поток работ в СССР не возник [25]. По-видимому, АСК-анализ мере можно рассматривать как развитие этого направления прикладной математической статистики, может быть не столько в чисто-математическом теоретическом плане, сколько в прагматически-прикладном [25, 26].

Однако известно довольно много различных количественных мер информации. Поэтому возникает вопрос о том, какая мера информации является наиболее подходящей в нашем случае. По мнению автора это семантическая мера целесообразности информации А.Харкевича [3]. Основным свойством этой меры, предопределяющим ее выбор, является то обстоятельство, что в ее определение *органично* входит понятие ***цели***. В соответствии с изложенными выше и в работе [22] представлениями автора о соотношении понятий: «Данные», «Информация» и «Знания» это означает, что ***по сути А.Харкевич предложил количественную меру знаний.*** Кроме того для вычисления меры А.Харкевича достаточно знать изменение вероятности достижения цели в условиях действия некоторого значения фактора и при его отсутствии, т.е. она вполне может быть рассчитана непосредственно на основе эмпирических данных, что очень важно для практических применений (поэтому и говорят, что эта мера прагматическая).

Операция преобразования данных в информацию называется «анализ данных», представляет собой процедуру выявления *смысла* в данных, т.е. согласно концепции смысла Шенка-Абельсона, выявление причинно-следственных связей между событиями[7], отражаемыми этими данными, и предполагает выполнение следующих этапов:

1. Разработка справочников, содержащих формальное кодированное описание с одной стороны будущих состояний объекта управления, а с другой стороны – факторов их значений, влияющих на этот объект (классификационных и описательных шкал и градаций в терминологии АСК-анализа).

2. Поиск в исходных данных ***событий***, связанных с переходами объекта из одного состояния в другое, и значений факторов, под действием которых эти переходы происходят. При этом в качестве значений факторов могут выступать и переходы объекта из одного состояния в другое в прошлом.

3. Преобразование базы исходных *данных* в базу *событий*, т.е. *кодирование* исходных данных с использованием справочников классов и факторов.

4. Поиск причинно-следственных связей между прошлыми и будущими событиями в базе событий и формальное представление этих причинно-следственных связей в виде базы информативностей.

Таким образом, если исходные базы данных представляют собой временные ряды, то информационная база включает в себя еще дополнительно:

– базы классификационных и описательных шкал и градаций;

[7] Причинно-следственные связи, их сила и направление – это вообще не математический термин, а термин, описывающий взаимосвязь событий реальной предметной области. Поэтому выявление причинно-следственных связей непосредственно в данных вообще невозможно, а для этого необходимо предварительно найти в этих данных описания событий.

– базу событий (т.е. обучающую выборку), представляющую собой закодированную с помощью классификационных и описательных шкал и градаций базу исходных данных;

– базу информативностей, содержащую информацию о силе и направлении влияния значений факторов на переход объекта управления в состояния, соответствующие классам.

Основываясь на работах [3, 16, 18] рассмотрим, математический метод АСК-анализа, обеспечивающей решение поставленных задач. Очень краткое и несколько упрощенное описание автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) приведено в работе [27].

В работе [15] (и ряде других) развита идея системного обобщения математики и обоснована актуальность этой идеи. Эта идея актуальна по ряду причин разного рода.

Во-первых, потому, что в мире нет ничего кроме систем, а понятие множества является абстракцией от понятия системы: множество – это система без внутренней структуры. Поэтому математика, основанная на понятии системы, имеет некоторые шансы быть более адекватной, чем классическая математика, в очень большой степени основанная на понятии множества.

Во-вторых, идея системного обобщения математики *частично* реализована в теории информации, в результате получена некоторые результаты в области системной теории информации (СТИ), в частности получен вариант выражения для семантической меры целесообразности информации А.Харкевича, удовлетворяющий принципу соответствия с формулой Р.Хартли для равновероятного детерминистского случая. Этим преодолена искусственная пропасть между «Теорией передачи данных по каналам связи», как совершенно справедливо называл свою теорию К.Шеннон, интуитивно понимавший различие между данными и информацией, и семантической теорией информации А.Харкевича[8].

В-третьих, в созданной системной теории информации получены разнообразные формы различных коэффициентов эмерджентности: Хартли, Харкевича, Шеннона, для классических систем, подчиняющихся статистике Л.Больцмана [15] и квантовых систем подчиняющихся статистикам Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна [15]. Смысл этих коэффициентов раскрыт в работе [15] и других. Если резюмировать, то можно сказать, что эти подходы, по-видимому, открывают новые подходы математического моделирования процессов эволюции систем различного рода и масштаба от микро до макро и мега уровней [8, 15, 16] и другие[9].

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 [15]. 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 [28] многопараметрических объектов управления (классов) при неполных (фрагментированных), зашумленных данных числовой и нечисловой природы измеряемых в различных единицах измерения [3, 15].

---

[8] На наличие этой пропасти, как недостаток прагматической теории информации А.Харкевича, еще в 2003 году указывал д.т.н., проф. В.И.Ключко. Но именно тогда автором и был предложен и обоснован вариант ее преодоления [3].

[9] См., например: http://lc.kubagro.ru/, http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=123162

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 [32]:

$$I = Log_2 W \qquad (1)$$

Будем искать ее системное обобщение в виде [3]:

$$I = Log_2 W^{\varphi} \qquad (2)$$

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 Хартли[10].

Суммарное количество таких подсистем для систем, подчиняющихся статистике Ферми-Дирака [15, 29], можно принять равным числу сочетаний. Поэтому *примем*, что системное обобщение формулы Хартли имеет вид:

$$\boxed{I = Log_2 \sum_{m=1}^{M} C_W^m} \qquad (3)$$

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*:

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

в этом случае получаем:

$$I = Log_2(2^W - 1) \qquad (5)$$

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%:

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

$$\lim_{W \to \infty} I/W = 1 \qquad (6)$$

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

$$I = Log_2 W^{\varphi} = Log_2 \sum_{m=1}^{M} C_W^m \qquad (7)$$

получим выражение для коэффициента эмерджентности Хартли:

$$\boxed{\varphi = \frac{Log_2 \sum_{m=1}^{M} C_W^m}{Log_2 W}} \qquad (8)$$

Смысл этого коэффициента весьма интересен и раскрыт в работах [3, 15] и ряде других[11]. Здесь отметим лишь, что при $M \to 1$, когда система асимптотически переходит в множество, имеем $\varphi \to 1$ и (2) $\to$ (1), как и должно быть согласно принципу соответствия, предложенному Нильсом Бором в 1913 году.

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

$$I(W, M) = Log_2 W^{\frac{Log_2 \sum_{m=1}^{M} C_W^m}{Log_2 W}} \qquad (9)$$

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

$$I(W, M) = Log_2 W^{\frac{W}{Log_2 W}} = W \qquad (10)$$

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:

$$I_{ij}(W, M) = Log_2 \frac{P_{ij}}{P_{\Sigma j}} \qquad (11)$$

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.

[11] См., например: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm, искать: «эмерджентн»

$$I_{ij}(W,M) = Log_2 \frac{P_{ij}}{P_{i\Sigma}} \qquad (12)$$

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

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

– 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:

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

Будем искать это обобщение (12) в виде:

$$I_{ij}(W,M) = Log_2 \left(\frac{P_{ij}}{P_{i\Sigma}} \right)^{\Psi} \qquad (13)$$

Найдем такое выражение для коэффициента Ψ, *названного автором в честь А. Харкевича* "коэффициентом эмерджентности Харкевича"[12], 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 (см. табл. 6). В табл. 1 рамкой обведена область значений, переменные определены ранее.

Таблица 6 – МАТРИЦА АБСОЛЮТНЫХ ЧАСТОТ

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

Алгоритм формирования матрицы абсолютных частот.

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

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

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 [30], поразному 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

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

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

Для выражения (11):

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

Для выражений (12) и (13):

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

Для выражений (11), (12) и (13):

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

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

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

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.

Формирование матрицы 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 у 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 7 – 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):**

$$I_{ij} = Log_2 \frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \qquad (17)$$

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

$$I_{ij} = Log_2 \left(\frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \right)^{\Psi} \qquad (18)$$

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

Таблица 8 – МАТРИЦА ЧАСТОТ В РАВНОВЕРОЯТНОМ ДЕТЕРМИНИСТСКОМ СЛУЧАЕ

		Классы					Сумма
		1	**...**	***j***	**...**	***W***	
Значения факторов	***1***	1					1
	...		1				1
	i			1			1
	...				1		1
	M					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):

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

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

$$I_{ij} = Log_2 N_{\Sigma\Sigma}^{\Psi} = Log_2 W^{\varphi} \qquad (20)$$

откуда:

$$\boxed{\Psi = \frac{Log_2 W^{\varphi}}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}}} \qquad (21)$$

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

$$\Psi = \frac{Log_2 W^{\frac{Log_2 \sum_{m=1}^{M} C_W^m}{Log_2 W}}}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}} \qquad (22)$$

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:

$$I_{ij} = Log_2\left(\frac{N_{ij}N_{\Sigma}}{N_{i\Sigma}N_{\Sigma j}}\right)^{\Psi} = Log_2\left(\frac{N_{ij}N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma}N_{\Sigma j}}\right)^{\frac{Log_2 W^{\varphi}}{Log_2 N}} =$$

$$= \frac{Log_2 W^{\varphi}}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}}\left(Log_2\left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma}N_{\Sigma j}}\right) + Log_2 N_{\Sigma\Sigma}\right) =$$

$$= Log_2\left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma}N_{\Sigma j}}\right)^{\frac{Log_2 W^{\varphi}}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}}} + Log_2 W^{\varphi}$$

или окончательно:

$$\boxed{I_{ij} = Log_2\left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma}N_{\Sigma j}}\right)^{\frac{Log_2 W^{\varphi}}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}}} + Log_2 W^{\varphi}} \qquad (23)$$

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 $\varphi=1$.

$$I_{ij} = Log_2\left(\frac{N_{ij}}{N_{i\Sigma}N_{\Sigma j}}\right)^{\frac{Log_2 W}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}}} + Log_2 W \qquad (24)$$

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:

$$\Psi = \frac{Log_2 W}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}} \qquad (25)$$

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):

$$I_{ij} = \frac{Log_2 W}{Log_2 N_{\Sigma\Sigma}} \times Log_2 \frac{N_{ij} N_{\Sigma\Sigma}}{N_{i\Sigma} N_{\Sigma j}} \qquad (26)$$

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

Таблица 9 – МАТРИЦА ЗНАНИЙ (ИНФОРМАТИВНОСТЕЙ)

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

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 Iij > 0 – i-й фактор способствует переходу объекта управления в j-е состояние, когда Iij < 0 – препятствует этому переходу, когда же Iij = 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, матрица знаний (информативностей), приведенная в таблице 6, является обобщенной таблицей решений, в которой входы (факторы) и выходы (будущие состояния объекта управления) связаны друг с другом не с помощью классических (Аристотелевых) импликаций, принимающих только значения: "истина" и "ложь", а различными значениями истинности, выраженными в битах, и принимающими значения от положительного теоретически-максимально-возможного ("максимальная степень истинности"), до теоретически неограниченного отрицательного ("степень ложности"). Это позволяет автоматически формулировать прямые и опосредованные правдоподобные высказывания с расчетной степенью истинности.

