

УДК 303.732.4

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)

Луценко Евгений Вениаминович

д.э.н., к.т.н., профессор

Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинин, 13, prof.lutsenko@gmail.com

В статье на простом численном примере рассматривается применение автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» для выявления и исследования детерминации эмерджентных макросвойств систем их составом и иерархической структурой, т.е. подсистемами различной сложности (уровней иерархии). Кратко обсуждаются некоторые методологические вопросы создания и применения формальных моделей в научном познании. Предложены системное обобщение принципа Уильяма Росса Эшби о необходимом разнообразии на основе системного обобщения теории множеств и системной теории информации, обобщенная формулировка принципа относительности Галилея-Эйнштейна, высказана гипотеза о его взаимосвязи с теоремой Эмми Нётер, а также предложена гипотеза «О зависимости силы и направления связей между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом от уровня иерархии в системе»

Ключевые слова: АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА «ЭЙДОС», БАЗА ЗНАНИЙ, СИСТЕМА, ДЕТЕРМИНАЦИЯ, ЭМЕРДЖЕНТНЫЕ МАКРОСВОЙСТВА, ПОДСИСТЕМА, СЛОЖНОСТЬ, УРОВЕНЬ ИЕРАРХИИ ЭШБИ

UDC 303.732.4

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SUBSYSTEMS OF DIFFERENT LEVELS OF THE HIERARCHY ON EMERGENT PROPERTIES OF THE SYSTEM IN GENERAL WITH THE USE OF THE ASC-ANALYSIS AND "EIDOS" INTELLECTUAL SYSTEM (micro-structure of the system as a factor in the management of its macro properties)

Lutsenko Evgeny Veniaminovich

Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

The article, on a simple numerical example, deals with the application of the automated system-cognitive analysis (ASC-analysis) and its software tools - intellectual systems "Eidos" for the detection and investigation of determination of emergent macro preferences of systems in their composition and hierarchical structure, i.e. the sub-systems of various complexity levels (levels of the hierarchy). The article briefly discusses some of the methodological issues of creation and application of formal models in scientific knowledge. The system generalization of the principle of William Ross Ashby about the necessary diversity on the basis of the system of generalization of the theory of sets and systems theory, information, generalized formulation of the principle of Galileo-Einstein, the hypothesis about its relationship with the theorem of Emmy Noether are offered; and also there is a hypothesis "About the dependence of the force and direction of the relations between the basic elements of the system and its emergent properties as a whole, on the level of hierarchy in the system"

Keywords: AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, INTELLIGENT SYSTEM "EIDOS", BASE OF KNOWLEDGE, SYSTEM, DETERMINATION, EMERGENT MACROPROPERTIES, SUBSYSTEM, COMPLEXITY, LEVEL OF THE HIERARCHY OF ASHBY

***“Истинное знание – это знание причин”
Френсис Бэкон (1561–1626 гг.)***

Проблема, решаемая в научных исследованиях, состоит в выявлении силы и направления влияния состава и особенностей внутренней иерархической микроструктуры структуры систем на их внешне наблюдаемые на макроуровне свойства, т.е. по сути, в выявлении и исследовании вида причинно-следственных зависимостей между составом, внутренней структурой и эмерджентными свойствами систем.

Другой формой этой же *проблемы* является построение на основе эмпирических данных¹ *формальной модели*, количественно отражающей силу и направление влияния значений факторов на поведение моделируемого объекта, в частности на его переход в различные будущие состояния.

Такая формальная модель обеспечивает решение ряда как прямых, так и обратных задач.

Прямые задачи (задачи идентификации, распознавания и прогнозирования):

1. Прогнозирование свойств системы по ее составу и структуре.
2. Идентификация состояния системы по ее признакам.
3. Прогнозирование будущих состояний объекта управления по системе действующих на него значений факторов.

Задачи управления (обратные задачи прогнозирования):

4. Определение такого состава и такой структуры системы, которые обуславливают заранее заданные ее свойства.

5. Определение такой системы значений управляющих факторов, которая переводит объект управления в заранее заданное целевое состояние.

Идентификация и распознавание – это просто синонимы. При идентификации считается, что признаки объекта и его состояние, которое нужно определить по этим признакам, относятся к одному моменту времени². *Прогнозирование* отличается от идентификации тем, что (признаки) значения факторов относятся к прошлому времени, а состояния объекта к будущему³.

Задача управления (выработки управляющих воздействия) является *обратной* по отношению к задаче прогнозирования, так как при прогнозировании мы по значениям факторов, относящимся к прошлому, определяем будущее состояние объекта, а при управлении, наоборот, по заданному целевому (желательному) состоянию объекта управления определяем такую систему значений факторов, которая по определенным критериям⁴ наиболее эффективно обуславливает (детерминирует) переход объекта в это целевое состояние.

Сформулированные задачи имеют очень общий характер, так как, по сути, являются вариациями одной математической задачи в различных областях науки и практики, например:

– *в генетике*: исследование и выявление силы и направления влияния признаков генома и окружающей среды на фенотип (смысловая интер-

¹ т.е. на основе описаний структуры, свойств и поведения объектов под влиянием различных воздействий, полученных из опыта

² Конечно, фактически и при идентификации признаки всегда относятся к прошлому, а идентифицируемые состояния к будущему, т.к. процесс получения информации о наличии признаков и сам процесс идентификации занимает определенное время.

³ Может быть исследован вопрос влияния будущего на прошлое, а также влияния друг на друга одновременных событий, которые, по-видимому, причинно-следственно не связаны друг с другом.

⁴ Например, с наибольшей силой или с наиболее дешево на единицу силы влияния.

претация генома с применением технологий искусственного интеллекта: признаки генома и окружающей среды как факторы управления фенотипом);

– в психологии (управление персоналом): исследование зависимости личностных и профессиональных качеств человека от его реакции на осознаваемый и неосознаваемый стимульный материал (в частности на опросники); исследование влияния личностных и профессиональных качеств человека на успешность его работы на различных должностях; прогнозирование успешности деятельности конкретного человека на различных должностях на основе ранее выявленных его личностных и профессиональных качеств; разработка «Эйдос-реализации» психологических тестов на основе их опросников и шкал, включая среду применения, а также разработка интегральных тестов на основе стандартных тестов;

– в педагогике: исследование влияния педагогических технологий (в том числе: укомплектованности докторами и кандидатами наук, профессорами и доцентами, методов преподавания, технической оснащенности, учебно-методического обеспечения) на качество образования⁵ вообще и уровень предметной обученности в частности, а также на успешность профессиональной деятельности по специальности после окончания обучения; оценка уровня преподавания в учебном заведении; прогнозирование учебных достижений учащихся по свойствам их личности и характеристикам образовательного и учебного процесса; выработка рекомендаций по совершенствованию образовательных технологий;

– в экономике: исследование влияния внутренней структуры предприятия на эффективность ее деятельности; исследование влияния технологических, экономических, социально-политических, природных и иных факторов на результаты экономической деятельности предприятий, отраслей и регионов; оценка и прогнозирование эффективности работы предприятий, выработка научно-обоснованных рекомендаций по совершенствованию деятельности; прогнозирование динамики и сценариев развития фондового рынка, поддержка принятия решений на фондовом рынке;

– в агрономии: исследование влияния агротехнологических факторов, биологических свойств сортов и факторов окружающей среды на количественные и качественные результаты выращивания сельскохозяйственных культур; прогнозирование результатов применения конкретных агротехнологий для выращивания конкретных культур в заданных условиях (почвы, предшественники, климат); разработка рекомендаций по системе агротехнологий, обеспечивающей заданный результат выращивания; опре-

⁵ Образование – это обучение, воспитание и развитие. Обучение – это предметная обученность, т.е. знания, умения и навыки. Вопросы обучения в современной науке проработаны наиболее тщательно. Воспитание включает цели, ценности, мотивации и другие качества личности. Какие именно из них формировать и каким способом – это изучено намного слабее, чем вопросы обучения. Что же такое развитие в настоящее время в науке вообще освещено слабо. Достаточно сказать, что в современной науке есть теория познания, но нет теории сознания.

деление степени соответствия условий зон и микрозон выращивания, требованиям, предъявляемым конкретными культурами и сортами;

– в кулинарии: исследование влияния рецептуры и технологии на вкусовые и потребительские свойства продуктов питания; разработка рекомендаций по рецептурам и технологиям, обеспечивающим получение продуктов питания с заданными вкусовыми и потребительскими свойствами;

– в металлургии: исследование влияния состава и технологии на свойства сплавов; разработка рекомендаций по составу и технологиям, обеспечивающим получение сплавов с заданными свойствами;

– в химии: исследование зависимости химических свойств химических элементов от структуры атомов; зависимость свойств химических соединений от элементного состава и структуры молекул; прогнозирование свойств новых элементов и химических соединений по их составу и структуре; разработка рекомендаций по составу и структуре новых соединений с заранее заданными свойствами;

– в физике: описание физических явлений и законов физики в различных областях физики на языке теории информации; применение теории управления для управления физическими процессами на различных уровнях организации материи;

– в технических науках: выявление зависимостей свойств новых материалов и технических систем от их состава, структуры и технологии создания; прогнозирование свойств новых материалов и технических систем и выработка рекомендаций по технологии их создания с заранее заданными свойствами;

– в теории управления: выявление и исследование силы и направления влияния значений факторов на свойства и поведение объекта управления; прогнозирование поведения объекта управления под воздействием заданной системы значений управляющих факторов; выработка такого *управляющего* воздействия, которое с наивысшей степенью детерминированности переведет объект управления в заданное целевое состояние;

– в медицине: исследование зависимости диагноза от клинической картины и симптоматики и зависимости плана лечения от диагноза; постановка диагноза и прогнозирование успешности лечения по симптоматике; выработка плана лечения по диагнозу;

– в биологии: исследование зависимости потребительских, технологических и адаптивных свойств сортов от их фенотипических (ботанических) признаков, физиологии и генотипа; выработка рекомендаций по получению новых сортов и культур;

– в ампелографии: создание семантической информационной модели, отражающей количество знаний, содержащихся в факте наблюдения каждого морфологического и биолого-хозяйственного признака у конкретного образца винограда о том, что этот образец относится к каждому из

сортов, представленных в модели. Данную модель можно использовать для решения задач ампелографии, т.е. для идентификации образцов винограда или автоматизированного отнесения образца к сортам на основе его описания с определением количественной меры сходства образца с каждым сортом, а также для количественного определения степени сходства сортов друг с другом путем агломеративной и дивизивной древовидной кластеризации;

– *в лингвистике*: исследование взаимосвязи между символами и словами, между смыслом фразы и словами, из которых она состоит;

– *в теории чисел*: исследование взаимосвязи между свойствами цифр и чисел из них, между сложными числами и простыми числами, произведениями которых они являются, исследование других взаимосвязей между числами.

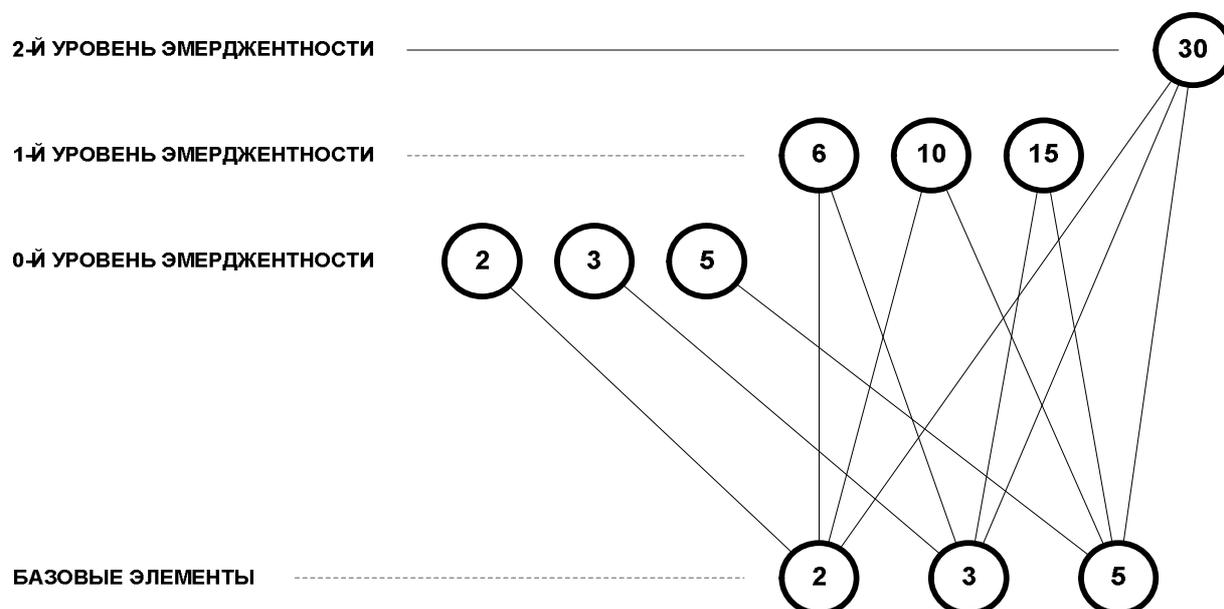
Эти примеры можно легко продолжить, но для целей данной статьи и уже приведенных вполне достаточно. Остается добавить, что по многим из приведенных примеров автором проведены *конкретные* исследования и разработки интеллектуальных приложений⁶, т.е. поставлены и решены перечисленные выше задачи идентификации, прогнозирования и поддержки принятия решений в различных предметных областях и сделано это на единой методологической и инструментально-технологической основе Автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос».

Рассмотрим, как на теоретическом уровне, так и на простом численном примере, как решается поставленная проблема в АСК-анализе.