Фактически предложенная модель позволяет осуществить синтез обобщенных таблиц решений для различных предметных областей непосредственно на основе эмпирических исходных данных и продуцировать прямые и обратные правдоподобные (нечеткие) логические рассуждения по неклассическим схемам с различными расчетными значениями истинности, являющимися обобщением классических импликаций.

Таким образом, данная модель позволяет рассчитать, какое количество информации содержится в любом факте о наступлении любого события в любой предметной области, причем для этого не требуется повторности этих фактов и событий. Если данные повторности осуществляются и при этом наблюдается некоторая вариабельность значений факторов, обуславливающих наступление тех или иных событий, то модель обеспечивает многопараметрическую типизацию, т.е. синтез обобщенных образов классов или категорий наступающих событий с количественной оценкой степени и знака влияния на их наступление различных значений факторов. Причем эти значения факторов могут быть как количественными, так и качественными и измеряться в любых единицах измерения, в любом случае в модели оценивается количество информации, которое в них содержится о наступлении событий, переходе объекта управления в определенные состояния или, просто, о его принадлежности к тем или иным классам. Другие способы метризации приведены в работе [9]. Все они реализованы в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» и обеспечивают сопоставление градациям всех видов шкал числовых значений, имеющих смысл количества информации в градации о принадлежности объекта к классу. Поэтому является корректным применение интегральных критериев, включающих операции умножения и суммирования, для обработки числовых значений, соответствующих градациям шкал. Это позволяет единообразно и сопоставимо обрабатывать эмпирические данные, полученные с помощью любых типов шкал, применяя при этом все математические операции.

Информационный портрет класса – это список значений факторов, ранжированных в порядке убывания силы их влияния на переход объекта управления в состояние, соответствующее данному классу. 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 [21], *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.

Прямые и обратные, непосредственные и опосредованные правдоподобные логические рассуждения с расчетной степенью истинности в системной теории информации.

Перевалов Михаил Ильич, учитель математики СШ№31 г.Краснодара, примерно 1970 год[13]

Одним из первых ученых, поднявших и широко обсуждавшим в своих работах проблематику правдоподобных рассуждений, был известный венгерский, швейцарский и американский математик Дьердь Пойа [31], книги которого подарил автору его школьный учитель математики Михаил Ильич Перевалов, за что автор ему очень благодарен (см. также раздел «Формализация логики правдоподобных рассуждений Д. Пойа», глава третья, параграф 7, с.158-163, исходящий из (репрезентативной) теории измерений). Разве мог он тогда предположить, что через много лет в работе [3][14] *им будет предложена логическая форма представления правдоподобных логических рассуждений с расчетной степенью истинности, которая определяется в соответствии с системной теорией информацией непосредственно на основе эмпирических данных*.

В качестве количественной меры влияния факторов, предложено использовать обобщенную формулу А.Харкевича, полученную на основе предложенной эмерджентной теории информации. При этом непосредственно из матрицы абсолютных частот рассчитывается база знаний (табл.4), которая и представляет собой основу содержательной информационной модели предметной области.

Весовые коэффициенты табл.4 непосредственно определяют, какое количество информации Iij система управления получает о наступлении события: "активный объект управления перейдет в j–е состояние", из сообщения: "на активный объект управления действует i–й фактор".

Принципиально важно, что эти весовые коэффициенты не определяются экспертами неформализуемым способом на основе интуиции и профессиональной компетенции (т.е. фактически «на глазок»), а рассчитываются непосредственно на основе эмпирических данных и удовлетворяют всем ранее обоснованным в работе [3] требованиям, т.е. являются сопоставимыми, содержательно интерпретируемыми, отражают понятия "достижение цели управления" и "мощность множества будущих состояний объекта управления" и т.д.

В работе [3] обосновано, что предложенная информационная мера обеспечивает сопоставимость индивидуальных количеств информации, содержащейся в факторах о классах, а также сопоставимость интегральных критериев, рассчитанных для одного объекта и разных классов, для разных объектов и разных классов.

Когда количество информации $Iij>0$ – i–й фактор способствует переходу объекта управления в j–е состояние, когда $Iij<0$ – препятствует этому переходу, когда же $Iij=0$ – никак не влияет на это. В векторе i–го фактора (строка матрицы информативностей)

[13] Фото автора

[14] Примерно через 33 года. Все же, наверное, мог предположить. Иначе зачем было бы дарить эти книги.

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, матрица информативностей (табл.4) является обобщенной таблицей решений, в которой входы (факторы) и выходы (будущие состояния активного объекта управления (АОУ) связаны друг с другом не с помощью классических (Аристотелевских) импликаций, принимающих только значения: "Итина" и "Ложь", а ***различными значениями истинности, выраженными в битах*** и принимающими значения от положительного теоретически-максимально-возможного ("Максимальная степень истинности"), до теоретически неограниченного отрицательного ("Степень ложности").

Фактически предложенная модель позволяет осуществить синтез обобщенных таблиц решений для различных предметных областей непосредственно на основе эмпирических исходных данных и продуцировать на их основе прямые и обратные правдоподобные (нечеткие) логические рассуждения по неклассическим схемам с различными расчетными значениями истинности, являющимся обобщением классических импликаций (табл. 10).

Таблица 10 – Прямые и обратные правдоподобные логические высказывания с расчетной в соответствии с системной теорией информации (СТИ) степенью истинности импликаций

	Прямые высказывания:	**Обратные высказывания**
1	***если A, то B*** (если действует фактор A, то мы предполагаем с степенью истинности I_{AB}, что АОУ перейдет в состояние B)	***если B, то A*** (если АОУ перешел в состояние B, то мы предполагаем с степенью истинности I_{AB}, что действовал фактор A)
2	***если A_1 и A_2 … и A_M, то B*** (прогноз влияния системы факторов на поведение АОУ. Степень истинности обобщающей (итоговой) импликации равна алгебраической сумме истинностей составляющих ее элементарных импликаций вида: "если A то B")	***если B, то A_1 и A_2 … и A_M*** (информационный портрет класса B, т.е. влияние различных факторов A_i на переход АОУ в будущее состояние B, решение обратной задачи прогнозирования, т.е. выработка управления)
3	***если A, то B_1 или B_2 … или B_W*** (семантический портрет фактора A, т.е. его влияние на переход АОУ в различные состояния)	
4	***если A_1 и A_2 … и A_M, то B_1 или B_2 … или B_W*** (прогноз влияния системы факторов на переход АОУ в различные состояния)	

Приведем пример более сложного высказывания, которое может быть рассчитано непосредственно на основе матрицы информативностей – обобщенной таблицы решений (табл. 4): «Если A, со степенью истинности α(A,B), детерминирует B, и если C, со степенью истинности α(C,D), детерминирует D, и A совпадает по смыслу с C со степенью истинности α(A,C), то это вносит вклад в совпадение B с D, равный степени истинности α(B,D)».

При этом в прямых рассуждениях как предпосылки рассматриваются факторы, а как заключение – будущие состояния АОУ, а в обратных – наоборот: как предпосылки – будущие состояния АОУ, а как заключение – факторы. Степень истинности *i*-й предпосылки – это просто количество информации *Iij*, содержащейся в ней о наступлении *j*-го будущего состояния АОУ. Если предпосылок несколько, то степень истинности наступления *j*-го состояния АОУ равна суммарному количеству информации, содержащемуся в них об этом. Количество информации в *i*-м факторе о наступлении *j*-го со-

стояния АОУ, рассчитывается в соответствии с выражениями системной теории информации (СТИ).

Прямые правдоподобные логические рассуждения позволяют прогнозировать степень достоверности наступления события по действующим факторам, а обратные – по заданному состоянию восстановить степень необходимости и степень нежелательности каждого фактора для наступления этого состояния, т.е. принимать решение по выбору управляющих воздействий на АОУ, оптимальных для перевода его в заданное целевое состояние.

Приведем простой пример, когда безупречная классическая бинарная логика Аристотеля дает сбой. Рассмотрим высказывания:

А) если студент хорошо сдал экзамен по информационным системам, значит, он умеет хорошо программировать;

Б) если студент умеет хорошо программировать, то он может стать хорошим специалистом в области прикладной информатики.

Откуда средствами логики предикатов получаем вывод:

В) если студент хорошо сдал экзамен по информационным системам, то он может стать хорошим специалистом в области прикладной информатики.

Если при рассмотрении каждого высказывания «А» и «Б» по отдельности у нас не возникает особых возражений, хотя мы сразу чувствуем здесь какой-то подвох, что это не совсем так или не всегда так и легко можем привести вполне реальные примеры, когда эти высказывания могут быть и ложными, то высказывание «В» уже само по себе выглядит очень сомнительным, т.е. проще говоря ложным, тогда как в логике предикатов оно является истинным. Интуитивно мы хорошо понимаем, почему так получается. Дело в том, что в этих высказываниях не отражен ***контекст***, т.е. та огромная слабо формализованная и вообще неформализованная информация об объекте моделирования, которой располагает человек, но не располагает логическая система. Например, в этих двух логических высказываниях не отражена информация, которой располагает каждый преподаватель и студент, о том, каким образом иногда сдаются экзамены, когда оценка вообще никак не зависит от знаний. Иначе говоря, чтобы эти высказывания были истинны необходимо, чтобы оценка определялась только знаниями. Но и этого мало. Предполагается, что факт получения хорошей оценки по дисциплине означает *полное* ее освоение, хотя все понимают, что для этого достаточно освоения только тех вопросов, которые были в билете и были заданы преподавателем (кроме того существуют и весьма распространены и другие варианты).

При решении этой же задачи средами АСК-анализа мы формулируем эти высказывания ***в форме правдоподобных рассуждений***:

А) если студент хорошо сдал экзамен по информационным системам, то в этом факте содержится I(А) информации о том, что он умеет хорошо программировать;

Б) если студент умеет хорошо программировать, то в этом факте содержится I(Б) информации о том он может стать хорошим специалистом в области прикладной информатики.

Откуда средствами АСК-анализа получаем результирующее высказывание:

В) если студент хорошо сдал экзамен по информационным системам, то в этом факте содержится I(В) информации о том он может стать хорошим специалистом в области прикладной информатики.

Это высказывание не выглядит как истинное или ложное и может быть и истинным, и ложным, причем в различной степени, в зависимости от знака и модуля его расчетной степени истинности I(В)=F(I(А), I(В)). *Для расчета этой величины нужны конкретные эмпирические данные*, являющиеся репрезентативными для отражения опре-

деленной предметной области (генеральной совокупности), в которой этот вывод и будет иметь эти значения знака и величины степени истинности.