Система есть множество взаимосвязанных элементов, что обеспечивает возникновение новых, так называемых системных или эмерджентных свойств, которых не было у элементов системы до их объединения в систему, что обеспечивает системе преимущества в достижении целей. Таким образом, понятие системы основано на понятии множества, но выходит за его пределы, т.е. является его *обобщением*, т.к. включает также понятия *взаимосвязей* между элементами, за счет которых образуются подсистемы различных уровней иерархии, образующие *структуру* системы [1-11]. На рисунках 1 и 2 представлены в условном виде *все возможные* подсистемы, образующиеся из 3-х и из 4-х базовых элементов, являющихся простыми числами, путем их перемножения в различных сочетаниях:

⁶ См., например: <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm> <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=11>

**СИСТЕМА С ДВУМЯ УРОВНЯМИ ИЕРАРХИИ НА ОСНОВЕ ТРЕХ БАЗОВЫХ ЭОЕМЕНТОВ,
КОЭФФИЦИЕНТ ЭМЕРДЖЕНТНОСТИ ХАРТЛИ=1,771244**



**Рисунок 1. Пример системы сложных чисел,
основанных на 3 простых числах**



**Рисунок 2. Пример системы сложных чисел,
основанных на 4 простых числах**

Базовыми элементами будем называть элементы исходного множества, на основе которого образуется система. При этом подсистемы *различных уровней иерархии* некоторой системы, основанной на n базовых элементов, *могут* включать различное количество базовых элементов m , где m может изменяться от 1 до n . Конечно, реальные системы включают не все *в принципе возможные* подсистемы, а лишь некоторые из них, поэтому на одном и том же множество базовых элементов могут основываться большое количество различных систем, одинаковых по составу (базо-

вым элементам), но отличающихся своими структурами (подсистемами). Уровень базовых элементов будем считать нулевым уровнем иерархии системы, подсистемы, состоящие из 2-х базовых элементов – 1-м уровнем иерархии, и т.д., т.е. подсистемы из m базовых элементов образуют k -й уровень иерархии, где $k=m-1$.

Отметим, что выбор в качестве примера системы, основанной на базовых элементах, являющихся простыми числами, с подсистемами, образующимися путем перемножения базовых элементов в различных сочетаниях, не накладывает каких-либо ограничений на применимость полученных на этом примере выводов в различных предметных областях, т.к. простые числа можно рассматривать как условные *коды* признаков систем или значений действующих на них факторов, а составные числа – кодами эмерджентных свойств этих систем, образующихся путем взаимодействия соответствующих базовых элементов, к тому же разложение сложных чисел на простые множители является *единственным*. Таким образом, приведенный в статье пример адекватно представляет в символической форме как все вышеперечисленные примеры решения прямых и обратных задач идентификации и прогнозирования в различных предметных областях, так и все не перечисленные аналогичные задачи.

Если выдвинуть весьма правдоподобную гипотезу, что *свойства системы в целом обуславливаются ее составом и структурой*, то можно считать, что между этими свойствами и подсистемами различных уровней иерархии существует взаимнооднозначное соответствие, т.е.:

- на нулевом уровне иерархии свойства системы соответствуют непосредственно самим элементам;
- на первом уровне иерархии свойства системы соответствуют подсистемам, образованных из пар базовых элементов в различных сочетаниях;
- на втором уровне иерархии свойства системы соответствуют подсистемам, образованных из троек базовых элементов в различных сочетаниях;
- на третьем уровне иерархии свойства системы соответствуют подсистемам, образованных из четверок базовых элементов в различных сочетаниях;

– на k -ом уровне иерархии свойства системы соответствуют подсистемам, образованных из m базовых элементов в различных сочетаниях, где $k=m-1$.

Таким образом, будем считать, что:

1. Система включает в свой *состав* не только базовые элементы, на которых она основана, но и различные подсистемы из тех же базовых элементов в различных сочетаниях и эти подсистемы образуют иерархическую *структуру* системы.

2. Базовые элементы системы будем считать ее *подсистемами* нулевого уровня иерархии.

3. Свойства системы в целом соответствуют ее подсистемам различных уровней иерархии, поэтому *все уровни иерархии, за исключением нулевого, вполне обоснованно называть уровнями эмерджентности*.

Ясно, что чем меньше базовых элементов в подсистемах, т.е. чем более *простыми* являются подсистемы, тем ближе свойства системы в целом к свойствам исходного множества базовых элементов, на которых основана данная система. На основании этого можно утверждать, что *понятие системы является обобщением понятия множества*. При этом выполнятся *принцип соответствия*⁷ между этими понятиями, т.к. система плавно переходит в множество собственных базовых элементов при уменьшении сложности ее структуры, т.е. числа уровней иерархии и подсистем на этих уровнях до нуля.

Будем считать, что *уровень системности (эмерджентность) системы* тем выше, чем больше ее свойства отличаются от свойств множества базовых элементов, на которых она основана. Будем считать, что максимальное количество эмерджентных свойств системы в целом E_W^M , состоящей из M базовых элементов, равно количеству ее подсистем различных уровней иерархии, т.е. различной сложности (1):

$$E_W^M = \sum_{m=1}^M C_W^m \quad (1)$$

где:

W – количество подсистем в системе, т.е. количество состояний системы или количество ее эмерджентных свойств;

m – число базовых элементов в подсистеме (сложность подсистемы);

⁷ См., например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Принцип%20соответствия>

M – максимальное количество базовых элементов в подсистеме (максимальный уровень сложности подсистем) $M \leq W$.

В работах [1-11] предложены, обоснованы, развиты и исследованы абсолютные и относительные количественные меры уровня системности (эмерджентности) системы, в качестве которых автором в 2002 году предложены системное обобщение выражения Хартли для количества информации в системе (2), основанной на W базовых элементов и его отношение к классическому количеству информации по Хартли (3) в множестве тех же базовых элементов [1] (4):

$$I_{sys} = \text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m \quad (2)$$

$$I_{klas} = \text{Log}_2 W \quad (3)$$

$$j = \frac{\text{Log}_2 \sum_{m=1}^M C_W^m}{\text{Log}_2 W} \quad (4)$$

Таким образом, этот коэффициент количественно отражает максимально возможную степень отличия системы от множества его базовых элементов. Поскольку выражение (4) основано на классическом выражении Хартли для количества информации (3) и его системном обобщении, предложенном автором (2), то в работе [1] для него было предложено название: «Коэффициент эмерджентности Хартли», однако, в работах ряда авторов эти и другие результаты преподносятся как собственные без ссылок на первоисточники⁸.

Из вышеизложенного ясно, что уровень системности (эмерджентности) системы или ее сложность определяется не только числом базовых элементов в ней, но и взаимосвязями между ними, т.е. структурой системы, и при уменьшении интенсивности и количества этих взаимосвязей система дезинтегрируется, т.е. структура системы упрощается, пока полностью не исчезнет и система не превратится в простое множество собственных базовых элементов. Значит уровень системности или эмерджентность системы тем выше, чем выше сила и сложность взаимосвязей

⁸ Об этом см., например: Вяткин В.В. Групповой плагиат: от студента до министра. // Троицкий вариант. № 91: 08.11.2011 – Электронный ресурс. – [Режим доступа]: <http://trv-science.ru/2011/11/08/grupповоij-plagiat-ot-studenta-do-ministra/>

между ее базовыми элементами. В работе [1] сформулирована и численно исследована гипотеза о законе возрастания эмерджентности (рисунок 3):



Рисунок 3. Гипотеза о законе возрастания эмерджентности согласно [1]

Но как связан уровень системности с управляемостью системы? Интуитивно понятно, что чем сложнее система, тем сложнее ей управлять. Фундаментальный принцип, раскрывающий природу взаимосвязи между сложностью системы и проблематичностью управления ею предложен одним из основателей кибернетики Уильямом Россом Эшби и в современной науке носит его имя.



Уильям Росс Эшби, 1960 год.

Принцип Эшби: «Управление может быть обеспечено только в том случае, если разнообразие средств управляющего (в данном случае всей системы управления) по крайней мере не меньше, чем разнообразие управляемой им ситуации»⁹.

Обычно принцип Эшби интерпретируется таким образом, что число факторов в модели должно быть не меньше числа состояний объекта управления.

⁹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Эшби,%20Уильям>

Принцип Эшби не означает, что если модель объекта управления отражает не все действующие на него факторы¹⁰, то управление им будет невозможно, а означает лишь, что в этом случае управление будет не полным, не детерминистским. При этом под фактором фактически понимается значение фактора и неявно предполагается, что каждое будущее состояние объекта управления детерминируется одним значением фактора и между значениями факторов и состояниями существует взаимнооднозначное соответствие, т.е. *по сути, предполагается, что модель объекта управления является детерминистской, факторы не зависят друг от друга (ортонормированны) и не взаимодействуют друг с другом, т.е. по сути, образуют множество, а не систему факторов.*

Однако если рассматривать объект управления как систему в цикле управления (рисунок 4), то можно интерпретировать признаки как значения факторов, воздействующих на систему, а классы как эмерджентные свойства системы или ее будущие состояния, некоторые из которых являются целевыми, а некоторые нежелательными:

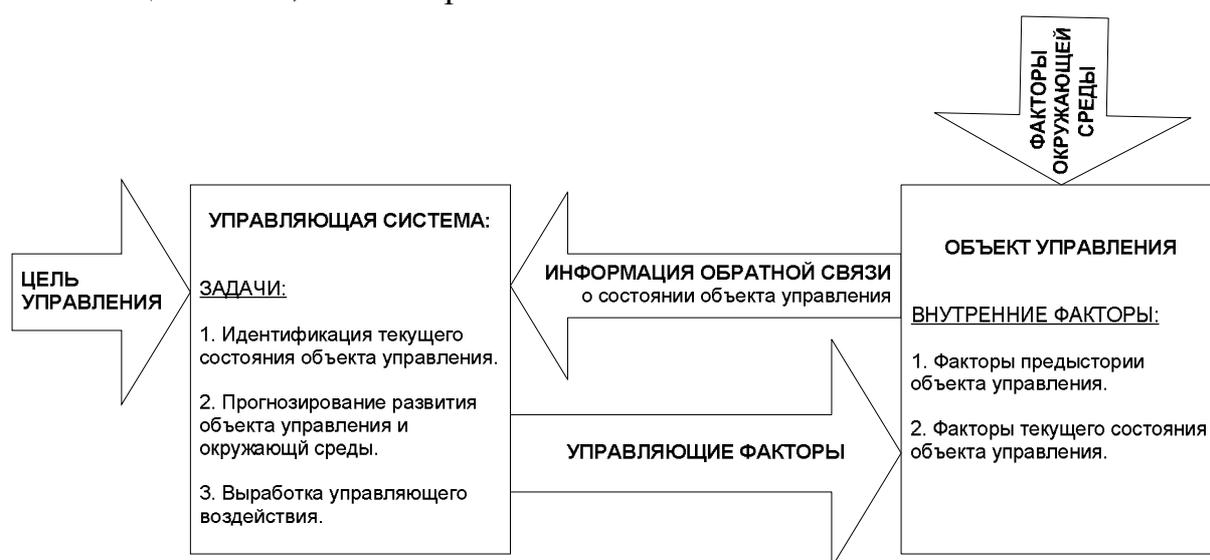


Рисунок 4. Объект управления как система в цикле управления

По мнению автора это означает, что принцип Эшби может быть обобщен с учетом системных представлений следующим образом:

«Для того чтобы управление было полным (детерминистским) модель объекта управления должна описывать силу и направление влияния на объект управления не меньшего суммарного количества различных со-

¹⁰ Факторы, действующие на объект управления делятся на внутренние и внешние, а внешние в свою очередь на технологические факторы, т.е. факторы зависящие от управляющей системы, и факторы окружающей среды, независящие от нее.

четаний значений факторов, чем количество возможных будущих состояний объекта управления». Если записать это высказывание в форме математического выражения, то получим (5):

$$\sum_{m=1}^M C_W^m \geq W \quad (5)$$

Из выражения (5), естественно при $W > 0$, следует эквивалентная форма (6):

$$\frac{\sum_{m=1}^M C_W^m}{W} \geq 1 \quad (6)$$

Предлагается также следующая формулировка системного обобщения принципа Эшби: «Чем больше различных сочетаний значений факторов действует на объект управления, тем выше степень детерминированности управления им». Из сравнения выражений (6) и (4) можно сделать вывод о том, что из приведенной выше формулировки системного обобщения принципа Эшби вытекает следствие: «Степень детерминированности управления системой тем выше, чем выше ее эмерджентность (уровень системности), количественно измеряемая коэффициентом эмерджентности Хартли».

Если в классическом принципе Эшби объект управления рассматривается как *многофакторный линейный черный ящик*¹¹, т.е. черный ящик со многими входами и многими выходами не имеющий никакой внутренней структуры, то в системном обобщении принципа Эшби объект управления рассматривается как *система однофакторных черных ящиков*, каждый из которых имеет один вход и один выход, взаимодействующих между собой и образующих подсистемы, что приводит к нарушению линейности объекта управления. Таким образом, системное обобщение принципа Эшби основано на введении внутренней иерархической структуры черного ящика.

Объект управления называется линейным, если результат совместного действия на него совокупности факторов равен *сумме* результатов влияния на него каждого из этих факторов по отдельности [10, 11]. Это означает, что в линейном объекте управления факторы не взаимодействуют между собой, не образуют подсистем детерминации, т.е. по сути, являются не системой, а *множеством* факторов. В нелинейных объектах управления

¹¹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Чёрный%20ящик>

факторы образуют систему с определенным уровнем системности, с новыми эмерджентными (системными) свойствами, не сводящимися к свойствам факторов, рассматриваемым по отдельности. Чем ниже эмерджентность (уровень системности) объекта управления, тем он как система ближе к множеству и к линейности.

В работе [1] для количественной оценки степени детерминированности системы автором предложен и численно исследован коэффициент эмерджентности, названный *в честь* А.А.Харкевича «Коэффициентом эмерджентности Харкевича» (7):

$$\Psi = \frac{\text{Log}_2 W^j}{\text{Log}_2 N}, \quad (7)$$

где N – количество фактов, обобщенных в модели объекта управления. *Фактом* является одновременное наблюдение на опыте двух событий: «Объект управления перешел в j -е состояние» и «На объект управления действовало i -е значение фактора».



Александр Александрович
Харкевич
(21.1(3.2).1904 – 30.3.1965)

Александр Александрович Харкевич, директор Института проблем передачи информации АН СССР академик АН СССР, является выдающимся советским ученым, внесшим огромный вклад в создание семантической теории информации тем, что внес в теорию информации представление о **цели** (и тем самым об **управлении**) и *фактически, как стало ясно уже в наше время [10, 11] предложившим количественную меру знаний.*

Из вида выражения (7) для коэффициента эмерджентности Харкевича Ψ очевидно, что увеличение *уровня системности* φ влияет на семантическую информационную модель аналогично повышению уровня детерминированности системы: понижение уровня системности, также как и степени детерминированности системы приводит к ослаблению влияния факторов на поведение системы, т.е. к понижению управляемости системы за счет своего рода "инфляции факторов" [1]. Иначе говоря, если на объект управления действует *ортонормированная система факторов, т.е. множество факторов, не связанных между собой*, и к этой системе добавляется еще один фактор, *тождественный* по своему влиянию одному из уже имеющихся, то суммарное влияние этого нового фактора и тождественного останется тем же самым, т.е. распределится между ними поровну.

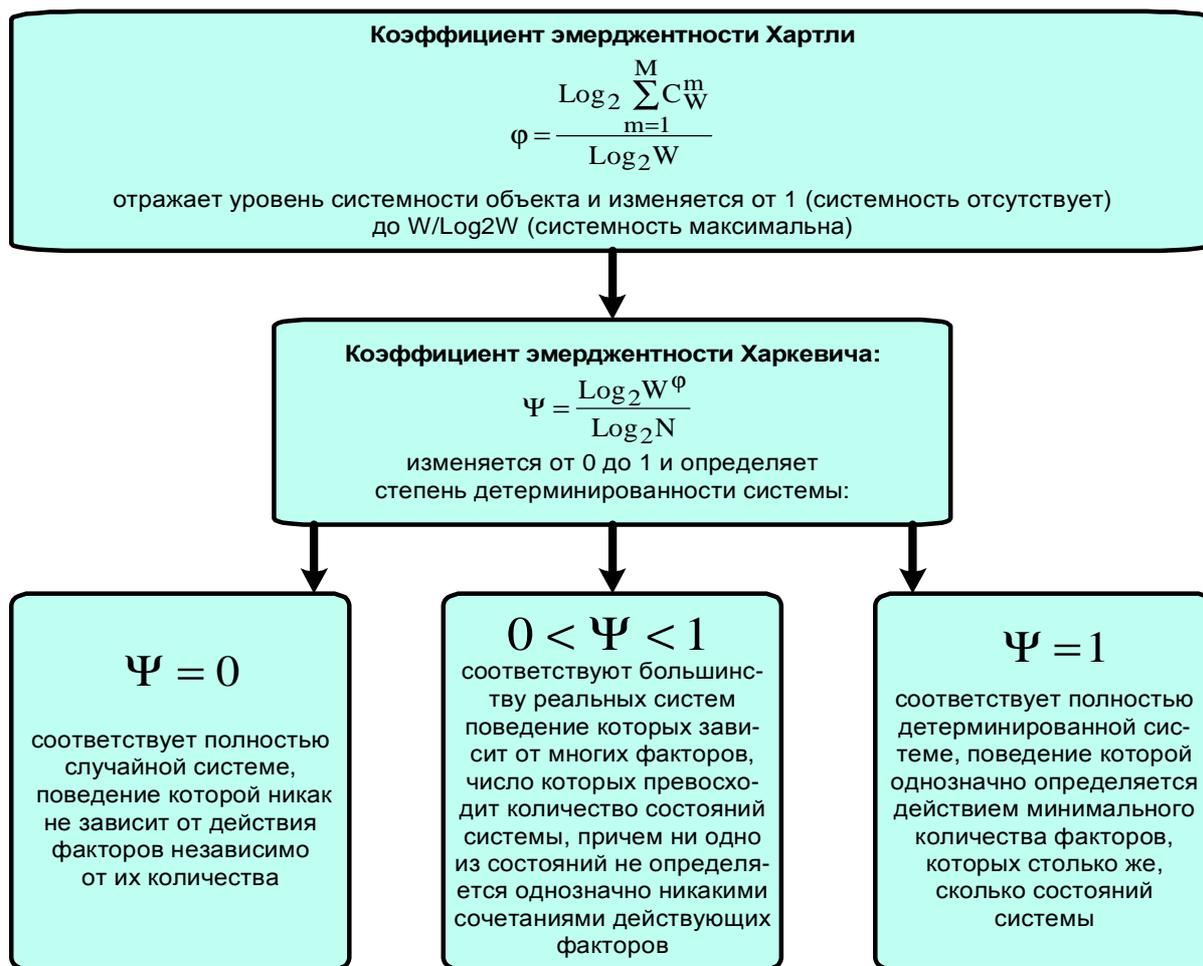


Рисунок 5. Интерпретация и взаимосвязь коэффициентов эмерджентности Хартли и Харкевича согласно [1]

Таким образом, *коэффициенты эмерджентности Хартли и Харкевича можно обоснованно считать количественным выражением системного обобщения принципа Эшби.*

Общим для всех сформулированных в начале статьи задач, и обобщенных, и из разных предметных областей, является *неизвестность характера или вида причинно-следственных зависимостей* между составом, иерархической структурой и свойствами объектов, или между значениями действующих на объект значениями факторов и его поведением. Однако для решения задач идентификации (распознавания), прогнозирования и принятия решений *необходимо знать вид этих зависимостей*, следовательно, *необходимо выявить и отразить их в формальной модели* перед решением этих задач. При этом источником исходных данных для построения *формальной модели* могут быть только эмпирические данные, полученные из опыта путем наблюдения или в специально организованных экспериментах. Соответственно, возникает принципиальный вопрос, который можно сформулировать следующим образом: *«Возможно ли на основе ряда примеров систем с известными внутренним составом и це-*

рархической структурой с одной стороны, и внешне наблюдаемыми свойствами с другой стороны, выявить в количественной форме силу и направление причинно-следственных связей между ними?».

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос» [1] позволяют утвердительно ответить на этот вопрос, т.к. предоставляют ряд новых возможностей для построения и верификации на основе эмпирических данных формальных моделей, отражающих силу и направление причинно-следственных связей между составом, структурой и свойствами объектов или между значениями действующих на объект значениями факторов и его поведением, а также для решения на основе этих моделей задач идентификации, прогнозирования и принятия решений.

Однако перед тем как непосредственно перейти к рассмотрению этих возможностей кратко обсудим некоторые методологические аспекты создания и применения формальных моделей в научном познании.

Основываясь на работе [10] будем считать, что:

– закономерности – это причинно-следственные зависимости, выявленные на исследуемой выборке и распространяемые лишь на саму эту выборку;

– эмпирический закон – это закономерности, выявленные на исследуемой выборке и распространяемые на некоторую более широкую предметную область, в которой действуют *те же причины их существования*, что и в исследуемой выборке и эта более широкая предметная область называется *генеральной совокупностью*, по отношению к которой исследуемая выборка *репрезентативна*.

Важно, что генеральная совокупность является *более широкой*, чем исследуемая выборка, причем не только в пространстве, но и во времени. *Периоды* времени, в течение которых закономерности в предметной области существенно не меняются, называются *периодами эргодичности*. Можно сказать, что эргодичность – это репрезентативность во времени. Границы между периодами эргодичности называются точками бифуркации. Будем считать, что *генеральная совокупность эргодична по отношению к исследуемой выборке, а граница генеральной совокупности состоит из точек бифуркации*.

Таким образом, *если формальная модель адекватна, то по результатам ее применения невозможно определить в какой именно подобласти генеральной совокупности (области репрезентативности и эргодичности) она применяется*. Важно отметить, что сформулированное положение *никак не привязано к конкретной предметной области*, исследуемой той или иной наукой.

В физике сходный, но более ограниченный смысл имеют принципы относительности Галилея и Эйнштейна: «Все физические процессы в

*инерциальных системах отсчёта*¹² протекают одинаково, независимо от того, неподвижна ли система или она находится в состоянии равномерного и прямолинейного движения¹³». При этом под «физическими процессами» в принципе относительности Галилея подразумеваются только механические явления, а Эйнштейна – кроме того, и электромагнитные, в частности оптические. Поэтому если мы находимся в замкнутой инерциальной системе отсчета, то по протеканию физических процессов невозможно определить, движется она или покоится, а также в каком месте пространства и в каком времени она движется или покоится. Из принципа относительности Эйнштейна вытекают преобразования Лоренца, которые являются релятивистским обобщением преобразований Галилея и относительно которых инвариантны уравнения Максвелл, описывающие электромагнитные явления.

Это дает основания называть сформулированное положение «Обобщенным принципом относительности». Предлагается следующая формулировка *обобщенного принципа относительности*, относящегося не только к механическим и электромагнитным явлениям, но и вообще ко всем явлениям, в том числе еще не обнаруженным и даже к тем, которые в принципе никогда не будут обнаружены человечеством: «Законы природы открытые в одном месте и в определенное время действуют и в других местах и в другое время», *поэтому по виду законов природы в замкнутой лаборатории невозможно определить в каком месте (пространства) и в каком времени эта лаборатория находится, т.е. по виду законов природы внутри лаборатории невозможно локализовать ее в пространстве-времени*. По-видимому, из этого утверждения также могут быть выведены преобразования, являющиеся обобщением преобразований Лоренца для различных предметных областей, а не только для физики.

Обобщенный принцип относительности является методологической основой *синтеза* формальной модели объекта управления¹⁴ на основе исследуемой выборки, и *применения* этой модели в течение периода эргодичности для решения задач идентификации, прогнозирования и принятия решений в некоторой генеральной совокупности, по отношению к которой исследуемая выборка репрезентативна.

На этом утверждении фактически основана вся современная наука, так как когда ученые открывают и исследуют в своих лабораториях новые явления природы и новые законы, то они при этом неявно предполагают, что открываемое ими новое знание будет использоваться не только лично ими, но *в будущем* пригодится и другим людям, причем и *в других странах*. Они также предполагают, что изучив законы природы в своих лабора-

¹² <http://ru.wikipedia.org/wiki/Инерциальная%20система%20отсчёта>

¹³ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Принцип%20относительности>

¹⁴ т.е. формальной модели, отражающей силу и направление причинно-следственного влияния значений факторов на поведение моделируемого объекта.

ториях они могут на их основе делать выводы об объектах и процессах, весьма удаленных в пространстве и времени, а также об объектах существенно других масштабов, чем изучаемые в лаборатории.

Пример-1. Исследуя излучение света нагретыми химическими элементами ученые могут по спектрам этого излучения определять химический состав веществ не только на Земле, но и химический состав далеких планет, Солнца и других звезд, в том числе в других галактиках. Правда наблюдается «красное смещение» спектральных линий, которое сегодня объясняется законом Хаббла¹⁵ и расширением вселенной¹⁶, хотя известно, что возможны и другие объяснения. *Предлагается гипотеза* о том, «красное смещение» может быть объяснено не только расширением вселенной, но и *ускорением темпа времени в ней* (или совместным действием этих факторов в разных сочетаниях степени их влияния на появление этого эффекта¹⁷). При этом фотоны, которые мы регистрируем на Земле, относятся к тем более отдаленному прошлому, чем дальше находится источник их излучения от Земли, и смещение их частоты в красную сторону отражает на сколько темп времени в источнике их излучения меньше, чем на Земле. В замкнутой системе отсчета нет возможности определить, изменился ли темп времени в ней, даже если он изменится в 1000 раз, но это возможно при взаимодействии нескольких систем отсчета с разным темпом времени в них. Например, когда человек спит, то в течение нескольких секунд может увидеть сон с событиями, которые занимают 2-3 часа и при этом ему не кажется, что эти события происходят в каком-то ускоренном темпе, но это только потому, что во время сна он не осознает событий в физической реальности и не имеет возможности сравнить темп их реализации.

Пример-2. Изучив законы гравитации на Земле и в Солнечной системе ученые могут применять их в масштабах нашей и других галактик, а также в масштабах метagalактики. Правда при этом обнаруживается *фактическое* несоблюдение этих законов даже уже в масштабах галактики и для объяснения этого предполагается существование «темной материи¹⁸» и «темной энергии», свойства которых и распределение в пространстве как раз таковы, что позволяют «объяснить» расхождение теории с фактом, хотя известно, что возможны и другие объяснения. Например, энергии гравитационного поля соответствует масса, которая в свою очередь создает гравитационное поле, т.е. гравитационное поле является нелинейным самосогласованным полем. Правда заметным это становится лишь при очень больших по напряженности или по объему гравитационных полях, т.е. как

¹⁵ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон%20Хаббла>

¹⁶ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Хаббл,%20Эдвин%20Пауэлл>

¹⁷ Расширение вселенной тоже должно приводить к ускорению темпа времени, т.к. должно сопровождаться уменьшением плотности массы и напряженности гравитационного поля.

¹⁸ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Тёмная%20материя>

раз в очень больших масштабах, порядка размеров галактики и больше, или вблизи таких экзотических объектов, как черные дыры. Предлагается гипотеза, что никакой «темной материи и энергии» нет, но есть дополнительное гравитационное поле, которое объясняли их наличием, однако это дополнительное гравитационное поле создается самим гравитационным полем.



Амалия Эмми Нётер¹⁹
23.03.1882 – 14.04.1935

В соответствии с фундаментальной теоремой Эмми Нётер²⁰ из симметрий пространства-времени: однородности и изотропности пространства и однородностью времени, следуют, соответственно, законы сохранения импульса, момента количества движения и энергии²¹. Выполнение принципа относительности Галилея-Эйнштейна обусловлено тем, что законы физики не меняются при инерциальном смещении системы отсчета (в т.ч. в гравитационном поле), и одинаковы при смещении в разных направлениях, во времени, и при поворотах.

Получается, что есть основания сформулировать следующую *гипотезу*: «Принцип относительности выполняется по тем же причинам, по которым существуют законы сохранения и этими причинами являются симметрии пространства-времени».

В этой связи возникают два принципиальных вопроса:

Вопрос-1. В какой степени абстрактная модель полностью однородного и изотропного пространства-времени, рассматриваемая в теореме Нётер, соответствует свойствам реального пространства-времени, т.е. насколько адекватно эта абстрактная модель отражает реальность?