Итак, описанная в данном разделе математическая модель реализована в программном инструментарии АСК-анализа – универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос-Х++». 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 [8, 16, 33-60, 62].

Более подробной численный пример применения данного математического метода и реализующей его системы «Эйдос-Х++» для построения интеллектуальной измерительной системы для системной идентификации состояний сложных систем приводится в следующем третьем разделе данной статьи.

3. Применение АСК-анализа и системы «Эйдос» для интеллектуальных измерений и идентификации состояний сложных нелинейных систем

В первом разделе данной статьи предлагается применить автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) как для синтеза, так и для применения адаптивной интеллектуальной измерительной системы с целью измерения не значений параметров объектов, а для идентификации состояний сложных систем, т.е. для так называемой системной идентификации. Применение данного подхода является корректным для измерения состояний сложных многофакторных нелинейных динамических систем.

Во втором разделе статьи кратко рассматривается математический метод АСК-анализа, реализованный в его программном инструментарии – универсальной когнитивной аналитической системе «Эйдос-Х++». 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, 15]. Благодаря математическому методу, положенному в основу АСК-анализа, этот метод является непараметрическим и позволяет сопоставимо обрабатывать десятки и сотни тысяч градаций факторов и будущих состояний нелинейного объекта управления (классов) при неполных (фрагментированных), зашумленных данных числовой и нечисловой природы измеряемых в различных единицах измерения.

В данном разделе статьи приводится численный пример применения АСК-анализа и системы «Эйдос-Х++» как для синтеза системно-когнитивной модели, обеспечивающей многопараметрическую типизацию состояний сложных систем, так и для системной идентификации их состояний, а также для принятии решений об управляющем воздействии, так изменяющем *состав* объекта управления, чтобы его качество (уровень системности) максимально повышалось при минимальных затратах на это[15]. В данном разделе для численного примера в качестве сложной системы выбран коллектив фирмы, а его компонент – сотрудники и кандидаты (персонал). Однако необходимо отметить, что этот пример следует рассматривать шире, т.к. АСК-анализ и система

[15] Что соответствует принципам Функционально-Стоимостного Анализа и метода Директ-Костинг.

«Эйдос» разрабатывались и реализовались в очень обобщенной постановке, постановке, не зависящей от предметной области, и с успехом могут быть применены и в других областях [4, 33-60, 62].

3.1. Решение 1-й задачи – многопараметрической типизации состояний сложных объектов

Решение 1-й задачи является стандартным для системы «Эйдос», т.е. она предназначена для решения подобных задач и соответствующие применения описаны в работах автора [33, 60][16]. В соответствии с этапами АСК-анализа и порядком преобразования данных в информацию, а ее в знания [22], рассмотрим Excel-таблицу исходных данных (таблица 11).

Таблица 11 – Исходные данные для синтеза системно-когнитивной модели управления качеством системы путем управления ее составом[17]

Объект обучающей выборки	Пол	Откуда родом	Успеваемость	Длина волос	Цвет волос	Цвет глаз	Наличие украшений	Одежда	Макияж	Собственность	Посещаемость занятий
Бабенко ПИ-51	мужской	районный_центр	менее_25%	Короткие	Русые	Голубые	Нет	джинсы	Отсутствует	телефон	Средняя
Воробьева ПИ-51	женский	поселок	менее_25%	Длинные	Крашеные	Зеленые	Цепочка	джинсы	Отсутствует	автомобиль, компьютер, телефон	Хорошая
Жеребятьев ПИ51	мужской	поселок	от_50%_до_75%	Средние	Очень_светлые	Голубые	Нет	джинсы	Незаметный	телефон	Плохая
Заяц ПИ-51	женский	районный_центр	менее_25%	Длинные	Каштановые	Зеленые	Серьги	джинсы	Незаметный	компьютер, телефон	Средняя
Иванова ПИ-51	женский	краевой_центр	более_75%	Средние	Русые	Зеленые	Цепочка, Перстень, Серьги	джинсы	Незаметный	компьютер	Хорошая
Котенко ПИ-51	женский	районный_центр	более_75%	Короткие	Каштановые	Карие	Цепочка, Серьги	джинсы	Незаметный	компьютер, телефон	Хорошая
Кузина О. ПИ-51	женский	краевой_центр	от_50%_до_75%	Короткие	Крашеные	Карие	Перстень	джинсы	Заметный	компьютер, телефон	Хорошая
Кузина Я. ПИ-51	женский	краевой_центр	от_50%_до_75%	Короткие	Крашеные		Перстень	Пиджак	Заметный		Хорошая
Лях ПИ-51	мужской	краевой_центр	от_50%_до_75%	Короткие	Русые	Серые	Цепочка	Пиджак, джинсы	Отсутствует	квартира, компьютер, телефон	Средняя
Мясников ПИ-51	мужской	краевой_центр	от_25%_до_50%	Короткие	Русые	Голубые	Цепочка, Браслет	джинсы	Отсутствует	квартира, телефон	Хорошая
Нагапетян ПИ-51	мужской	районный_центр	от_25%_до_50%	Короткие	Каштановые	Карие	Серьги	джинсы	Незаметный	квартира, компьютер, телефон	Плохая
Черкашина ПИ-51	женский	районный_центр	менее_25%	Длинные	Каштановые	Карие	Цепочка	джинсы	Незаметный	квартира, компьютер, телефон	Плохая
Шульгин ПИ-51	мужской	поселок	от_50%_до_75%	Короткие	Русые	Серые	Нет	Пиджак	Отсутствует	компьютер	Плохая
Веревкина ПИ-52	женский	краевой_центр	от_25%_до_50%	Короткие	Очень_светлые	Серые	Серьги	джинсы	Незаметный	Ничего_нет	Очень_хорошая
Григорьева ПИ52	женский	районный_центр	от_50%_до_75%	Средние	Русые	Серые	Цепочка	джинсы	Заметный	Ничего_нет	Очень_хорошая
Еременко ПИ-52	женский	районный_центр	от_50%_до_75%	Средние	Русые	Зеленые, Серые	Цепочка, Серьги	джинсы	Незаметный	компьютер, телефон	Средняя
Иванова ПИ-52	женский	краевой_центр	от_25%_до_50%	Средние	Очень_темные	Голубые	Перстень, Серьги	Пиджак, джинсы	Отсутствует	Ничего_нет	Очень_хорошая
Крейс ПИ-52	женский	районный_центр	от_50%_до_75%	Короткие	Русые	Серые	Серьги	Юбка	Незаметный	Ничего_нет	Хорошая
Куркина ПИ-52	женский	краевой_центр	от_50%_до_75%	Длинные	Каштановые	Карие	Цепочка, Серьги	джинсы, Юбка	Заметный	компьютер, телефон	Хорошая
Люлик ПИ-52	женский	поселок	от_50%_до_75%	Средние	Крашеные	Зеленые	Серьги	джинсы	Заметный	квартира, компьютер	Хорошая
Мануйлов ПИ-52	мужской	краевой_центр	более_75%	Короткие	Русые	Серые	Перстень	джинсы	Отсутствует	квартира, автомобиль, компьютер, телефон	Плохая
Нарижний ПИ-52	мужской	краевой_центр	более_75%	Короткие	Русые	Серые	Перстень	джинсы	Отсутствует	квартира, автомобиль, компьютер, телефон	Средняя
Паршакова ПИ-52	женский	село	от_50%_до_75%	Средние	Каштановые	Карие	Цепочка	Юбка	Заметный	компьютер	Хорошая
Силенко ПИ-52	мужской	краевой_центр	более_75%	Короткие	Каштановые	Зеленые	Цепочка	джинсы	Отсутствует	Ничего_нет	Хорошая
Соколова ПИ-52	женский	районный_центр	от_50%_до_75%	Короткие	Русые	Зеленые	Нет	Пиджак, джинсы	Заметный	квартира, компьютер, телефон	Хорошая
Цисарь ПИ-52	женский	поселок	от_25%_до_50%	Средние	Крашеные	Карие	Цепочка	джинсы	Заметный	телефон	Очень_хорошая

[16] Для удобства читателей ссылки на эти и другие работы даны с сайта автора: http://lc.kubagro.ru/ а также в РИНЦ: http://elibrary.ru/author_items.asp?authorid=123162

[17] Для численной иллюстрации излагаемых подходов в статье используется чрезвычайно упрощенный условный пример малой размерности, связанный с управлением персоналом фирмы. Таблица исходных данных представлена в графической форме с высоким разрешением, что обеспечивает хорошую читабельность при увеличении масштаба просмотра

В этой таблице колонки со 2-й по 4-ю являются классификационными измерительными шкалами, а с 5-й по последнюю – описательными измерительными шкалами. Каждая классификационная шкала представляет собой должность, а ее градации (классы) отражают различную степень успешности работы на этой должности. Описательные шкалы представляют собой личностные и профессиональные свойства сотрудников, а градации (признаки) – степень их выраженности. Отметим, что в приведенном упрощенном численном примере классы не являются профессиональными категориями с указанием степени успешности (например: МЕНЕДЖЕР ТОРГОВОГО ЗАЛА – хорошо подходит), а признаки респондентов не являются их личностными свойствами (например: ФАКТОР А: «ЗАМКНУТОСТЬ – ОБЩИТЕЛЬНОСТЬ» - 8 баллов). Поэтому от читателя требуется некоторая фантазия, чтобы представить себе, что это так. Но суть примера от этого не меняется, и он позволяет нам проиллюстрировать излагаемые в данной статье идеи. Каждому респонденту соответствует строка, в которой он описан и своими свойствами, и принадлежностью к классам. Таким образом, исходные данные в содержательной форме, представленные в таблице 1, эквивалентны такому количеству обучающих выборок, сколько возможно различных способов группировки данных, описанными описательными шкалами и градациями по классам. На основе этих данных и решается 1-я задача *многопараметрической типизации, результаты которой отражены в системно-когнитивной модели.* В системе «Эйдос» осуществляется ***нормализация*** базы исходных данных путем автоматической разработки классификационных и описательных шкал и градаций и кодирования с их использованием исходных данных и представления их в форме эвентологической базы данных (рисунок 5):

Рисунок 5. Главная экранная форма для задания параметров импорта данных в систему «Эйдос» из внешней базы исходных данных, представленной в таблице 1

Затем в соответствии с этапами АСК-анализа и порядком преобразования данных в информацию, а ее в знания [22], в режиме 3.5 системы «Эйдос» выполним синтез и верификацию статистических моделей и моделей знаний (рисунок 6):

Рисунок 6. Экранная форма задания параметров синтеза и верификации моделей (параметры по умолчанию)

Созданные модели, наименования которых приведены на рисунке 3, отличающиеся частными критериями, представляют собой результат ***многопараметрической типизации*** состояний объектов обучающей выборки, описанных в исходных данных. Это и есть решение 1-й задачи. По сути, ***это и есть профессиограммы или ключи теста на профессиональную пригодность, созданного в инновационной интеллектуальной технологии «Эйдос».*** В результате работы режима получены статистические модели и модели знаний и проведена их верификация. Модель знаний INF1 приведена на рисунке 7:

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ПОЛ-ЖЕ...	2. ПОЛ-МУ...	3. ОТКУДА РОДОМ-К...	4. ОТКУДА РОДОМ-П...	5. ОТКУДА РОДОМ-Р...	6. ОТКУДА РОДОМ-С...	7. УСПЕВАЕ...	8. УСПЕВАЕ...
1	ДЛИНА ВОЛОС-Длинные	0.219		-0.280	0.170	0.176			0.800
2	ДЛИНА ВОЛОС-Короткие	-0.208	0.243	0.137	-0.462	0.006		0.161	-0.386
3	ДЛИНА ВОЛОС-Средние	0.152	-0.523	-0.280	0.375	-0.174	0.669	-0.256	
4	ЦВЕТ ВОЛОС-Каштановые	0.050	-0.106	-0.213		0.243	0.736	0.161	0.313
5	ЦВЕТ ВОЛОС-Очень_светлые	-0.130	0.176	0.069	0.520				
6	ЦВЕТ ВОЛОС-Очень_темные	0.219		0.419					
7	ЦВЕТ ВОЛОС-Крашеные	0.219		-0.043	0.612				0.133
8	ЦВЕТ ВОЛОС-Русые	-0.178	0.220	0.021	-0.340	0.128		0.138	-0.264
9	ЦВЕТ ГЛАЗ-Карие	0.142	-0.456	-0.213	-0.112	0.098	0.736	-0.188	-0.036
10	ЦВЕТ ГЛАЗ-Голубые	-0.480	0.381	0.069	0.170	-0.174			0.246
11	ЦВЕТ ГЛАЗ-Зеленые	0.142	-0.456	-0.213	0.238	0.098		0.161	0.313
12	ЦВЕТ ГЛАЗ-Серые	-0.130	0.176	0.069	-0.180	0.031		0.094	
13	НАЛИЧИЕ УКРАШЕНИЙ-Браслет		0.526	0.419					
14	НАЛИЧИЕ УКРАШЕНИЙ-Нет	-0.480	0.381		0.520	0.176			0.246
15	НАЛИЧИЕ УКРАШЕНИЙ-Перстень	0.015	-0.028	0.419				0.444	
16	НАЛИЧИЕ УКРАШЕНИЙ-Серьги	0.166	-0.636	-0.043	-0.292	0.176		-0.019	-0.216
17	НАЛИЧИЕ УКРАШЕНИЙ-Цепочка	0.074	-0.174	-0.023	-0.034	-0.028	0.464	0.094	0.041
18	ОДЕЖДА-Джинсы	-0.009	0.015	0.021	0.010	0.015		0.046	0.085
19	ОДЕЖДА-Пиджак	-0.038	0.064	0.161	0.058	-0.286			

Рисунок 7. Модель знаний INF1 (фрагмент)

3.2. Решение 2-й задачи – системной идентификации состояний сложных объектов

На рисунках 8 и 9 приведены примеры экранных форм с результатами системной идентификации. Рисунок 8 дает информацию для работодателя, проводящего исследование конкретного кандидата на работу, а 9 – проводящего массовое обследование кандидатов:

Рисунок 8. Результаты системной идентификации конкретного респондента с классами

Рисунок 9. Результаты системной идентификации конкретного класса с респондентами

При этом достоверность системной идентификации с применением различных моделей в моделей в системе «Эйдос» оценивается с помощью предложенной автором метрики, по смыслу сходной с F-критерием.

Метризация шкал – решение проблемы сопоставимости при системной идентификации

Как показано выше, в АСК-анализе проводится *последовательное повышение степени формализации исходных данных до уровня, обеспечивающего их обработку на компьютере в программной системе.* После выполнения когнитивной структуризации и формализации предметной области осуществляется синтез статистических моделей и моделей знаний, в которых все шкалы, в которых описаны исходные данные, преобразуются к одному типу: числовому, и к одним единицам измерения: единицам измерения информации, т.е. проводится метризация шкал. В настоящее время в системе «Эйдос» применяется 7 способов метризации шкал [9].

В работе [3] сформулированы ***требования*** к форме представления данных, информации и знаний, позволяющие оценить *степень их пригодности* для решения задач системной идентификации, прогнозирования и принятия решений, а также исследования предметной области (например, кластерного анализа).

Прежде всего, результаты решения вышеперечисленных задач должны быть ***инвариантны*** относительно:

– *единиц измерения* градаций факторов (признаков);

– *типов шкал*, используемых для формализации классов и факторов (номинальные, порядковые и числовые);

– различных *статистических характеристик исходной выборки:* частотных распределений объектов по классам (обобщенным категориям), частотных распределений градаций факторов, различий в количестве признаков в описаниях объектов исследуемой выборки, различий в суммарном количестве признаков по классам.

Кроме того, форма представления должна обеспечивать решение вышеперечисленных задач с минимальными дополнительными затратами ручного труда, а это значит, что *вся предварительная обработка должна быть максимально автоматизирована*.

Эти требования можно рассматривать и как *критерии* выбора наиболее подходящей для решения вышеперечисленных задач формы представления данных, информации и знаний.

Рассмотрим **влияние единиц измерения в исходной выборке на результаты решения задач** прогнозирования и принятия решений, а также исследования предметной области (например, кластерного анализа).

Если в исходных данных какие-то значения выражены в больших единицах измерения, то их числовые значения будут малыми, и наоборот, если единицы измерения мелкие, то числовые значения – большие. Большие значения оказывают большее влияние на результаты математической обработки, чем малые, и *это приводит к возникновению зависимости результатов решения задач системной идентификации, прогнозирования и принятия решений, а также кластерного анализа, от выбранных* ***размерностей*** *исходных данных, что, на взгляд автора, совершенно неприемлемо и указывает на то, что такое решение нельзя признать корректным и даже вообще решением*. По этой же причине некорректно совместно обрабатывать сами исходные данные, представленные в ***различных*** единицах измерения (натуральных или ценовых), например, складывать расстояния, представленные в километрах и в метрах, а затем прибавлять к ним тонны и килограммы, а затем еще и безразмерные величины. Вроде это очевидно, но, как это ни удивительно, но как показывает опыт на практике это довольно часто делается, а потом еще на основе подобного «анализа» делаются и выводы. Очень странно, что обычно на это *не обращают никакого внимания* при использовании исходных данных, представленных в различных единицах измерения. Например, даже в таких популярных (причем, совершенно заслуженно) системах, как SPSS и Статистика, в подси-

стеме кластерного анализа приводятся примеры кластерного анализа над исходными данными, представленными в различных единицах измерения.

В АСК-анализе факторы формально описываются шкалами, а значения факторов – градациями шкал. Существует три основных группы факторов: физические, социально-экономические и психологические (субъективные) и в каждой из этих групп есть много различных видов факторов, т.е. есть много различных физических факторов, много социально-экономических и много психологических, но в АСК-анализе все они 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***. Именно по этой причине вполне корректно складывать (в аддитивных интегральных критериях) силу и направление влияния всех действующих на объект значений факторов, независимо от их природы, и определять результат *совместного* влияния на объект *системы* значений факторов. При этом в общем случае объект является *нелинейным и* факторы внутри него взаимодействуют друг с другом, т.е. для них не выполняется принцип суперпозиции.

На рисунке 10 приведен пример метризованной номинальной шкалы в модели INF1. По сути это и есть профессиограмма, сформированная в среде инновационной интеллектуальной технологии «Эйдос»:

Рисунок 10. Пример метризованной номинальной шкалы (профессиограммы)

3.3. Решение 3-й задачи – принятия решений об управляющем воздействии так изменяющем состав *объекта управления, чтобы его качество максимально повышалось при минимальных затратах на это*

Для решения 3-й задачи предлагается применить выбор компонент объекта управления по их функциональному назначению с учетом ресурсов, выделенных на реализацию различных функций, затрат, связанных с выбором тех или иных компонентов и степени соответствия различных компонент их функциональному назначению. Фак-

тически предлагается формулировка и решение нового обобщенного варианта задачи о назначениях: «Мультипликативный рюкзак»[18], отличающегося от известного тем, что назначения производится не только с учетом ресурсов и затрат, но и с учетом степени соответствия компонент их функциональному назначению, которое предварительно определяется в самой задаче.

Математическая модель, обеспечивающая решение 1-й задачи и отражающая степень соответствия компонент их функциональному назначению, а также весь процесс приятия решений по назначениям, т.е. 2-я задача, реализованы в АСК-анализе и системе «Эйдос-Х++».

3.3.1. Интегральные критерии системы «Эйдос»

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 [9].

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 аддитивных[19] 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.

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: M – количество градаций описательных шкал (признаков);

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

[18] Классический вариант этой задачи описан в работе [61].

[19] 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, нов разных шкалах: линейной и логарифмической.

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

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

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:

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

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.:

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

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» по-

сле замены координат перемножаемых векторов их стандартизированными значениями:

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

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.

3.3.2. Алгоритм решения 3-й задачи

Алгоритм назначения объектов на наиболее подходящие классы с учетом ресурсов классов, затрат на объекты и степени соответствия объектов классам состоит в том, что назначаем текущий объект на тот класс, удельное сходство с которым максимально, при условии, что у данного класса есть для этого ресурсы, и делать это до тех пор, пока есть классы с ресурсами и назначены не все объекты (рисунок 11):

Рисунок 11. Алгоритм назначения объектов на наиболее подходящие классы с учетом ресурсов классов, затрат на объекты и степени соответствия объектов классам

3.3.3. Численный пример решения 3-й задачи

Запустим режим 4.1.6 системы «Эйдос»: «Рациональное назначение объектов на классы (задача о ранце)» (Управление персоналом на основе АСК-анализа и функционально-стоимостного анализа (задача о назначениях)) (рисунок 12):

Рисунок 12. Главная экранная форма режима: 4.1.6. Рациональное назначение объектов на классы (задача о ранце)

В верхнем левом окне пользователь может пересоздать базу ресурсов классов, а также корректировать ресурсы классов. Это возможно либо вручную, либо автоматически. В первом случае ресурсам присваивается значение по умолчанию. Во втором случае есть несколько вариантов присвоения значений ресурсов классов.

В верхнем правом окне пользователь может пересоздать базу затрат на назначение объектов, а также корректировать затраты объектов. Это возможно либо вручную, либо автоматически. В первом случае затратам присваивается значение по умолчанию. Во втором случае есть несколько вариантов присвоения значений затрат на назначение объектов.

При нажатии кнопки «Назначить объекты на классы» появляется окно, позволяющее задать параметры и цель назначения (рисунок 13):

Рисунок 13. Экранная форма задания параметров и цели назначений объектов на классы

Опцию: "Назначать не более 1 объекта на класс", имеет смысл использовать при разумной комплектации какого-либо сложного изделия, например автомобиля, когда каждый элемент комплектации (объект, деталь) назначается на каждую позицию (класс) 1 раз, например 1 инжектор, 1 левая фара, и т.д. С аналогичной ситуацией мы сталкиваемся при назначении кандидатов на такие должности, например, в спортивной команде, на каждой из которых может быть только один человек.