Вопрос-2. Если реальное пространство не является полностью однородным и изотропным и реальное время не совсем однородно, то каким образом это отклонение их свойств от свойств абстрактного полностью однородного и изотропного пространства-времени сказывается на степени соблюдения законов сохранения импульса, момента импульса и энергии, а также на точности принципа относительности?

Естественно, 2-й вопрос становится актуальным в случае неполной адекватности абстрактной модели абсолютно однородного и изотропного пространства-времени, рассматриваемого в теореме Нётер.

¹⁹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Noether.jpg>

²⁰ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Нётер,%20Эмми>

²¹ В современной физике законов сохранения гораздо больше и все они связаны с определенными симметриями пространства-времени, а также с динамическими симметриями, см., например: <http://www.ugatu.ac.ru/ddo/KSE/01/0123/ks012300.htm>



Альберт Эйнштейн
14.03.1879 – 18.04.1955

В современной науке считается, что свойства реального (физического) пространства-времени определяются распределением масс, т.к. гравитация согласно модели общей теории относительности (ОТО)²² Альберта Эйнштейна²³ представляет собой деформацию пространства-времени, т.е. *нарушение его однородности и изотропности*, вызванное распределением массы-энергии. Поэтому пространство-время может быть однородным и изотропным только в однородной и изотропной вселенной, в которой это условие выполняется для распределения массы-энергии как в микро, так и в мега масштабах²⁴.

Следовательно, ответ на 1-й вопрос, по сути, сводится к ответу на вопрос об однородности и изотропности распределения массы-энергии во вселенной.

На уровне микро масштабах об однородности и изотропности распределения масс не может быть и речи, т.к. всем хорошо известно, каким сложным образом движутся планеты вокруг Солнца и спутники планет вокруг них. Недавно в ряде работ с участием автора выяснилось²⁵, что *это движение оказывает довольно заметное влияние* на движение географического и магнитного полюсов Земли [12], на конфигурацию магнитного поля Земли, на частоту землетрясений на Земле, а также на поведение людей и их социальный статус.

Длительное время считалось, что вселенная однородна и изотропна в мега масштабах (*космологический принцип*²⁶), однако в последнее время появились данные о том, что, *по-видимому*, и это тоже не так. В этой связи необходимо упомянуть работы по реликтовому излучению²⁷, великому аттрактору²⁸ и сенсационные исследования профессора Майкла Лонге²⁹ (США) с коллегами по ассиметрии распределения и ориентации спиральных галактик в метagalактике³⁰ (рисунок б).

²² См.: например: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Общая%20теория%20относительности>

²³ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Эйнштейн,%20Альберт>

²⁴ Микро масштабом вселенной можно считать уровень звездных систем, например Солнечной системы, мега масштабами – структуру метagalактики.

²⁵ См.: <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=495>

²⁶ См.: http://ru.wikipedia.org/wiki/Космологический_принцип

²⁷ *Анизотропия* реликтового излучения: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Реликтовое%20излучение>

²⁸ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Великий%20аттрактор>

²⁹ http://www.lsa.umich.edu/physics/directory/emeritus/ci.longomichael_ci.detail

³⁰ См.: <http://www.modcos.com/news.php?id=115>

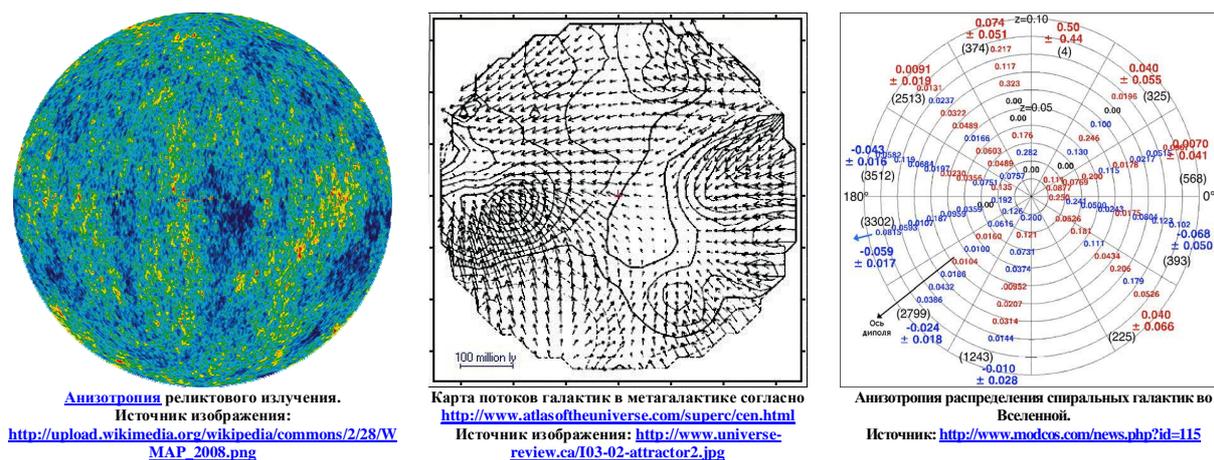


Рисунок 6. Ассиметрия вселенной в масштабах метагалактики

Как мы видим из этих примеров *реальная* структура метагалактики весьма мало напоминает однородную и изотропную и может быть принята такую только в очень грубом приближении. Таким же грубым приближением к реальности являются и теории, основанные на этом предположении. Это и есть ответ на 1-й вопрос, который делает актуальным поиск ответа и на 2-й вопрос³¹, который, по-видимому, будет найден в более общих и более точных физических теориях, чем современные.

Таким образом, есть основания полагать, что даже в физике принцип относительности имеет границы применимости, *но на предметные области других наук он не распространяется* и поэтому в [10] и в данной работе был предложен **обобщенный принцип относительности**: «Законы природы открытые в одном месте и в определенное время действуют и в других местах и в другое время», *поэтому по виду законов природы в лаборатории невозможно определить в каком месте (пространства) и в каком времени эта лаборатория находится, т.е. по виду законов природы внутри лаборатории невозможно локализовать ее в пространстве-времени.*

В частности, никакими экспериментами *внутри* полностью замкнутой виртуальной реальности (сном) невозможно определить, является эта реальность виртуальной (сном) или реальной. Но это можно установить, *выйдя за пределы этой реальности*, например, сняв амуницию виртуальной реальности или просто проснувшись. Поэтому *внутри* нашей реальности нет критериев, позволяющих обоснованно утверждать, что наша реальность не является виртуальной (сном). Из этого можно сделать очень важный вывод о том, что *для того, чтобы давать истинные результаты способ определения степени истинности реальности сам должен быть истинным, т.е. он сам не должен относиться к той области реальности, которая с помощью него оценивается.* Например, если мы хотим определить спим мы или нет, то сам способ, который мы используем для этого, не

³¹ «О границах применения принципа относительности Галилея-Эйнштейна и законов сохранения»

должен нам сниться, т.к. иначе он может дать результаты, которые тоже нам снятся, и, соответственно, могут быть какими угодно, в том числе и «подтверждающими», что мы не спим, и тем самым могут ввести нас в заблуждение [15, 16, 17]. Проще говоря нам может присниться, что мы бодрствуем и мы во сне сами можем придерживаться этого мнения, но от этого сон не станет бодрствованием. Из этого примера следует, по крайней мере, два вывода:

1. Принцип относительности описывает не саму реальность, а то, какой она осознается в замкнутой лаборатории, но как только мы связываем каналом передачи информации как минимум две до этого замкнутые лаборатории, то сразу очевидным, что этот принцип нарушается.

2. Наша «истинная» реальность имеет очень много общего с виртуальной реальностью, по крайней мере, внутри нее у нас нет способа и критериев это опровергнуть. Этот вывод усиливается и другими доводами, в частности наличием в нашем мире квантовых явлений³² и релятивистских эффектов, а также различных аномальных явлений и их сходством с современными средствами трехмерной визуализации.

И не смотря на то, что на этом принципе, как было показано выше, по существу основана современная наука он, *строго говоря*, не верен, т.е. выполняются лишь в первом весьма грубом приближении. Для всех наук, изучающих реальную область, кроме физики, это совершенно очевидно, и фактически современная наука (кроме физики) *основана не только на этом принципе, но и на исследовании зависимости степени его несоблюдения от локализации лаборатории в пространстве-времени и масштабов изучаемых явлений, т.е. исследование региональных особенностей и их динамики*³³. Для обоснования этого положения достаточно привести несколько примеров из области социально-экономических, политологических и психологических исследований.

Пример-1: исследование *региональных особенностей* и их динамики в экономике, социологии, политологии.

Лауреат Нобелевской премии в области экономики, основатель математической экономики Василий Васильевич Леонтьев³⁴ разработал экономико-математические модели межотраслевого баланса. Однако эти модели с различной степенью адекватности описывали *реальную* экономику разных стран, а иногда вообще ее не описывали, например тех, в которых «экономика должна быть экономной». Можно было бы построить карту мира с наглядной визуализацией на ней степени адекватности этих моделей в динамике. Даже очень хорошие модели, заслужившие наивысшую

³² В т.ч. действием принципа неопределенности Гейзенберга

³³ Такое исследование (зависимости степени *несоблюдения* принципа относительности и законов сохранения от локализации лаборатории в пространстве-времени) было бы интересно провести и в физике.

³⁴ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Леонтьев,%20Василий%20Васильевич>

оценку, имеют свои ограниченные в пространстве и времени области адекватности.

Социологи и политологи изучают общественное мнение по различными вопросам в разрезе по регионам и различным группам населения и также это делают в динамике.

Пример-2: «зарабатывание» на разнице в курсах ценных бумаг.

Приведем замечательную цитату из работы академика А.Б.Мигдала [13]: «... как неравномерность хода времени приводит к несохранению энергии. Допустим, что неравномерность хода времени проявилась в том, что начиная с некоторого момента стала периодически изменяться постоянная всемирного тяготения. Тогда легко построить машину, которая будет получать энергию из ничего, – "вечный двигатель". Для этого нужно поднимать грузы в период слабого тяготения и превращать приобретенную ими энергию в кинетическую, сбрасывая грузы в период увеличения тяготения³⁵. Видите, неравномерность хода времени, то есть изменение относительного ритма разных процессов, приводит к нарушению закона сохранения энергии». Не правда ли, это весьма и весьма напоминает то, чем занимаются спекулянты на рынке ценных бумаг: *покупают товар, когда цена на него падает до локального минимума и прогнозируется ее повышение, и продают, когда она достигает локального максимумам и ожидается ее понижение*. Чем не нарушение закона сохранения энергии в экономике и не «экономический вечный двигатель»? Более того, *спекулянты ведут себя так, как будто стараются нарушить закон сохранения энергии в максимально возможной степени [6]*, т.к. нет никакого экономического смысла в том, чтобы покупать и продавать ценные бумаги по одной и той цене и чем выше *разница* в цене приобретения и продажи, тем выше прибыль. Действия таможенников также приводят к нарушению закона сохранения энергии в экономике, по своему содержанию по сути ничем не отличаясь от действий «демонов Максвелла»³⁶, только на макроуровне. Аналогично и в *пространстве* товары перемещают из тех мест, где они дешевле (обычно там они и производятся), туда, где они дороже, т.е. *логистические потоки информационные, финансовые, энергетические и материальные, направлены таким образом, чтобы в максимально возможной степени нарушать закон сохранения импульса в экономике [6]*. Ясно, что нет никакого экономического смысла возить товары по путям, по которым их цена не меняется, а именно для этих областей экономического пространства выполняется закон сохранения импульса по данному

³⁵ См.: <http://physiclib.ru/books/item/f00/s00/z0000024/st014.shtml>. Курсив мой, авт.

³⁶ См.: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Демон%20Максвелла> и <http://etherdynamic.ru/physics/82-yaпонcam-udalos-sozdat-demon-maksvela.html>

виду товаров. Таким образом, вечный двигатель, невозможный в физике, вполне возможен в экономике из-за ярко-выраженного нарушения обобщенного принципа относительности, а также законов сохранения энергии и импульса в экономике. При этом финансовые и материальные потоки направлены в область максимального скорости изменения градиента или разности потенциалов что, по-видимому, связано с каким-то обобщением принципа наименьшего действия [6].

Пример-3: локализация и адаптация психологических тестов. В управлении персоналом часто используются психологические тесты. Как правило, их скачивают в Интернете или находят на пиратских компакт-дисках. При этом обычно не задаются вопросами о том, насколько корректно применять эти тесты, например, в ООО «Сигнал» в России 2012 года, если они были разработаны в Стэнфордском университете США в 1970 году, т.е. ведут себя так, как будто *предполагают, что для них соблюдается обобщенный принцип относительности*³⁷. Между тем даже в США они уже подвергались *многократной адаптации*, т.к. *с течением времени закономерности в предметной области изменяются и там это прекрасно осознают и отслеживают в своих психологических измерительных инструментах эти изменения*. Даже в США они локализуются для применения в других штатах, т.к. *закономерности в предметной области изменяются в пространстве, и там это прекрасно осознают и отслеживают в своих психологических измерительных инструментах эти изменения*. Между тем в России есть необходимые для этого технологии, но они не востребованы³⁸.

Таким образом, *свойства социально-экономического, политического и психологического пространства-времени разные в разных местах и весьма динамично изменяются с течением физического времени*. Если бы для них существовал какой-то обобщенный вариант теоремы Нётер, то можно было бы сделать предположение о несоблюдении в этих предметных областях законов сохранения. Может быть даже, что это играет существенную роль в прогрессе человеческого общества, экспоненциальном росте объемов знаний в обществе, капиталов и технологического потенциала. Известно, что преобразование Лапласа³⁹ и особенно дискретное z-преобразование Лорана⁴⁰, описывают процесс затухания последствий от некоторой причины и в соответствующие интегралы и суммы входит экспоненциальный коэффициент затухания, т.к. если функция будут затухать медленнее, чем по экспоненте, то получается *расходящийся* интеграл (сумма), т.е. получается, что описываемая им причина будет иметь *беско-*

³⁷ Чаще те, кто это делает, не имеют об этом ни малейшего представления, т.е. занимается *профанацией*.

³⁸ <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>

³⁹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Преобразование%20Лапласа>

⁴⁰ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Z-преобразование>

нечные последствия. Похоже, что общество как раз и является подобным бесконечным последствием, своего рода «эффектом бабочки»⁴¹.

Но что делать, если обнаруживаются новые факты, которые неадекватно описываются или вообще не описываются существующей теорией или моделью? В этом случае эту теорию или модель необходимо развивать с учетом этих новых фактов (а не отрицать само существование этих «неудобных» фактов, что конечно проще), развивать так, чтобы эти новые факты тоже стали описываться теорией адекватно, так же как и все факты, известные до этого (*принцип соответствия*⁴²). В терминологии, принятой АСК-анализе это означает следующее [10] (рисунок 7):

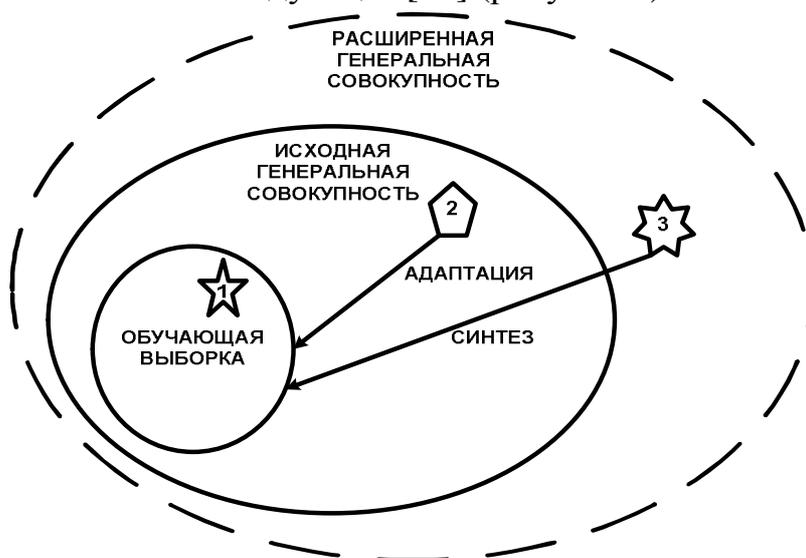


Рисунок 7. К пояснению смысла понятий: «адаптация и пересинтез модели»

Новый факт («3» на рисунке 7) не описывается (не идентифицируется) адекватно существующей моделью, т.к. по-видимому, не относится к генеральной совокупности или периоду эргодичности, по отношению к которым репрезентативна обучающая выборка, на основе которой создана данная модель. В этом случае, для того чтобы восстановить адекватность модели, необходимо добавить данный факт к обучающей выборке (для чего обычно необходимо расширить классификационные и описательные шкалы градации) и произвести пересинтез модели. Это обеспечивает *качественное* изменение смысла признаков и образов классов, в результате чего предметная область адекватности модели, т.е. генеральная совокупность и период эргодичности расширяются.

Рассмотрим численный пример, демонстрирующий возможность выявления причинно-следственных связей между внутренней иерархиче-

⁴¹ <http://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект%20бабочки>

⁴² <http://ru.wikipedia.org/wiki/Принцип%20соответствия>

ской структурой системы и ее внешне наблюдаемыми на макроуровне системными или эмерджентными свойствами с применением технологий автоматизированного системно-когнитивного анализа и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос». Рассмотрим также пример неадекватной идентификации объектов, не входящих в генеральную совокупность и пересинтез модели, позволяющий восстановить ее адекватность на более широкой генеральной совокупности (рисунок 7). Отметим, что автоматическое создание классификационных и описательных шкал и градаций для рассматриваемых ниже моделей при различных их параметрах обеспечивается стандартным режимом системы «Эйдос» _159, который *полностью автоматизирует этап формализации предметной области АСК-анализа* и включен в систему для учебных целей⁴³.

В качестве *базовых элементов* в полном соответствии с рисунком 2 будем рассматривать *простые числа* из диапазона от 2 до 7 включительно, а в качестве подсистем различных уровней иерархии – составные числа, образующиеся путем различных сочетаний базовых в качестве сомножителей по 1, 2, 3 и 4. Из этих базовых элементов путем их использования в качестве сомножителей во всех возможных различных сочетаниях по 1, 2, 3 и 4 образуются составные (сложные) числа, детерминирующие эмерджентные свойства числовых подсистем и системы в целом, в частности 0-го уровня эмерджентности, которому соответствуют свойства самих базовых элементов. Поэтому в качестве классов естественно рассматривать, как базовые элементы, так и составные числа (таблица 1).

Таблица 1 – СПРАВОЧНИК КЛАССОВ

KOD	NAME
1	2 = 2
2	3 = 3
3	5 = 5
4	7 = 7
5	6 = 2 * 3
6	10 = 2 * 5
7	14 = 2 * 7
8	15 = 3 * 5
9	21 = 3 * 7
10	35 = 5 * 7
11	30 = 2 * 3 * 5
12	42 = 2 * 3 * 7
13	70 = 2 * 5 * 7
14	105 = 3 * 5 * 7
15	210 = 2 * 3 * 5 * 7

Если в качестве признаков также как и в качестве классов рассматривать свойства подсистем, то задача становится тривиальной, т.к. при этом справочники признаков и классов полностью *совпадают*. В этом случае

⁴³ Отметим, что модуль _159 системы «Эйдос» поддерживает формализацию предметной области и для этого случая, как и многих других, но в данной статье мы соответствующие модели рассматривать не будем.

чтобы сформировать модель мы в качестве *исходных* данных для нее должны предварительно выявить и указать связи между базовыми элементами и подсистемами, которые на рисунке 8 изображены в виде линий, соединяющих базовые элементы с составными числами, образованными на их основе. Но большой научный и практический интерес представляет задача *выявления* силы и направления этих связей между базовыми элементами и эмерджентными свойствами системы в целом. Поэтому в качестве признаков будем рассматривать только базовые элементы (таблица 2):

Таблица 2 – СПРАВОЧНИК ПРИЗНАКОВ

KOD	NAME
1	2
2	3
3	5
4	7

В качестве объектов обучающей выборки рассматриваются числовые подсистемы различных уровней иерархии, приведенные на рисунке 8, закодированные с использованием таблиц 1 и 2 (таблица 3):

Таблица 3 – ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА

KOD	NAME	Уровень эмерджентности	Коды классов															Коды признаков						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4			
1	Obj_1	Нулевой	1																	1				
2	Obj_2		2																		2			
3	Obj_3		3																		3			
4	Obj_4		4																		4			
5	Obj_5	Первый	1	2	5															1	2			
6	Obj_6		1	3	6															1	3			
7	Obj_7		1	4	7															1	4			
8	Obj_8		2	3	8															2	3			
9	Obj_9		2	4	9															2	4			
10	Obj_10		3	4	10															3	4			
11	Obj_11	Второй	1	2	3	5	6	8	11										1	2	3			
12	Obj_12		1	2	4	5	7	9	12										1	2	4			
13	Obj_13		1	3	4	6	7	10	13										1	3	4			
14	Obj_14		2	3	4	8	9	10	14										2	3	4			
15	Obj_15	Третий	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4			

На основе обучающей выборки посчитана матрица абсолютных частот (матрица сопряженности) (таблица 4), на основе которой с использованием четырех частных критериев знаний (таблица 5) получены четыре базы знаний, обеспечивающие различную среднюю достоверность с двумя интегральными критериями (таблица 6):

Таблица 4 – МАТРИЦА АБСОЛЮТНЫХ ЧАСТОТ (МАТРИЦА СОПРЯЖЕННОСТИ)

Признаки		Классы (код, наименование, уровень эмерджентности)														
Код	Наимен.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2	3	5	7	2*3	2*5	2*7	3*5	3*7	5*7	2*3*5	2*3*7	2*5*7	3*5*7	2*3*5*7
		0-й уровень эмерджентности					1-й уровень эмерджентности					2-й уровень эмерджентности			3-й УЭ	
1	2	8	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	1	1
2	3	4	8	4	4	4	2	2	4	4	2	2	2	1	2	1
3	5	4	4	8	4	2	4	2	4	2	4	2	1	2	2	1
4	7	4	4	4	8	2	2	4	2	4	4	1	2	2	2	1

Таблица 5 – РАЗЛИЧНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ЧАСТНЫХ КРИТЕРИЕВ ЗНАНИЙ СОГЛАСНО [11]

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	через относительные частоты	через абсолютные частоты
СИМ-1, частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу (предпоследняя строка таблицы 2)	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
СИМ-2, частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу (последняя строка таблицы 2)	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
СИМ-3, частный критерий: разности между фактическими и теоретически ожидаемыми по критерию хи-квадрат абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_iN_j}{N}$
СИМ-4, частный критерий: ROI - Return On Investment	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
СИМ-5, частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

Смысл и поведение функций, приведенных в таблице 5, очень сходен, что очевидно из их математической формы [1, 10, 11].

Таблица 6 – ДОСТОВЕРНОСТЬ МОДЕЛЕЙ С РАЗНЫМИ КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ КРИТЕРИЯМИ ЗНАНИЙ И РАЗНЫМИ ИНТЕГРАЛЬНЫМИ КРИТЕРИЯМИ [10, 11]

Наименование модели	Вид интегрального критерия	Расчет проведен		Достоверность		
		Дата	Идентификации	Идентификации	Идентификации	Средняя
СИМ-4	Корреляция	02-01-12	09:40:57	100,000	63,306	81,653
	Свертка	02-01-12	09:41:00	100,000	63,306	81,653
СИМ-3	Корреляция	02-01-12	09:41:04	100,000	63,306	81,653
	Свертка	02-01-12	09:41:06	100,000	63,306	81,653
СИМ-2	Корреляция	02-01-12	09:41:10	100,000	63,306	81,653
	Свертка	02-01-12	09:41:12	33,858	75,403	54,631
СИМ-1	Корреляция	02-01-12	09:41:17	100,000	63,306	81,653
	Свертка	02-01-12	09:41:20	100,000	77,823	88,911

Из таблицы 6 видно, что наилучшей достоверностью по двум видам ошибок обладает модель СИМ-1 с интегральным критерием: «сумма информации» (свертка), поэтому база знаний этой модели и приводится в таблице 7:

Таблица 7 – МАТРИЦА ЗНАНИЙ СИМ-1 (Биты × 1000)

Признаки		Классы (код, наименование, уровень эмерджентности)														
Код	Наимен.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		2	3	5	7	2*3	2*5	2*7	3*5	3*7	5*7	2*3*5	2*3*7	2*5*7	3*5*7	2*3*5*7
		0-й уровень эмерджентности					1-й уровень эмерджентности					2-й уровень эмерджентности			3-й УЭ	
1	2	352	-167	-167	-167	216	216	216	-304	-304	-304	100	100	100	-419	0
2	3	-167	352	-167	-167	216	-304	-304	216	216	-304	100	100	-419	100	0
3	5	-167	-167	352	-167	-304	216	-304	216	-304	216	100	-419	100	100	0
4	7	-167	-167	-167	352	-304	-304	216	-304	216	216	-419	100	100	100	0

База знаний, приведенная в таблице 7, является решением проблемы поставленной в работе, т.к. *отражает силу и направление влияния под-*

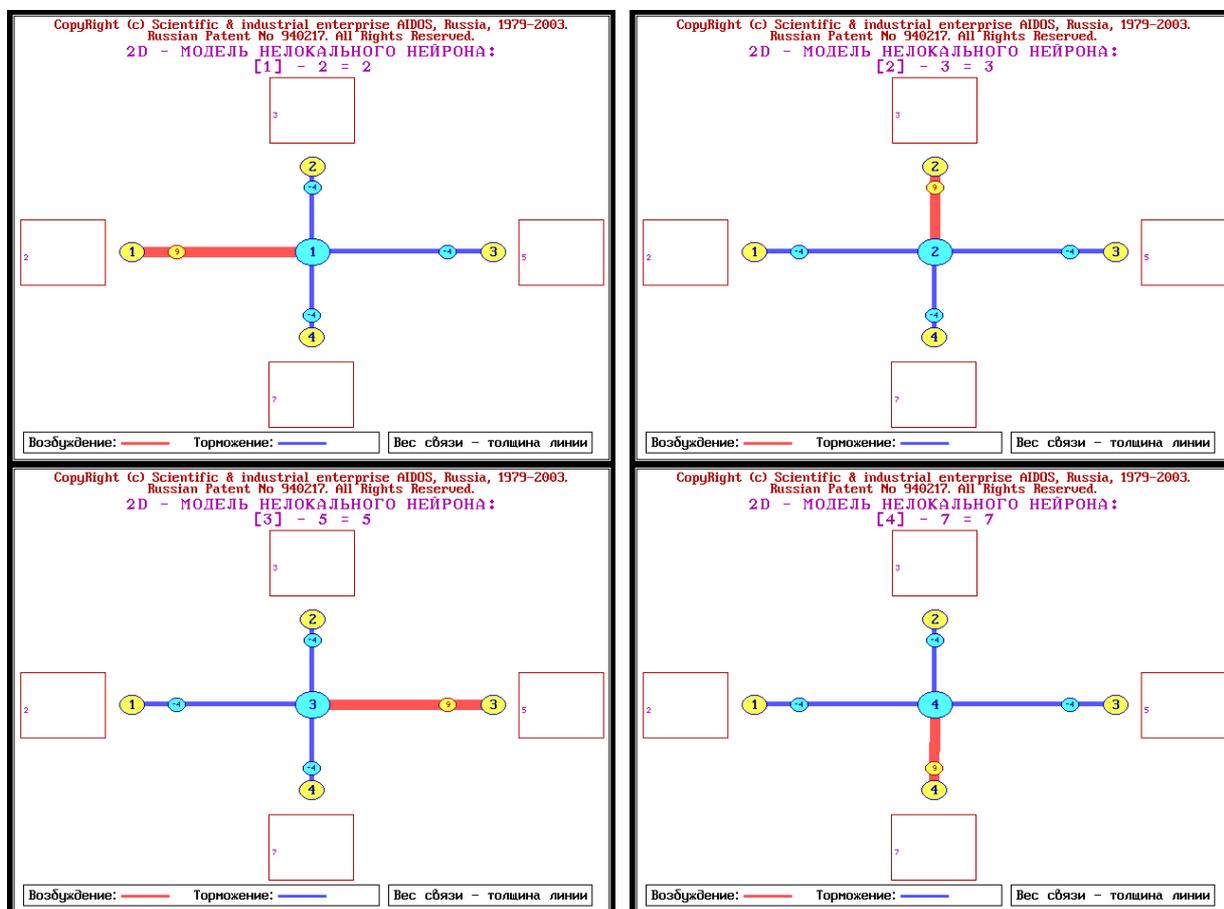
систем различных уровней иерархии на эмерджентные свойства системы в целом, причем в единой сопоставимой форме в единицах измерения знаний: миллибитах. Знак чисел в таблице 7 показывает направление связи, а величина модуля – силу связи между признаками и классами.