Опция: «Допускается ли назначать ранее назначенные объекты» позволяет подать на назначение не все объекты, а только не назначенные на классы при предыдущих назначениях. Например, если объектов задано значительно больше, чем классов и была задана опция: «Назначать не более 1 объекта на класс», то при каждом последующем назначении будут получаться автомобили со все более высокой себестоимостью и все более низкого качества, собранные из деталей, *отбракованных* при сборке предыдущих автомобилей. То же самое можно сказать об основном и дополнительном составе сборной: во 2-ю сборную входят игроки, не вошедшие в 1-ю, в 3-ю сборную - не вошедшие в 1-ю и 2-ю, и вообще в N-ю - не вошедшие в 1-ю, 2-ю,..., (N-1)-ю.

Если данная опция не установлена, то все объекты считаются ранее не назначенными. Признак, что объект был ранее назначен, сбрасывается, при пересоздании базы затрат и при автоматическом задании затрат. При назначении объектов на классы этот признак устанавливается для назначенных объектов независимо от того, установлена ли опция: "Назначать только ранее не назначенные объекты". Но учитывается этот признак при назначении объектов только в случае, если эта опция установлена.

Опция "Задайте цель управления качеством системы:" позволяет выбрать одну из четырех целей работы LC-алгоритма, предложенного автором (рисунок 8):

1. Повышение уровня системности.
2. Понижение уровня системности.
3. Минимизация средних затрат на назначения объектов.
4. Максимизация средних затрат на назначения объектов.

Повышение уровня системности обеспечивает максимальное повышение качества системы с минимальными затратами на это. Понижение уровня системности обеспечивает максимальное понижение качества системы с максимальными затратами на это, что практически означает противодействие системе или даже уничтожение системы (антисистема). Минимизация средних затрат на назначения объектов приводит к назначению максимального количества сотрудников без учета степени их соответствия требованиям должностей с минимальной средней оплатой (всеобщая занятость населения и высокая скрытая безработица, но не очень эффективная экономика). Что-то вроде этого получается при сильной социальной политике. Максимизация средних затрат на назначения объектов приводит к назначению минимального количества сотрудников без учета степени их соответствия требованиям должностей с максимальной средней оплатой (низкая занятость населения и высокая реальная безработица). Аналогичный подход используется руководством при назначении "своих" людей на руководящие и наиболее хорошо оплачиваемые должности.

На практике приходится применять все четыре подхода в различных комбинациях в зависимости от обстоятельств. Например, чтобы коллектив выполнял свою функцию, т.е. вообще работал, сначала используется 1-я цель. Но так производятся назначения не на все должности, а в основном на исполнительские. После этого для назначения на престижные руководящие и хорошо оплачиваемые должности "своих" людей используется 4-я цель. 2-я цель используется военными и в конкурентной борьбе, а 3-я для того, чтобы не возникло социального бунта при повышении уровня реальной безработицы.

В нижнем окне на рисунке 9 приводятся *результаты назначения* объектов на наиболее подходящие классы с учетом ресурсов классов, затрат на объекты и степени соответствия объектов классам, в соответствии с LC-алгоритмом (слева), предложенным автором в работе [6], и классическим для задачи о Мультипликативном рюкзаке RND-алгоритмом (справа), в котором ресурсы классов и затраты на объекты учитываются, а степень соответствия объектов классам не учитывается, т.е. ценность объектов считается независимой от класса и фактически равна затратам на его назначение. Это и есть основной итог расчетов, т.е. результат решения задачи, выбранной в качестве примера. Все результаты расчетов записываются в виде большого количества разнообразных выходных форм, представляющих собой как текстовые файлы, так и Excel-таблицы. Фрагмент одной такой формы приведен ниже:

```
РЕЗУЛЬТАТЫ НАЗНАЧЕНИЙ ОБЪЕКТОВ НА КЛАССЫ, LC-АЛГОРИТМ
(допускается назначение более 1 объекта на класс)
(допускается назначение ранее назначенных объектов)
(Цель - 1. Повышение уровня системности)
10.05.2015  08:03:35                                          г.Краснодар
==========================================================================
|ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ:                               |
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|СУММА ПО ВСЕМ КЛАССАМ:                                                 |
|Начальный ресурс класса:........................... 550.0000000       |
|Остаток ресурса после назначений объектов на классы: 159.9990000      |
|Всего назначено на классы объектов:................ 26               |
|Суммарное сходство:................................ 1142.1670000      |
|Фактические суммарные затраты:..................... 390.0010000       |
|Средневзвешенное удельное сходство:................ 27.4660000        |
|Среднее на объект суммарное сходство:............... 399.9600000       |
|Средние на объект фактические суммарные затраты:.... 137.5810000       |
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|СРЕДНЕЕ НА КЛАСС:                                                      |
|Начальный ресурс класса:........................... 55.0000000        |
|Остаток ресурса после назначений объектов на классы: 15.9999000        |
|В среднем на класс назначено объектов:............. 3                 |
|Суммарное сходство:................................ 114.2167000       |
|Фактические суммарные затраты:..................... 39.0001000        |
|Средневзвешенное удельное сходство:................ 2.7466000         |
|Среднее на объект суммарное сходство:............... 39.9960000       |
|Средние на объект фактические суммарные затраты:.... 13.7581000        |
==========================================================================

==========================================================================
|КЛАСС НАЗНАЧЕНИЯ:                                                      |
|Код: 1, наименование:    ПОЛ - мужской                                |
|Начальный ресурс класса:........................... 100.0000000       |
|Остаток ресурса после назначений объектов на класс: 19.5120000         |
|Всего на данный класс назначено объектов:.......... 5                  |
|Суммарное сходство:................................ 233.2890000       |
|Фактические суммарные затраты:..................... 80.4880000        |
|Средневзвешенное удельное сходство:................ 2.8980000         |
|Среднее на объект суммарное сходство:............... 46.6580000       |
|Средние на объект фактические суммарные затраты:... 16.0980000         |
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
| Номер |  Код  | Наименование  |Ур-нь сходст| Затраты на  |Удельное сход|
|по пор.|объекта|   объекта     |об.с классом|назн. объекта|об. с классом|
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|     1 |    35 |Мануйлов ПИ-52 |  64.3320000|   11.7070000|    5.4950000|
|     2 |    20 |Шульгин ПИ-51  |  64.9920000|   15.3660000|    4.2300000|
|     3 |    12 |Лях ПИ-51      |  57.3090000|   17.3170000|    3.3090000|
|     4 |    17 |Черкашина ПИ-51|  21.0170000|   16.0980000|    1.3060000|
|     5 |     1 |Бабенко ПИ-51  |  25.6390000|   20.0000000|    1.2820000|
==========================================================================
|КЛАСС НАЗНАЧЕНИЯ:                                                      |
|Код: 2, наименование:    ПОЛ - женский                                |
|Начальный ресурс класса:........................... 90.0000000        |
|Остаток ресурса после назначений объектов на класс: 20.4880000         |
|Всего на данный класс назначено объектов:.......... 5                  |
|Суммарное сходство:................................ 158.5350000       |
|Фактические суммарные затраты:..................... 69.5120000        |
|Средневзвешенное удельное сходство:................ 2.2810000         |
```

```
|Среднее на объект суммарное сходство:............. 31.7070000          |
|Средние на объект фактические суммарные затраты:... 13.9020000          |
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
| Номер |  Код  | Наименование  |Ур-нь сходст| Затраты на  |Удельное сход|
|по пор.|объекта|   объекта     |об.с классом|назн. объекта|об. с классом|
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|     1 |    42 |Цисарь ПИ-52   |  44.6200000|   10.0000000|    4.4620000|
|     2 |    24 |Григорьева ПИ52|  38.3090000|   14.3900000|    2.6620000|
|     3 |    33 |Люлик ПИ-52    |  31.7050000|   12.1950000|    2.6000000|
|     4 |    23 |Веревкина ПИ-52|  21.0730000|   14.6340000|    1.4400000|
|     5 |     8 |Иванова ПИ-51  |  22.8280000|   18.2930000|    1.2480000|
=========================================================================
* * *

ДАННЫЕ ПО НЕНАЗНАЧЕННЫМ ОБЪЕКТАМ (LC-алгоритм):
=========================================================================
|Ном| Код | Наименование  | Код |   Наименование  |Ур.сход|Затр.на|Уд.сх.|
|   |объек|   объекта     |клас.|     класса      |об.с кл|объект |об.кл.|
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|   |     |В СРЕДНЕМ:     |     |                 |  0.000|  0.000| 0.000|
=========================================================================

ДАННЫЕ ПО КЛАССАМ, НА КОТОРЫЕ НЕ БЫЛО НАЗНАЧЕНИЙ ОБЪЕКТОВ (LC-алгоритм):
=========================================================================
|Номер| Код  |   Наименование                              |   Начальный   |
|     |класса|   класса                                    | ресурс класса |
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|    1|    10|УСПЕВАЕМОСТЬ - "5" менее 25%.............|        10.000|
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
|     |      |                              СУММА  :   |        10.000|
|     |      |                              СРЕДНЕЕ:   |        10.000|
=========================================================================
Универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос"
```

По нажатию клавиши выводится более подробная информация о сравнения результатах эффективности LC-алгоритма и RND-алгоритма (рисунок 11):

Рисунок 14. Сравнение эффективности LC-алгоритма и RND-алгоритма

Из рисунка 11 видно, что при использовании LC-алгоритма при экономии ресурсов 25% среднее сходство объектов с классами возрастает примерно на 50%, если за базу сравнения брать RND-алгоритм. При других исходных данных и параметрах назначения эффективность LC-алгоритма может меняться, но всегда остается значительно более высокой. Чем RND-алгоритма. В этом и состоит актуальность постановки задачи и ее решения, предложенных в данной статье.

3.3.4. Различие в подходах психолога и руководителя к назначению и перемещению персонала

Психологи обычно рекомендуют назначать сотрудников на должности, которым они больше всего соответствуют по свои личностным и профессиональным качествам. Руководители же кроме этого еще учитывают и затраты своих ресурсов на эти назначения, т.е. то, сколько они готовы платить сотруднику за выполнение функциональных обязанностей на этой должности. Фактически руководитель применяет профессиограммы с учетом функционально-стоимостного анализа и метода «Директ-костинг». Поэтому предлагаемый в работе подход соответствует требованиям руководителя. Вместе с тем, психологов (специалистов по персоналу) не интересуют финансовые аспекты назначения персонала, то они могут задать на классы практически неограниченные ресурсы, а затраты на назначение для всех респондентов сделать малыми и одинаковыми (например, равными 1). Тогда система просто назначит сотрудников на должности, которым они больше всего соответствуют без учета затрат на это. Отметим также, что все выходные формы записываются в виде файлов. Обычно целью управления качеством является повышение уровня системности. Однако точно также, т.е. внедряя в определенные систему элементы, можно не повышать, а понижать ее уровень системности, т.е. по сути, разрушать, уничтожать данную систему (так и определяется понятие антисистемы[20]).