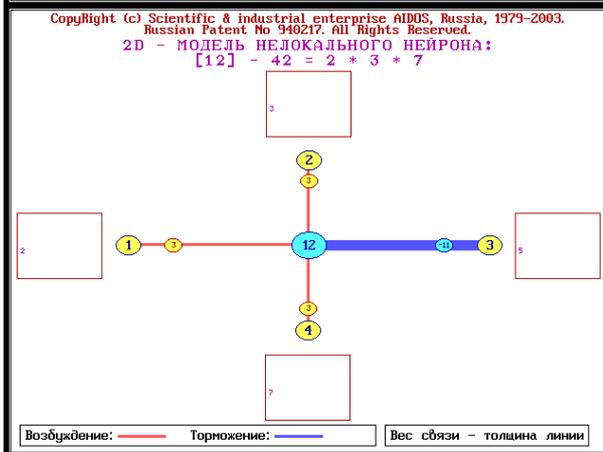
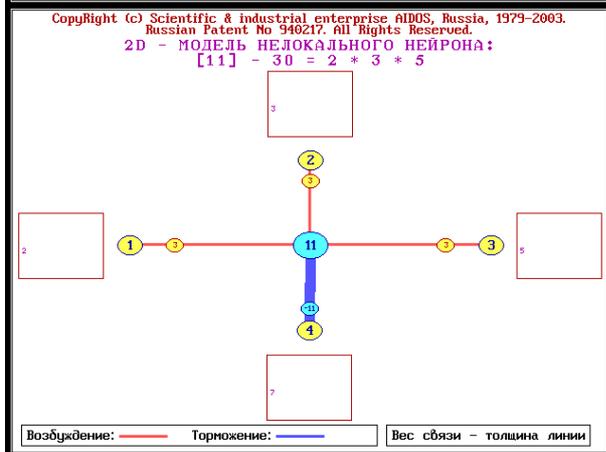
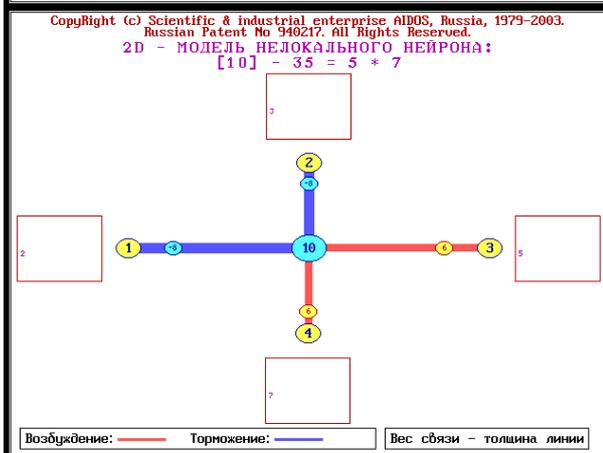
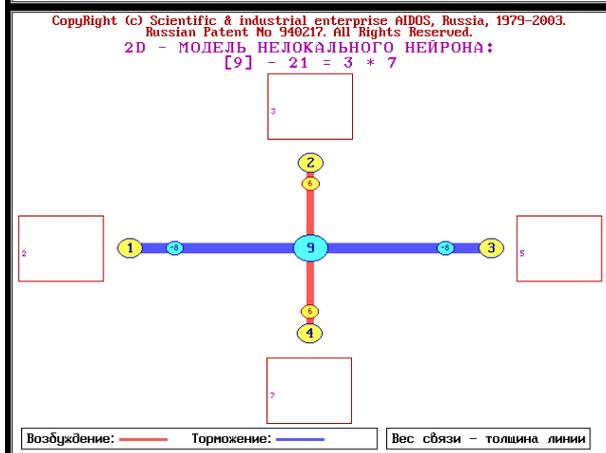
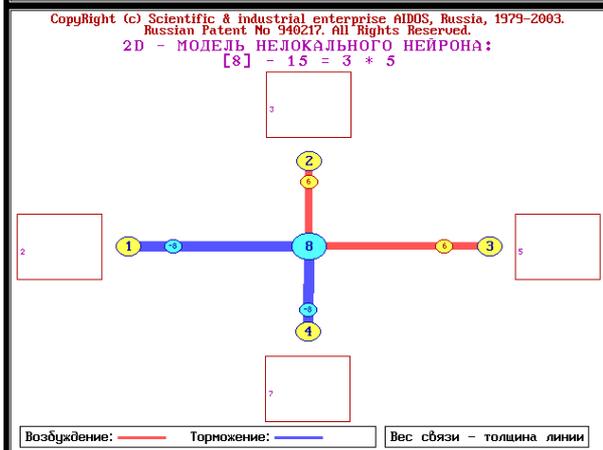
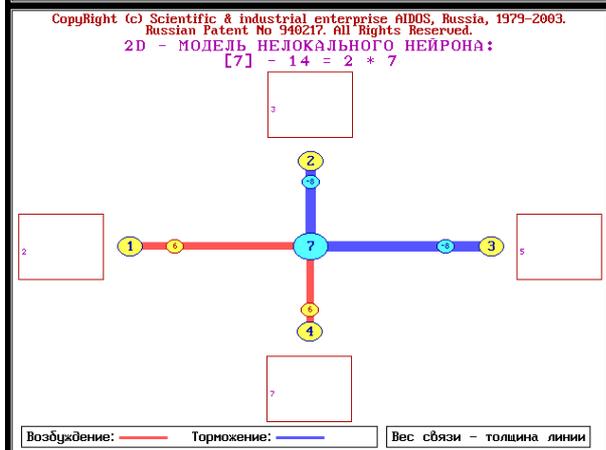
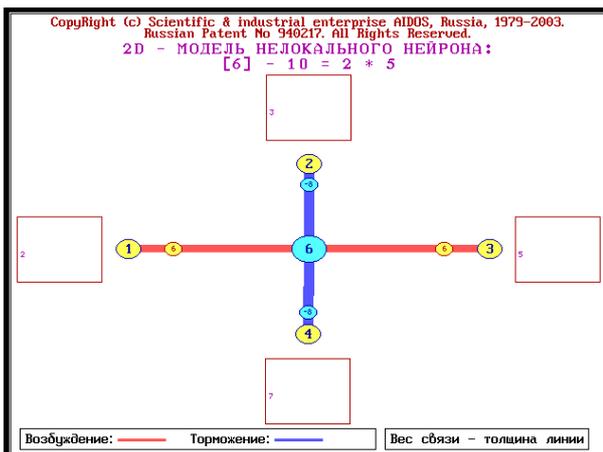
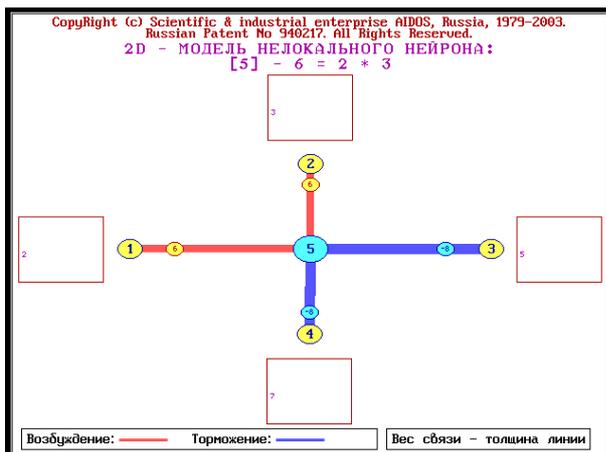
При малой размерности модели таблица 7 может быть непосредственно обозримой и понятной для исследователя, поэтому в данной работе и приведена подобная модель. Однако при больших размерностях модели необходимы специальные режимы, позволяющие делать различные выборки из базы знаний и представлять информацию в удобной и наглядной форме. Для этой цели в системе «Эйдос» есть ряд режимов, позволяющих выводить информационные портреты классов и признаков, а также когнитивные функции (функции влияния) и другие текстовые и графические формы (которых более 110 различных видов).

Ниже кратко рассмотрим некоторые из них.

Нелокальные нейроны и интерпретируемые нейронные сети позволяют в наглядной графической форме отобразить систему детерминации будущих состояний [14].

Нелокальный нейрон представляет собой будущее состояние объекта управления с изображением наиболее сильно влияющих на него факторов с указанием силы и направления (способствует-препятствует) их влияния (рисунок 8):





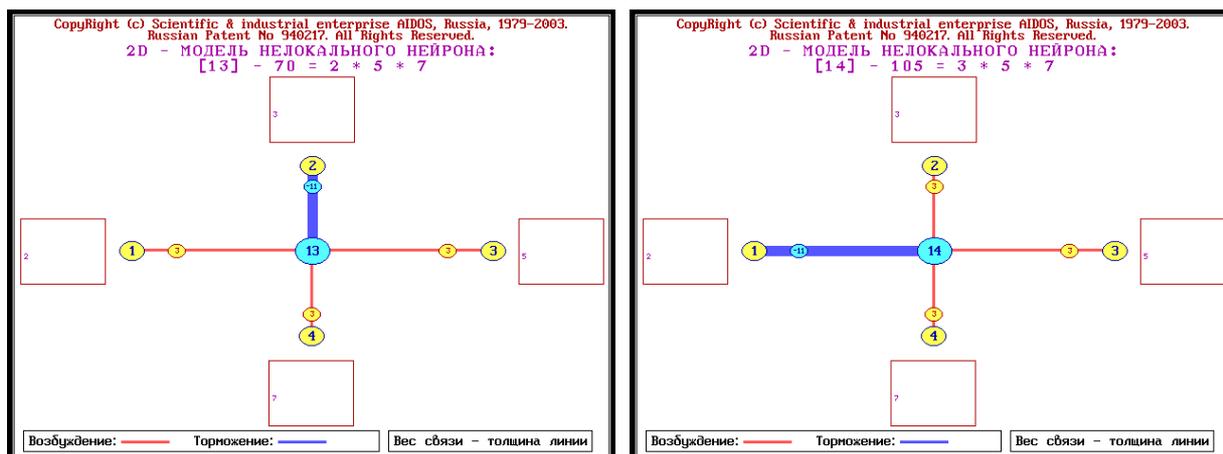


Рисунок 8. Отображение базы знаний (таблица 7) в форме нелокальных нейронов [14]

Нелокальная нейронная сеть представляет собой совокупность взаимосвязанных нейронов. В классических нейронных сетях связь между нейронами осуществляется по входным и выходным сигналам, а в нелокальных нейронных сетях – на основе общего информационного поля, реализуемого семантической информационной моделью. Система "Эйдос" обеспечивает построение любого подмножества многослойной нейронной сети с заданными или выбираемыми по заданным критериям рецепторами и нейронами, связанными друг с другом связями любого уровня опосредованности (рисунок 9):

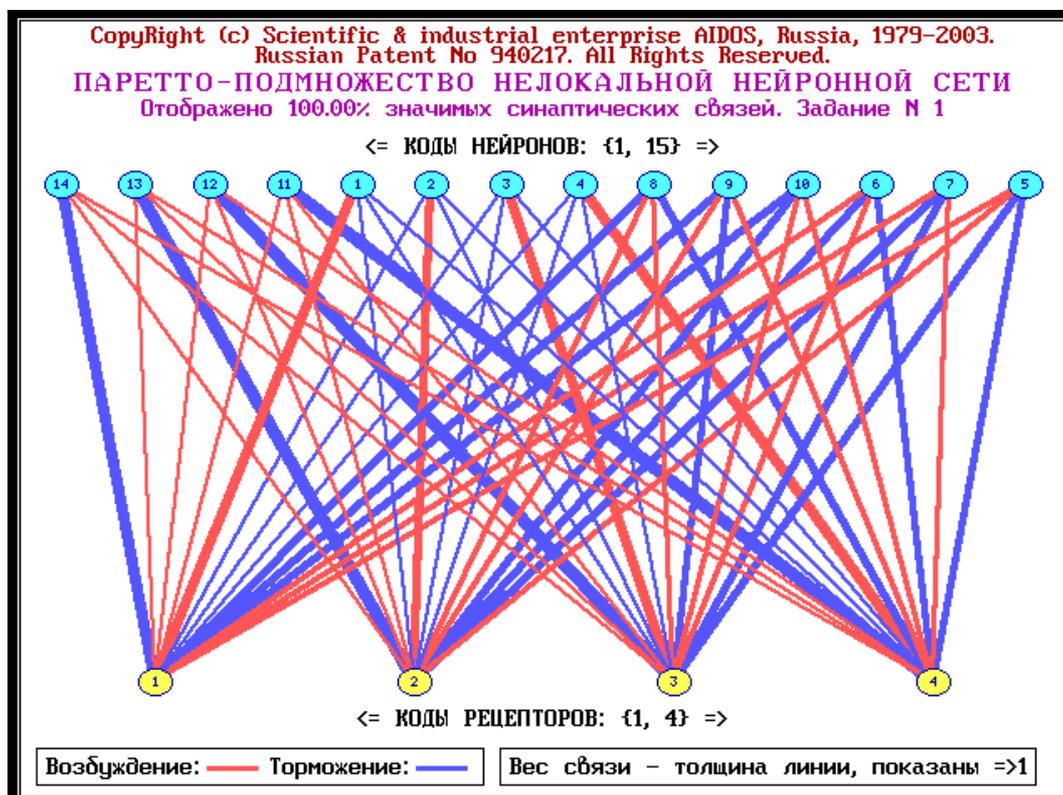


Рисунок 9. Отображение базы знаний (таблица 7) в форме Парето-подмножества нелокальной нейронной сети [14]