Итак, качество системы рассматривается, как эмерджентное свойство систем, обусловленное их составом и структурой и отражающее их функциональность, надежность и стоимость. Поэтому при управлении качеством, целью управления является формирование у объекта управления заранее заданных системных свойств. Чем ярче у объекта управления выражены системные свойства, тем сильнее у него проявляется нелинейность: и в зависимости самих управляющих факторов друг от друга, и в зависимости результатов действия одних факторов, от действия других. Поэтому проблема управления качеством состоит в том, что в процессе управления сам объект управления изменяется качественно, т.е. изменяются его уровень системности, степень детерминированности и сама передаточная функция. Эта проблема распадается на несколько задач: 1-я состоит в многопараметрической типизации, 2-я в сопоставимой системной идентификации состояния объекта управления, а 3-я – в принятии решений об управляющем воздействии так изменяющем состав объекта управления, чтобы его качество максимально повышалось при минимальных затратах на это. Для решения 3-й задачи предлагается применить выбор компонент объекта управления по их функциональному назначению с учетом ресурсов, выделенных на реализацию различных функций, затрат, связанных с выбором тех или иных компонентов и степени соответствия различных компонент их функциональному назначению. Фактически предлагается формулировка и решение нового обобщения варианта задачи о назначениях: «Мультипликативный рюкзак», отличающееся от известного тем, что назначения производится не только с учетом ресурсов и затрат, но и с учетом степени соответствия компонент их функциональному назначению. Математическая модель, обеспечивающая решение 1-й и 2-й задач и отражающая степень соответствия компонент их функциональному назначению, а также весь процесс приятия решений по назначениям, т.е. 3-я задача, реализованы в АСК-анализе и системе «Эйдос-Х++». Приводится упрошенный численный пример предлагаемого подхода, связанный с назначением персонала.

[20] «Антисистемой называется система с отрицательным уровнем системности, т.е. это такое объедение некоторого множества элементов за счет их взаимодействия в целое, которое препятствует достижению целей» [12].

Выводы

Материалы данной статьи могут быть использованы для синтеза и применения интеллектуальных измерительных систем для системной идентификации в эконометрике, биометрии, экологии, педагогике, психологии, медицине, ветеринарии и в других предметных областях, а также при преподавании дисциплин: интеллектуальные системы; инженерия знаний и интеллектуальные системы; интеллектуальные технологии и представление знаний; представление знаний в интеллектуальных системах; основы интеллектуальных систем; введение в нейроматематику и методы нейронных сетей; основы искусственного интеллекта; интеллектуальные технологии в науке и образовании; управление знаниями; автоматизированный системно-когнитивный анализ и интеллектуальная система «Эйдос»; которые автор ведет в настоящее время[21], а также и в других дисциплинах, связанных с преобразованием данных в информацию, а ее – в знания и применением этих знаний для решения задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области (а это практически все дисциплины во всех областях науки).

Таким образом, АСК-анализ и система «Эйдос» представляют собой современную инновационную (готовую к внедрению) технологию интеллектуального управления качеством систем путем решения обобщенной задачи о назначениях. 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.

Автор благодарен д.т.н., д.э.н., к.ф.-м.н., профессору Александру Ивановичу Орлову за тщательное ознакомление с предварительным вариантом статьи и ряд ценных замечаний, способствовавших ее улучшению.

Литература[22]

1. Раннев Г.Г. Р224 Интеллектуальные средства измерений : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. Г. Раннев. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 272 с. ISBN 978-5-7695-6469-7. http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_13431.pdf
2. ГОСТ Р 8.673-2009: Государственная система обеспечения единства измерений. Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения. http://standartgost.ru/g/ГОСТ_Р_8.673-2009
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=18271217
5. Луценко Е.В. Формирование субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности сознанием человека и неоправданное придание им онтологического статуса (гипостазирование) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №09(113). С. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf, 2 у.п.л.

[21] http://lc.kubagro.ru/My_training_schedule.doc

[22] Для удобства читателей некоторые источники из списка литературы размещены на сайте: http://lc.kubagro.ru/

6. Луценко Е.В. Принципы и перспективы корректной содержательной интерпретации субъективных (виртуальных) моделей физической и социальной реальности, формируемых сознанием человека / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №01(115). С. 22 – 75. – IDA [article ID]: 1151601003. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/03.pdf, 3,375 у.п.л.

7. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. количественная гидроэкология: методы системной идентификации. –Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с. ISBN 5-93424-109-5. http://www.biometrica.tomsk.ru/konstan.htm http://www.twirpx.com/file/339044/

8. Трунев А.П., Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ влияния факторов космической среды на ноосферу, магнитосферу и литосферу Земли: Под науч. ред. д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2012. – 480 с. ISBN 978-5-94672-519-4. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683737

9. 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.

10. Орлов А.И. Теория измерений как часть методов анализа данных: размышления над переводом статьи П.Ф. Веллемана и Л. Уилкинсона // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2012. № 35. С. 155-174.

11. 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/

12. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. Перевод с английского М. А. Зуева, под редакцией А. И. Горлина. М.: Радио и связь, 1990. –534 с. http://www.twirpx.com/file/486296/

13. Демидов Я.П.. Системное измерение экономических процессов и явлений. – Казань: Изд-во МОиН РТ, 2011. – 268с.

14. Луценко Е.В. Подчиняются ли социально-экономические явления каким-то аналогам или обобщениям принципа относительности Галилея и Эйнштейна и выполняются ли для них теорема Нётер и законы сохранения? / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 219 – 254. – IDA [article ID]: 0911307014. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/14.pdf, 2,25 у.п.л.

15. 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

16. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф.С.Г.Фалько. Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2015. – 600 с. ISBN 978-5-94672-923-9. http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923

17. Луценко Е.В. Существование, несуществование и изменение как эмерджентные свойства систем. / Квантовая Магия, том 5, вып. 1, стр. 1215-1239, 2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html

18. Луценко Е.В. Исследование влияния подсистем различных уровней иерархии на эмерджентные свойства системы в целом с применением АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос" (микроструктура системы как фактор управления ее макросвойствами) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(075). С. 638 – 680. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0025, IDA [article ID]: 0751201052. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/52.pdf, 2,688 у.п.л.

19. Чередниченко Н.А., Луценко Е.В., Бандык Д.К., Трунев А.П. Прогнозирование землетрясений на основе астрономических данных с применением АСК-анализа на примере большого калифорнийского разлома Сан-Андреас / Н.А. Чередниченко, Е.В. Луценко, Д.К. Бандык, А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 1322 – 1377. – IDA [article ID]: 0911307093. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/93.pdf, 3,5 у.п.л.

20. Лопатина Л.М. Концептуальная постановка задачи: "Прогнозирование количественных и качественных результатов выращивания заданной культуры в заданной точке" / Л.М. Лопатина, И.А. Драгавцева, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(007). С. 86 – 100. – IDA [article ID]: 0070405008. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2004/05/pdf/08.pdf, 0,938 у.п.л.

21. 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.

22. Луценко Е.В. Методологические аспекты выявления, представления и использования знаний в АСК-анализе и интеллектуальной системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №06(070). С. 233 – 280. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0197, IDA [article ID]: 0701106018. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf, 3 у.п.л.

23. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос-Х++» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №09(083). С. 328 – 356. – IDA [article ID]: 0831209025. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf, 1,812 у.п.л.

24. Кульбак С. Теория информации и статистика. – М.: Наука, 1967. – 408 с. http://www.twirpx.com/file/124076/

25. Орлов А.И. Точки роста статистических методов / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №09(103). С. 136 – 162. – IDA [article ID]: 1031409011. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/11.pdf, 1,688 у.п.л.

26. Луценко Е.В. Решение задач статистики методами теории информации / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №02(106). С. 1 – 47. – IDA [article ID]: 1061502001. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/01.pdf, 2,938 у.п.л.

27. Луценко Е.В. Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа и возможности его применения для сопоставимой оценки эффективности вузов / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf, 1,25 у.п.л.

28. 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.

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

30. 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.

31. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. 2 изд. – М., Наука, 1975 – 464 с. http://ilib.mccme.ru/djvu/polya/rassuzhdenija.htm

32. *Hartley R.V.L.* Transmission of information. — Bell System Technical Journal - 7. — 1928. — С. 535-63. перевод: Хартли Р. Передача информации / Хартли Р. // Теория информации и ее приложения / Под ред. А.А. Харкевича. – М.: Физматгиз, 1959. – С. 5 – 35. http://www.dotrose.com/etext/90_Miscellaneous/transmission_of_information_1928b.pdf,

33. Луценко Е.В. Универсальный информационный вариационный принцип развития систем / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №07(041). С. 117 – 193. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0091, IDA [article ID]: 0410807010. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf, 4,812 у.п.л.

34. Луценко Е.В. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "Эйдос" (версия 4.1).-Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1995.- 76с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18630282

35. Луценко Е.В. Теоретические основы и технология адаптивного семантического анализа в поддержке принятия решений (на примере универсальной автоматизированной системы распознавания образов "ЭЙДОС-5.1"). - Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1996. - 280с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21745340

36. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. Монография (научное издание). – Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. - 318с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18828433

37. Симанков В.С., Луценко Е.В., Лаптев В.Н. Системный анализ в адаптивном управлении: Монография (научное издание). /Под науч. ред. В.С.Симанкова. – Краснодар: ИСТЭК КубГТУ, 2001. – 258с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21747625

38. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". – Краснодар: КубГАУ. 2004. – 633 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632737

39. Луценко Е.В., Лойко В.И., Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2005. – 480 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21720635

40. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд., перераб. и доп.– Краснодар: КубГАУ, 2006. – 615 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632602

41. Луценко Е.В. Лабораторный практикум по интеллектуальным информационным системам: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд.,перераб. и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 318с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683721

42. Наприев И.Л., Луценко Е.В., Чистилин А.Н. Образ-Я и стилевые особенности деятельности сотрудников органов внутренних дел в экстремальных условиях. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2008. – 262 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683724

43. Луценко Е. В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 257 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683725

44. Трунев А.П., Луценко Е.В. Астросоциотипология: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 264 с. http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos08_TL/Monography-TL.rar

45. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Лаптев В.Н. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (АСОИУ) (на примере АСУ вузом): Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2009. – 536 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18633313

46. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Ермоленко В.В. Интеллектуальные системы в контроллинге и менеджменте средних и малых фирм: Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2011. – 392 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683734

47. Наприев И.Л., Луценко Е.В. Образ-Я и стилевые особенности личности в экстремальных условиях: Монография (научное издание). – Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG,. 2012. – 262 с. Номер проекта: 39475, ISBN: 978-3-8473-3424-8.

48. Трубилин А.И., Барановская Т.П., Лойко В.И., Луценко Е.В. Модели и методы управления экономикой АПК региона. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2012. – 528 с. ISBN 978-5-94672-584-2. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683702

49. Горпинченко К.Н., Луценко Е.В. Прогнозирование и принятие решений по выбору агротехнологий в зерновом производстве с применением методов искусственного интеллекта (на примере СК-анализа). Монография (научное издание). – Краснодар,КубГАУ. 2013. – 168 с. ISBN 978-5-94672-644-3. http://elibrary.ru/item.asp?id=20213254

50. Луценко Е.В. Решение задач ампелографии с применением АСК-анализа изображений листьев по их внешним контурам (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко, Д.К. Бандык, Л.П. Трошин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №08(112). С. 862 – 910. – IDA [article ID]: 1121508064. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/64.pdf, 3,062 у.п.л.

51. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ и система "Эйдос" и их применение для построения интеллектуальных измерительных систем // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2014. Т.80. №5. С.64-74. http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1267409 http://elibrary.ru/item.asp?id=21538328

52. Луценко Е.В. Математический метод АСК-анализа - системная теория информации // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2015. Т. 81. № 5. С. 61 - 71. http://www.zldm.ru/content/article.php?ID=1985

53. Луценко Е.В. АСК-анализ влияния экологических факторов на качество жизни населения региона / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №06(110). С. 1 – 37. – IDA [article ID]: 1101506001. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/01.pdf, 2,312 у.п.л.

54. Луценко Е.В. Реализация психологических, педагогических и профориентационных тестов и супертестов без программирования в среде интеллектуальной системы «Эйдос-Х++» (На примере теста: «Анализ особенностей индивидуального стиля педагогической деятельности») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 1057 – 1085. – IDA [article ID]: 0881304076. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/76.pdf, 1,812 у.п.л.

55. Луценко Е.В. Реализация тестов и супертестов для ветеринарной и медицинской диагностики в среде системы искусственного интеллекта «Эйдос-Х++» без программирования / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №05(089). С. 167 – 207. – IDA [article ID]: 0891305014. – Режим доступа:http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/14.pdf, 2,562 у.п.л.

56. Луценко Е.В. Прогнозирование длительности послеоперационного восстановительного периода методом сердечно-дыхательного синхронизма (СДС) с применением АСК-анализа (часть 1) / Е.В. Луценко, Е.В. Сергеева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ)

[Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №10(064). С. 142 – 178. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0280, IDA [article ID]: 0641010014. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/14.pdf, 2,312 у.п.л.

57. Луценко Е.В. Прогнозирование длительности послеоперационного восстановительного периода методом сердечно-дыхательного синхронизма (СДС) с применением АСК-анализа (часть 2) / Е.В. Луценко, Е.В. Сергеева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №10(064). С. 179 – 203. – Шифр Информрегистра: 0421000012\0279, IDA [article ID]: 0641010015. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/15.pdf, 1,562 у.п.л.

58. Чередниченко Н.А. Моделирование смещения полюса Земли и алгоритм прогнозирования его динамики с применением АСК-анализа / Н.А. Чередниченко, Е.В. Луценко, А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №05(099). С. 149 – 188. – IDA [article ID]: 0991405010. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/10.pdf, 2,5 у.п.л.

59. Чередниченко Н.А. Прогнозирование глобальных климатических аномалий Эль-Ниньо и Ла-Нинья с применением системы искусственного интеллекта Aidos-X / Н.А. Чередниченко, А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). С. 128 – 160. – IDA [article ID]: 1051501007. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/07.pdf, 2,062 у.п.л.

60. Чередниченко Н.А. Моделирование и прогноз динамики глобальных климатических аномалий типа Эль-Ниньо и Ла-Нинья / Н.А. Чередниченко, А.П. Трунев, Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №06(110). С. 1545 – 1577. – IDA [article ID]: 1101506102. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/102.pdf, 2,062 у.п.л.

61. Silvano Martelo, Paolo Toth. Knapsack problems. – Wiley, 1990. – 306 с.

62. Луценко Е.В. Количественное измерение сходства-различия клонов винограда по контурам листьев с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» / Луценко Е.В., Трошин Л.П. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). – IDA [article ID]: 1161602077. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/77.pdf, 1,313 у.п.л.

Literatura

1. Rannev G.G. R224 Intellektual'nye sredstva izmerenij : uchebnik dlja stud. vyssh. ucheb. zavedenij / G. G. Rannev. — M. : Izdatel'skij centr «Akademija», 2010. — 272 s. ISBN 978-5-7695-6469-7.http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments/fragment_13431.pdf

2. GOST R 8.673-2009: Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij. Datchiki intellektual'nye i sistemy izmeritel'nye intellektual'nye. Osnovnye terminy i opredelenija.http://standartgost.ru/g/GOST_R_8.673-2009

3. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomicheskih, social'no-psihologicheskih, tehnologicheskih i organizacionno-tehnicheskih 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. Lucenko E.V. Formirovanie sub#ektivnyh (virtual'nyh) modelej fizicheskoj i social'noj real'nosti soznaniem cheloveka i neopravdannoe pridanie im ontologicheskogo statusa (gipostazirovanie) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar:

KubGAU, 2015. – №09(113). S. 1 – 32. – IDA [article ID]: 1131509001. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/01.pdf, 2 u.p.l.

6. Lucenko E.V. Principy i perspektivy korrektnoj soderzhatel'noj interpretacii sub#ektivnyh (virtual'nyh) modelej fizicheskoj i social'noj real'nosti, formiruemyh soznaniem cheloveka / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №01(115). S. 22 – 75. – IDA [article ID]: 1151601003. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/01/pdf/03.pdf, 3,375 u.p.l.

7. Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. kolichestvennaja gidrojekologija: metody sistemnoj identifikacii. –Tol'jatti: IJeVB RAN, 2003. – 463 s. ISBN 5-93424-109-5. http://www.biometrica.tomsk.ru/konstan.htm http://www.twirpx.com/file/339044/

8. Trunev A.P., Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz vlijanija faktorov kosmicheskoj sredy na noosferu, magnitosferu i litosferu Zemli: Pod nauch. red. d.t.n., prof. V.I.Lojko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2012. – 480 s. ISBN 978-5-94672-519-4.http://elibrary.ru/item.asp?id=21683737

9. Lucenko E.V. Metrizacija izmeritel'nyh shkal razlichnyh tipov i sovmestnaja sopostavimaja kolichestvennaja obrabotka raznorodnyh faktorov v sistemno-kognitivnom analize i sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). S. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf, 1,562 u.p.l.

10. Orlov A.I. Teorija izmerenij kak chast' metodov analiza dannyh: razmyshlenija nad perevodom stat'i P.F. Vellemana i L. Uilkinsona // Sociologija: metodologija, metody, matematicheskoe modelirovanie. 2012. № 35. S. 155-174.

11. Habbard Duglas U. Kak izmerit' vse, chto ugodno. Ocenka stoimosti nematerial'nogo v biznese / Duglas U. Habbard / [Per. s angl. E. Pesterevoj]. — M.: ZAO «Olimp–Biznes», 2009. — 320 s.: il. ISBN 978-5-9693-0163-4 (rus.). http://www.twirpx.com/file/1546361/

12. Klir Dzh. Sistemologija. Avtomatizacija reshenija sistemnyh zadach. Perevod s anglijskogo M. A. Zueva, pod redakciej A. I. Gorlina. M.: Radio i svjaz', 1990. –534 s. http://www.twirpx.com/file/486296/

13. Demidov Ja.P.. Sistemnoe izmerenie jekonomicheskih processov i javlenij. – Kazan': Izd-vo MOiN RT, 2011. – 268s.

14. Lucenko E.V. Podchinjajutsja li social'no-jekonomicheskie javlenija kakim-to analogam ili obobshhenijam principa otnositel'nosti Galileja i Jejnshtejna i vypolnjajutsja li dlja nih teorema Njoter i zakony sohranenija? / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 219 – 254. – IDA [article ID]: 0911307014. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/14.pdf, 2,25 u.p.l.

15. 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

16. Orlov A.I., Lucenko E.V., Lojko V.I. Perspektivnye matematicheskie i instrumental'nye metody kontrollinga. Pod nauchnoj red. prof.S.G.Fal'ko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2015. – 600 s. ISBN 978-5-94672-923-9. http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923

17. Lucenko E.V. Sushhestvovanie, nesushhestvovanie i izmenenie kak jemerdzhentnye svojstva sistem. / Kvantovaja Magija, tom 5, vyp. 1, str. 1215-1239, 2008. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa:http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html

18. Lucenko E.V. Issledovanie vlijanija podsistem razlichnyh urovnej ierarhii na jemerdzhentnye svojstva sistemy v celom s primeneniem ASK-analiza i intellektual'noj sistemy "Jejdos" (mikrostruktura sistemy kak faktor upravlenija ee makrosvojstvami) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №01(075). S. 638 – 680. – Shifr Informregistra: 0421200012\0025, IDA [article ID]: 0751201052. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/52.pdf, 2,688 u.p.l.

19. Cherednichenko N.A., Lucenko E.V., Bandyk D.K., Trunev A.P. Prognozirovanie zemletrjasenij na osnove astronomicheskih dannyh s primeneniem ASK-analiza na primere bol'shogo kalifornijskogo razloma San-Andreas / N.A. Cherednichenko, E.V. Lucenko, D.K. Bandyk, A.P. Trunev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 1322 – 1377. – IDA [article ID]: 0911307093. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/93.pdf, 3,5 u.p.l.

20. Lopatina L.M. Konceptual'naja postanovka zadachi: "Prognozirovanie kolichestvennyh i kachestvennyh rezul'tatov vyrashhivanija zadannoj kul'tury v zadannoj tochke" / L.M. Lopatina, I.A. Dragavceva, E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2004. – №05(007). S. 86 – 100. – IDA [article ID]: 0070405008. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2004/05/pdf/08.pdf, 0,938 u.p.l.

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

22. Lucenko E.V. Metodologicheskie aspekty vyjavlenija, predstavlenija i ispol'zovanija znanij v ASK-analize i intellektual'noj sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №06(070). S. 233 – 280. – Shifr Informregistra: 0421100012\0197, IDA [article ID]: 0701106018. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf, 3 u.p.l.

23. Lucenko E.V. Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema «Jejdos-H++» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №09(083). S. 328 – 356. – IDA [article ID]: 0831209025. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2012/09/pdf/25.pdf, 1,812 u.p.l.

24. Kul'bak S. Teorija informacii i statistika. – M.: Nauka, 1967. – 408 s. http://www.twirpx.com/file/124076/

25. Orlov A.I. Tochki rosta statisticheskih metodov / A.I. Orlov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №09(103). S. 136 – 162. – IDA [article ID]: 1031409011. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/09/pdf/11.pdf, 1,688 u.p.l.

26. Lucenko E.V. Reshenie zadach statistiki metodami teorii informacii / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №02(106). S. 1 – 47. – IDA [article ID]: 1061502001. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/02/pdf/01.pdf, 2,938 u.p.l.

27. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy, tehnologija i instrumentarij avtomatizirovannogo sistemno-kognitivnogo analiza i vozmozhnosti ego primenenija dlja sopostavimoj ocenki jeffektivnosti vuzov / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №04(088). S. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf, 1,25 u.p.l.

28. Lucenko E.V. Modelirovanie slozhnyh mnogofaktornyh nelinejnyh ob#ektov upravlenija na osnove fragmentirovannyh zashumlennyh jempiricheskih dannyh bol'shoj razmernosti v sistemno-kognitivnom analize i intellektual'noj sisteme «Jejdos-H++» / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj 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.

29. Lucenko E.V. Kojefficient jemerdzhentnosti klassicheskih i kvantovyh statisticheskih sistem / E.V. Lucenko, A.P. Trunev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Ku-

banskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №06(090). S. 214 – 235. – IDA [article ID]: 0901306014. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2013/06/pdf/14.pdf, 1,375 u.p.l.

30. Lucenko E.V. SK-analiz i sistema "Jejdos" v svete filosofii Platona / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj 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.

31. Poja D. Matematika i pravdopodobnye rassuzhdenija. 2 izd. – M., Nauka, 1975 – 464 s.http://ilib.mccme.ru/djvu/polya/rassuzhdenija.htm

32. Hartley R.V.L. Transmission of information. — Bell System Technical Journal - 7. — 1928. — S. 535-63. perevod: Hartli R. Peredacha informacii / Hartli R. // Teorija informacii i ee prilozhenija / Pod red. A.A. Harkevicha. – M.: Fizmatgiz, 1959. – C. 5 – 35. http://www.dotrose.com/etext/90_Miscellaneous/transmission_of_information_1928b.pdf,

33. Lucenko E.V. Universal'nyj informacionnyj variacionnyj princip razvitija sistem / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – №07(041). S. 117 – 193. – Shifr Informregistra: 0420800012\0091, IDA [article ID]: 0410807010. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf, 4,812 u.p.l.

34. Lucenko E.V. Universal'naja avtomatizirovannaja sistema raspoznavanija obrazov "Jejdos" (versija 4.1).-Krasnodar: KJuI MVD RF, 1995.- 76s. http://elibrary.ru/item.asp?id=18630282

35. Lucenko E.V. Teoreticheskie osnovy i tehnologija adaptivnogo semanticheskogo analiza v podderzhke prinjatija reshenij (na primere universal'noj avtomatizirovannoj sistemy raspoznavanija obrazov "JeJDOS-5.1"). - Krasnodar: KJuI MVD RF, 1996. - 280s. http://elibrary.ru/item.asp?id=21745340

36. Simankov V.S., Lucenko E.V. Adaptivnoe upravlenie slozhnymi sistemami na osnove teorii raspoznavanija obrazov. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: TU KubGTU, 1999. - 318s.http://elibrary.ru/item.asp?id=18828433

37. Simankov V.S., Lucenko E.V., Laptev V.N. Sistemnyj analiz v adaptivnom upravlenii: Monografija (nauchnoe izdanie). /Pod nauch. red. V.S.Simankova. – Krasnodar: ISTJeK KubGTU, 2001. – 258s.http://elibrary.ru/item.asp?id=21747625

38. Lucenko E.V. Intellektual'nye informacionnye sistemy: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti 351400 "Prikladnaja informatika (po otrasljam)". – Krasnodar: KubGAU. 2004. – 633 s.http://elibrary.ru/item.asp?id=18632737

39. Lucenko E.V., Lojko V.I., Semanticheskie informacionnye modeli upravlenija agropromyshlennym kompleksom. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2005. – 480 s.http://elibrary.ru/item.asp?id=21720635

40. Lucenko E.V. Intellektual'nye informacionnye sistemy: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Prikladnaja informatika (po oblastjam)" i drugim jekonomicheskim special'nostjam. 2-e izd., pererab. i dop.– Krasnodar: KubGAU, 2006. – 615 s. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632602

41. Lucenko E.V. Laboratornyj praktikum po intellektual'nym informacionnym sistemam: Uchebnoe posobie dlja studentov special'nosti "Prikladnaja informatika (po oblastjam)" i drugim jekonomicheskim special'nostjam. 2-e izd.,pererab. i dop. – Krasnodar: KubGAU, 2006. – 318s. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683721

42. Napriev I.L., Lucenko E.V., Chistilin A.N. Obraz-Ja i stilevye osobennosti dejatel'nosti sotrudnikov organov vnutrennih del v jekstremal'nyh uslovijah. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2008. – 262 s. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683724

43. Lucenko E. V., Lojko V.I., Velikanova L.O. Prognozirovanie i prinjatie reshenij v rastenievodstve s primeneniem tehnologij iskusstvennogo intellekta: Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 257 s. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683725

44. Trunev A.P., Lucenko E.V. Astrosociotipologija: Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 264 s. http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos08_TL/Monography-TL.rar

45. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Laptev V.N. Teoreticheskie osnovy i tehnologija primenenija sistemno-kognitivnogo analiza v avtomatizirovannyh sistemah obrabotki informacii i upravlenija (ASOIU) (na primere ASU vuzom): Pod nauch. red. d.je.n., prof. E.V.Lucenko.

Monografija (nauchnoe izdanie). – Majkop: AGU. 2009. – 536 s. http://elibrary.ru/item.asp?id=18633313

46. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Ermolenko V.V. Intellektual'nye sistemy v kontrollinge i menedzhmente srednih i malyh firm: Pod nauch. red. d.je.n., prof. E.V.Lucenko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Majkop: AGU. 2011. – 392 s. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683734

47. Napriev I.L., Lucenko E.V. Obraz-Ja i stilevye osobennosti lichnosti v jekstremal'nyh uslovijah: Monografija (nauchnoe izdanie). – Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG,. 2012. – 262 s. Nomer proekta: 39475, ISBN: 978-3-8473-3424-8.

48. Trubilin A.I., Baranovskaja T.P., Lojko V.I., Lucenko E.V. Modeli i metody upravlenija jekonomikoj APK regiona. Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2012. – 528 s. ISBN 978-5-94672-584-2. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683702

49. Gorpinchenko K.N., Lucenko E.V. Prognozirovanie i prinjatie reshenij po vyboru agrotehnologij v zernovom proizvodstve s primeneniem metodov iskusstvennogo intellekta (na primere SK-analiza). Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar,KubGAU. 2013. – 168 s. ISBN 978-5-94672-644-3.http://elibrary.ru/item.asp?id=20213254

50. Lucenko E.V. Reshenie zadach ampelografii s primeneniem ASK-analiza izobrazhenij list'ev po ih vneshnim konturam (obobshhenie, abstragirovanie, klassifikacija i identifikacija) / E.V. Lucenko, D.K. Bandyk, L.P. Troshin // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №08(112). S. 862 – 910. – IDA [article ID]: 1121508064. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/64.pdf, 3,062 u.p.l.

51. Lucenko E.V. Sistemno-kognitivnyj analiz i sistema "Jejdos" i ih primenenie dlja postroenija intellektual'nyh izmeritel'nyh sistem // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 2014. T.80. №5. S.64-74. http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1267409 http://elibrary.ru/item.asp?id=21538328

52. Lucenko E.V. Matematicheskij metod ASK-analiza - sistemnaja teorija informacii // Zavodskaja laboratorija. Diagnostika materialov. 2015. T. 81. № 5. S. 61 - 71. http://www.zldm.ru/content/article.php?ID=1985

53. Lucenko E.V. ASK-analiz vlijanija jekologicheskih faktorov na kachestvo zhizni naselenija regiona / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №06(110). S. 1 – 37. – IDA [article ID]: 1101506001. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/01.pdf, 2,312 u.p.l.

54. Lucenko E.V. Realizacija psihologicheskih, pedagogicheskih i proforientacionnyh testov i supertestov bez programmirovanija v srede intellektual'noj sistemy «Jejdos-H++» (Na primere testa: «Analiz osobennostej individual'nogo stilja pedagogicheskoj dejatel'nosti») / 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. 1057 – 1085. – IDA [article ID]: 0881304076. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/76.pdf, 1,812 u.p.l.

55. Lucenko E.V. Realizacija testov i supertestov dlja veterinarnoj i medicinskoj diagnostiki v srede sistemy iskusstvennogo intellekta «Jejdos-H++» bez programmirovanija / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №05(089). S. 167 – 207. – IDA [article ID]: 0891305014. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/14.pdf, 2,562 u.p.l.

56. Lucenko E.V. Prognozirovanie dlitel'nosti posleoperacionnogo vosstanovitel'nogo perioda metodom serdechno-dyhatel'nogo sinhronizma (SDS) s primeneniem ASK-analiza (chast' 1) / E.V. Lucenko, E.V. Sergeeva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №10(064). S. 142 – 178. – Shifr Informregistra: 0421000012\0280, IDA [article ID]: 0641010014. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/14.pdf, 2,312 u.p.l.

57. Lucenko E.V. Prognozirovanie dlitel'nosti posleoperacionnogo vosstanovitel'nogo perioda metodom serdechno-dyhatel'nogo sinhronizma (SDS) s primeneniem ASK-analiza (chast' 2) / E.V. Lucenko, E.V. Sergeeva // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosu-

darstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2010. – №10(064). S. 179 – 203. – Shifr Informregistra: 0421000012\0279, IDA [article ID]: 0641010015. – Rezhim dostupa:http://ej.kubagro.ru/2010/10/pdf/15.pdf, 1,562 u.p.l.

58. Cherednichenko N.A. Modelirovanie smeshhenija poljusa Zemli i algoritm prognozirovanija ego dinamiki s primeneniem ASK-analiza / N.A. Cherednichenko, E.V. Lucenko, A.P. Trunev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №05(099). S. 149 – 188. – IDA [article ID]: 0991405010. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2014/05/pdf/10.pdf, 2,5 u.p.l.

59. Cherednichenko N.A. Prognozirovanie global'nyh klimaticheskih anomalij Jel'-Nin'o i La-Nin'ja s primeneniem sistemy iskusstvennogo intellekta Aidos-X / N.A. Cherednichenko, A.P. Trunev // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №01(105). S. 128 – 160. – IDA [article ID]: 1051501007. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/07.pdf, 2,062 u.p.l.

60. Cherednichenko N.A. Modelirovanie i prognoz dinamiki global'nyh klimaticheskih anomalij tipa Jel'-Nin'o i La-Nin'ja / N.A. Cherednichenko, A.P. Trunev, E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №06(110). S. 1545 – 1577. – IDA [article ID]: 1101506102. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/102.pdf, 2,062 u.p.l.

61. Silvano Martelo, Paolo Toth. Knapsack problems. – Wiley, 1990. – 306 s.

62. Lucenko E.V. Kolichestvennoe izmerenie shodstva-razlichija klonov vinograda po konturam list'ev s primeneniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» / Lucenko E.V., Troshin L.P. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02(116). – IDA [article ID]: 1161602077. – Rezhim dostupa: http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/77.pdf, 1,313 u.p.l.