С использованием знаний о силе и направлении связей между составом и иерархической структурой системы, с одной стороны, и ее эмерджентными свойствами как целого, с другой стороны, приведенными в таблице 7 и рисунках 8, 9 можно изобразить иерархическую структуру системы, приведенную на рисунке 2, с графическим указанием силы и направления связи между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в форме толщины и цвета линий (рисунок 10):

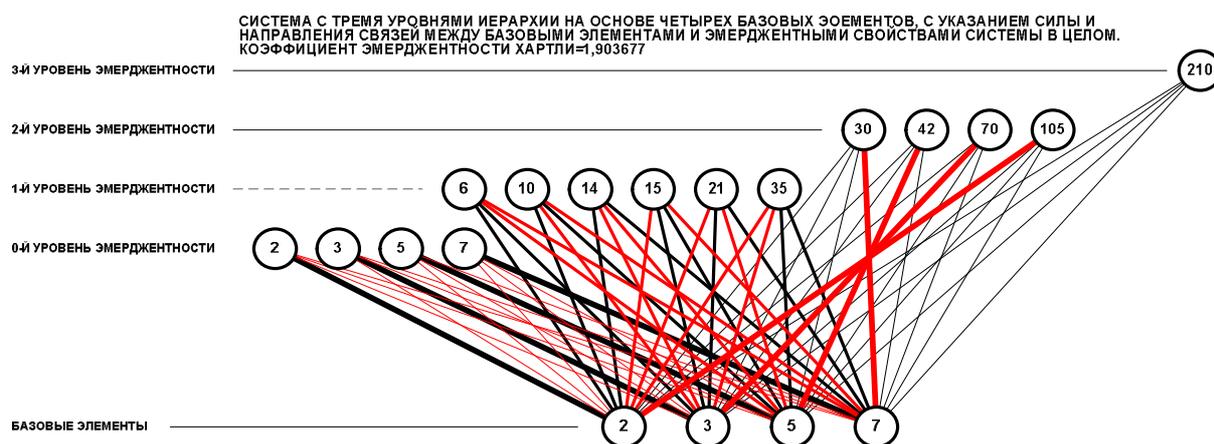


Рисунок 10. Пример системы сложных чисел, основанных на 4 простых числах с указанием силы и направления связи между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в форме толщины и цвета линий

На рисунке 10 толщина линии пропорциональна силе связи, черный цвет обозначает положительную связь, а красный – отрицательную. Из сравнения рисунков 9 и 10 можно сделать обоснованный вывод том, что АСК-анализ и его программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос» обеспечивают выявление силы и направления связей между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом на основе эмпирических данных и отображение внутренней иерархической структуры конкретной системы в наглядной графической форме нелокальной нейронной сети.

Анализ приведенного численного примера и нейронной сети на рисунке 10 дает нам основания сформулировать гипотезу «О зависимости силы и направления связей связи между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом от уровня иерархии в системе»: **чем выше уровень иерархии в системе, тем слабее положительные и сильнее отрицательные связи между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом**, т.к., возможно, это является конкретным проявлением соответствующей общей закономерности.

Информационный портрет класса – это список факторов, ранжированных в порядке убывания силы их влияния на переход объекта управле-

ния в состоянии, 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. Пример информационного портрета класса приведен в таблице 8:

Таблица 8 – ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ КЛАССА:
код: 11, наименование: 30=2*3*5

№	Признак		Количество информации	
	Код	Наименование	В Битах	В % от теоретически максимально возможного
1	1	2	0,10004	2,56
2	2	3	0,10004	2,56
3	3	5	0,10004	2,56
4	4	7	-0,41925	-10,73

Таким образом, информационный портрет класса содержит ту же информацию, что и нелокальный нейрон, но в форме таблицы.

Информационный (семантический) портрет фактора – это список классов, ранжированный в порядке убывания силы влияния данного фактора на переход объекта управления в состояния, соответствующие данным классам. Информационный портрет фактора называется также его *семантическим портретом*, т.к. в соответствии с концепцией смысла системно-когнитивного анализа, являющейся обобщением концепции смысла Шенка-Абельсона, *смысл фактора состоит в том, какие будущие состояния объекта управления он детерминирует*. Сначала в этом списке идут состояния объекта управления, на переход в которые данный фактор оказывает наибольшее влияние, затем состояния, на которые данный фак-

тор 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. Пример информационного портрета признака (значения фактора) приведен в таблице 9:

**Таблица 9 – ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ ПРИЗНАКА:
код: 11, наименование: 30=2*3*5**

№	Класс		Количество информации	
	Код	Наименование	В Битах	В % от теоретически максимально возможного
1	1	2 = 2	0,35211	9,01
2	5	6 = 2 * 3	0,21552	5,52
3	6	10 = 2 * 5	0,21552	5,52
4	7	14 = 2 * 7	0,21552	5,52
5	11	30 = 2 * 3 * 5	0,10004	2,56
6	12	42 = 2 * 3 * 7	0,10004	2,56
7	13	70 = 2 * 5 * 7	0,10004	2,56
8	15	210 = 2 * 3 * 5 * 7	0,00000	0,00
9	2	3 = 3	-0,16717	-4,28
10	3	5 = 5	-0,16717	-4,28
11	4	7 = 7	-0,16717	-4,28
12	8	15 = 3 * 5	-0,30376	-7,77
13	9	21 = 3 * 7	-0,30376	-7,77
14	10	35 = 5 * 7	-0,30376	-7,77
15	14	105 = 3 * 5 * 7	-0,41925	-10,73

Когнитивные функции (функции влияния) [12] представляет собой график зависимости вероятностей перехода объекта управления в будущие состояния под влиянием различных значений некоторого фактора. Если взять несколько информационных портретов факторов, соответствующих градациям одной описательной шкалы, отфильтровать их по диапазону градаций некоторой классификационной шкалы и взять из каждого информационного портрета по одному состоянию, на переход в которое объекта управления данная градация фактора оказывает наибольшее влияние, то мы и получим зависимость, отражающую вероятность перехода объекта управления в будущие состояния под влиянием различных значений некоторого фактора, т.е. функцию влияния. Функции влияния являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, предоставляемым системой "Эйдос". Необходимо отметить, что на вид функций влияния математической моделью СК-анализа не накладывается никаких ограничений, в частности, они могут быть и *нелинейные*. Пример нередуцированной когнитивной функции, генерируемой режимом _54 системы «Эйдос», приведен на рисунке 11:

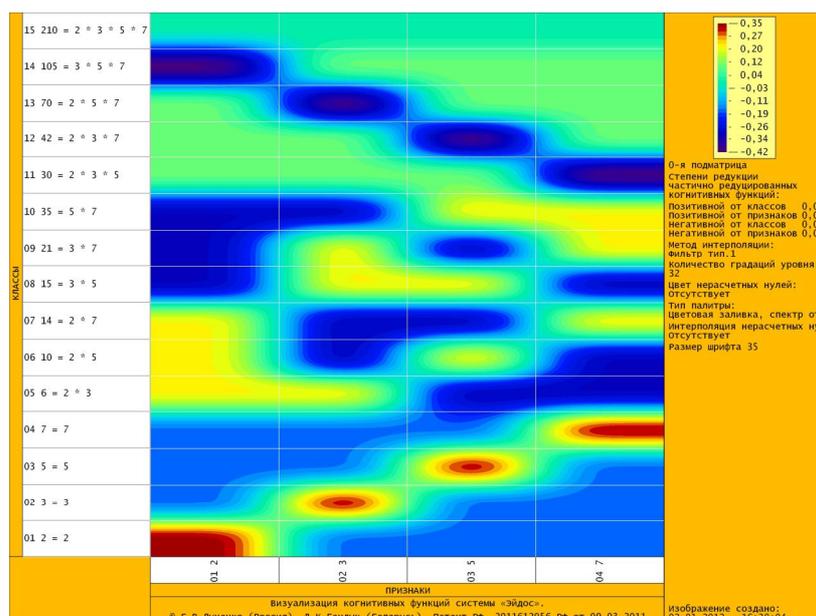


Рисунок 11. Пример нередуцированной когнитивной функции

Классические когнитивные карты являются графической формой представления фрагментов СИМ, объединяющей достоинства таких форм, как нейроны и семантические сети факторов. Классическая когнитивная карта представляет собой нейрон, соответствующий некоторому состоянию объекта управления с рецепторами, каждый из которых соответствует фактору в определенной степени способствующему или препятствующему переходу объекта в это состояние. Рецепторы соединены связями как с нейроном, так и друг с другом. Связи рецепторов с нейроном отражают силу и направление влияния факторов, а связи рецепторов друг с другом, отображаемые в форме семантической сети факторов, – сходство и различие между рецепторами по характеру их влияния на объект управления. Таким образом, классическая когнитивная карта представляет собой нейрон с семантической сетью факторов, изображенные на одной диаграмме.

Обобщенные когнитивные карты позволяют объединить в одной графической форме семантические сети классов и факторов, объединенных нейронной сетью. Если объединить несколько классических когнитивных карт на одной диаграмме и изобразить на ней также связи между нейронами в форме семантической сети классов, то получим обобщенную (интегральную) когнитивную карту. Система "Эйдос" обеспечивает построение любого подмножества многоуровневой семантической информационной модели с заданными или выбираемыми по заданным критериям рецепторами и нейронами, связанными друг с другом связями любого уровня опосредованности в форме классических и обобщенных когнитивных карт. В частности, в системе полуавтоматически формируется задание на генерацию подмножеств обобщенной когнитивной карты. Пример интегральной когнитивной карты для построенной модели приведен на рисунке 12:

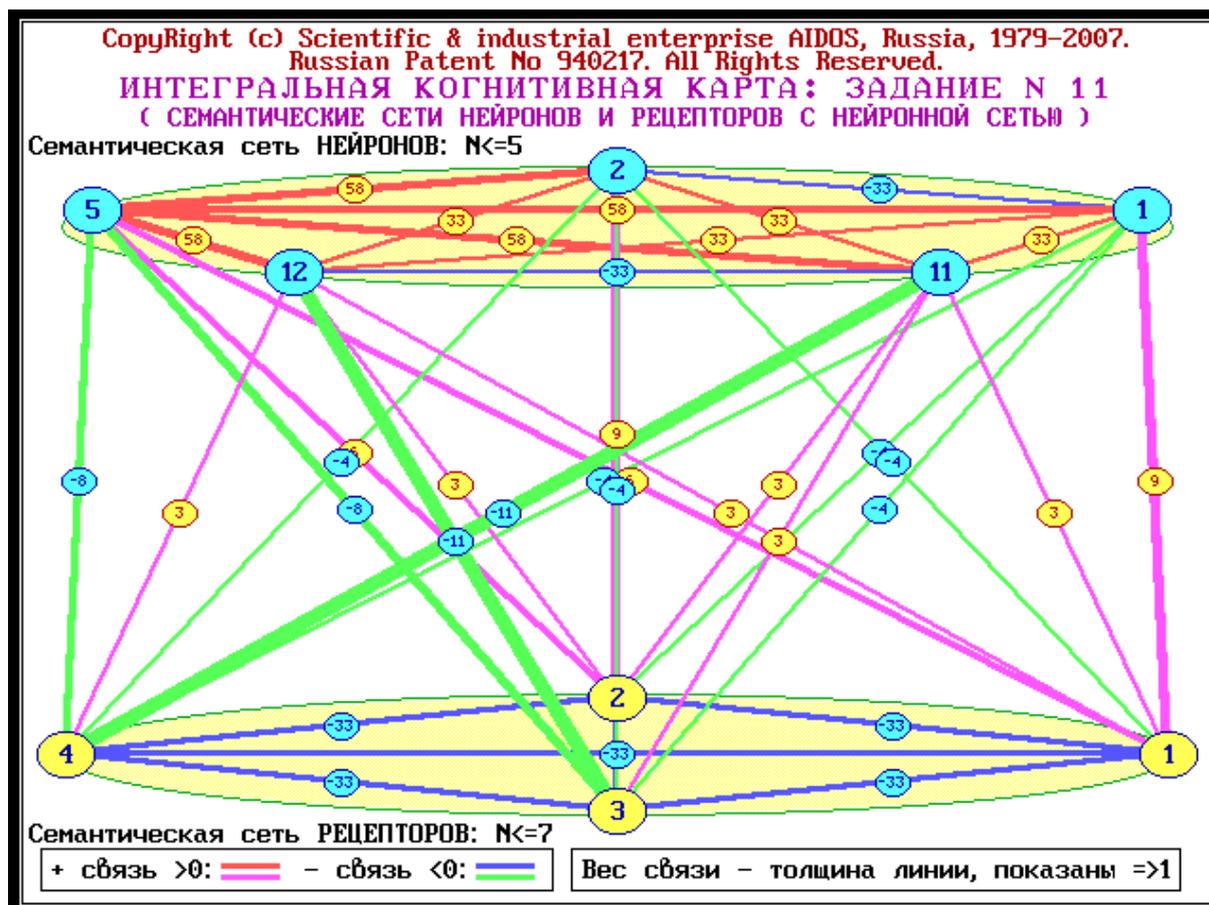


Рисунок 12. Пример интегральной когнитивной карты для построенной модели

Матрицы сходства классов по системе их детерминации представлена в таблице 10:

Таблица 10 – МАТРИЦА СХОДСТВА КЛАССОВ ПО СИСТЕМЕ ИХ ДЕТЕРМИНАЦИИ

KOD	NAME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2 = 2	100	-33	-33	-33	58	58	58	-58	-58	-58	33	33	33	-100	0
2	3 = 3	-33	100	-33	-33	58	-58	58	58	-58	-58	33	33	-100	33	0
3	5 = 5	-33	-33	100	-33	-58	58	-58	58	-58	58	33	-100	33	33	0
4	7 = 7	-33	-33	-33	100	-58	-58	58	-58	58	58	-100	33	33	33	0
5	6 = 2 * 3	58	58	-58	-58	100	0	0	0	0	-100	58	58	-58	-58	0
6	10 = 2 * 5	58	-58	58	-58	0	100	0	0	-100	0	58	-58	58	-58	0
7	14 = 2 * 7	58	-58	-58	58	0	0	100	-100	0	0	-58	58	58	-58	0
8	15 = 3 * 5	-58	58	58	-58	0	0	-100	100	0	0	58	-58	-58	58	0
9	21 = 3 * 7	-58	58	-58	58	0	-100	0	0	100	0	-58	58	-58	58	0
10	35 = 5 * 7	-58	-58	58	58	-100	0	0	0	0	100	-58	-58	58	58	0
11	30 = 2 * 3 * 5	33	33	33	-100	58	58	-58	58	-58	-58	100	-33	-33	-33	0
12	42 = 2 * 3 * 7	33	33	-100	33	58	-58	58	-58	58	-58	-33	100	-33	-33	0
13	70 = 2 * 5 * 7	33	-100	33	33	-58	58	58	-58	-58	58	-33	-33	100	-33	0
14	105 = 3 * 5 * 7	-100	33	33	33	-58	-58	-58	58	58	58	-33	-33	-33	100	0
15	210 = 2 * 3 * 5 * 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Любая подматрица матрицы сходства (таблица 10) (или любой заданный набор классов) может быть представлена в графическом виде в форме ориентированного графа – семантической сети (рисунок 13), которая в ряде работ называется также когнитивной диаграммой:

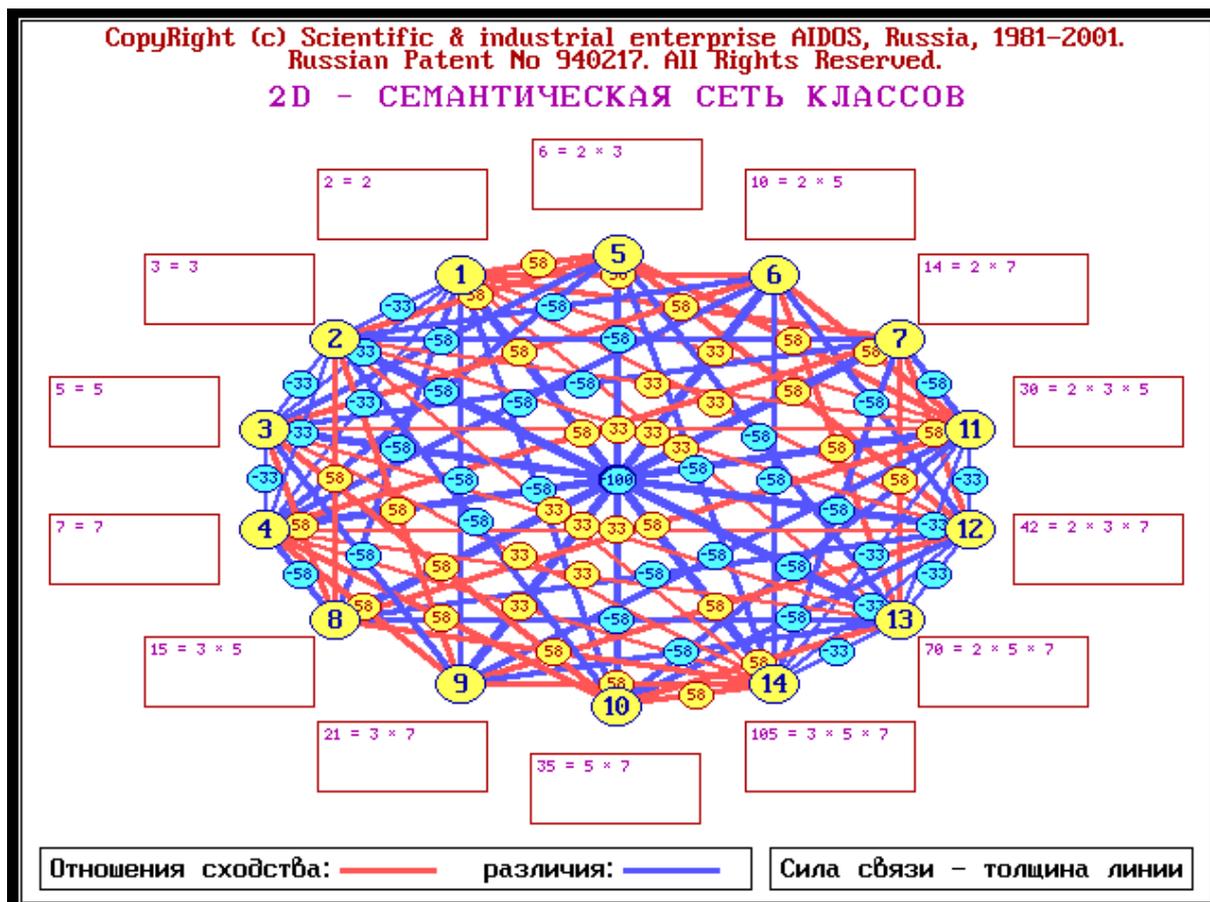


Рисунок 13. Матрицы сходства классов (таблица 10), представленная в форме семантической сети классов

В таблице 11 представлен конструкт, представляющий собой систему противоположных кластеров со спектром промежуточных классов:

Таблица 11 – КОНСТРУКТ: «6-35»

№	Код	Наименование	Уровень сходства %
1	5	6 = 2 * 3	100,00
2	1	2 = 2	57,74
3	2	3 = 3	57,74
4	11	30 = 2 * 3 * 5	57,74
5	12	42 = 2 * 3 * 7	57,74
6	3	5 = 5	-57,74
7	4	7 = 7	-57,74
8	13	70 = 2 * 5 * 7	-57,74
9	14	105 = 3 * 5 * 7	-57,74
10	10	35 = 5 * 7	-100,00

На основе матрицы сходства (таблица 10) может быть проведена когнитивная кластеризация [11], результаты которой представлены на рисунках 13 и 14:

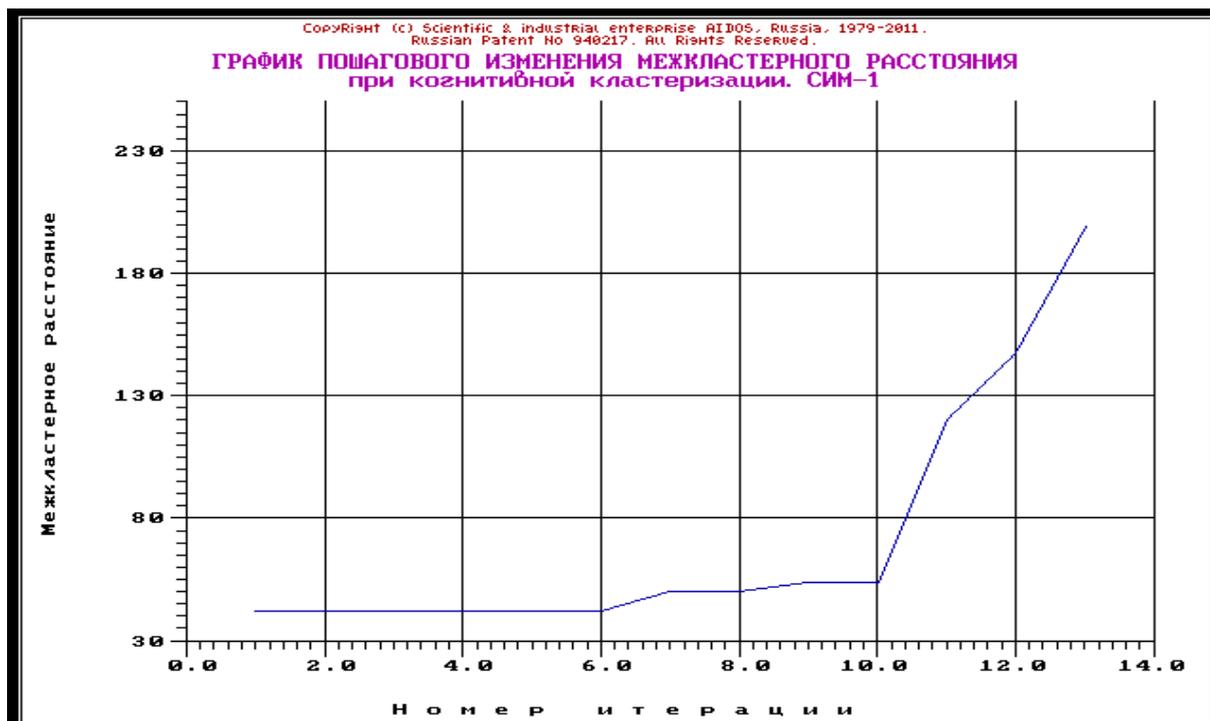


Рисунок 14. График пошагового изменения межкластерного расстояния при когнитивной кластеризации в СИМ-1

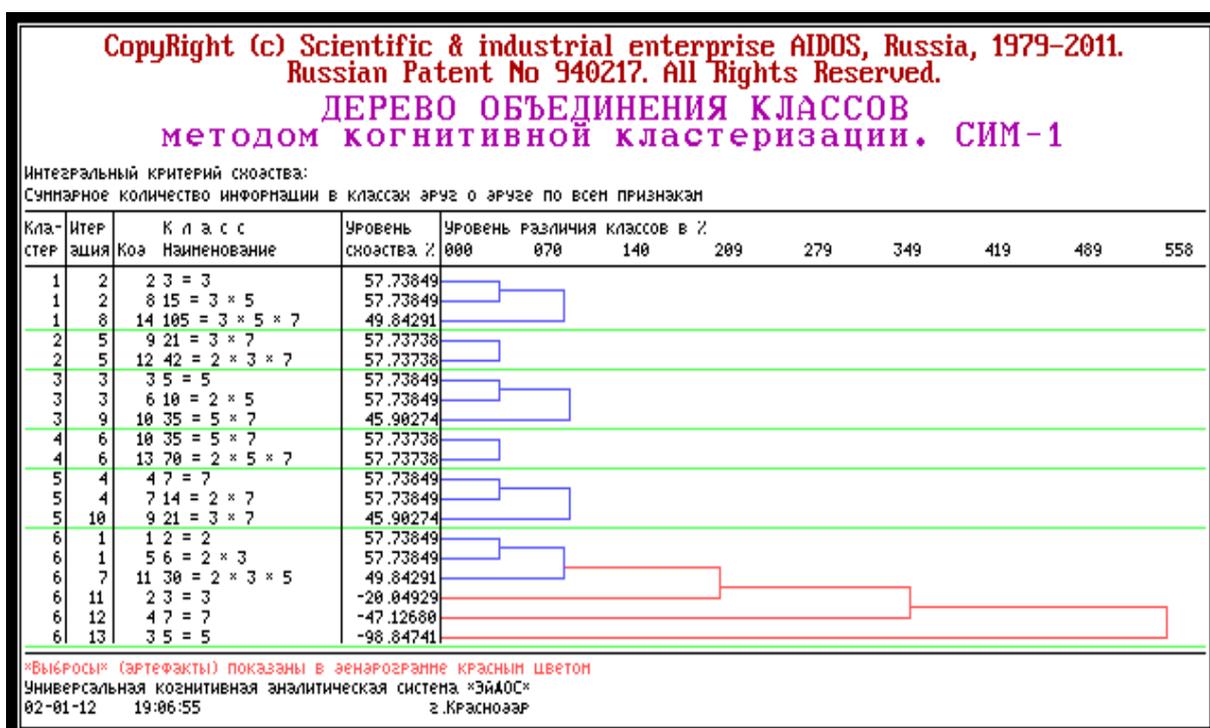


Рисунок 15. Дендрограмма когнитивной кластеризации в СИМ-1

На рисунке 16 приведены результаты идентификации объекта распознаваемой выборки с классами, а на рисунке 17 – класса с объектами:

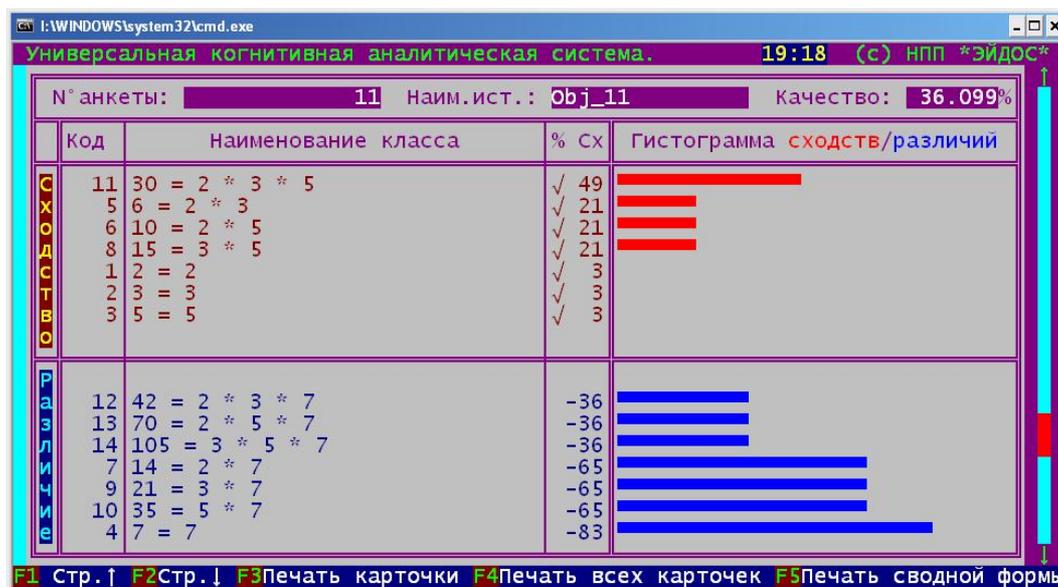


Рисунок 16. Результат идентификации объекта с классами (экранная форма)

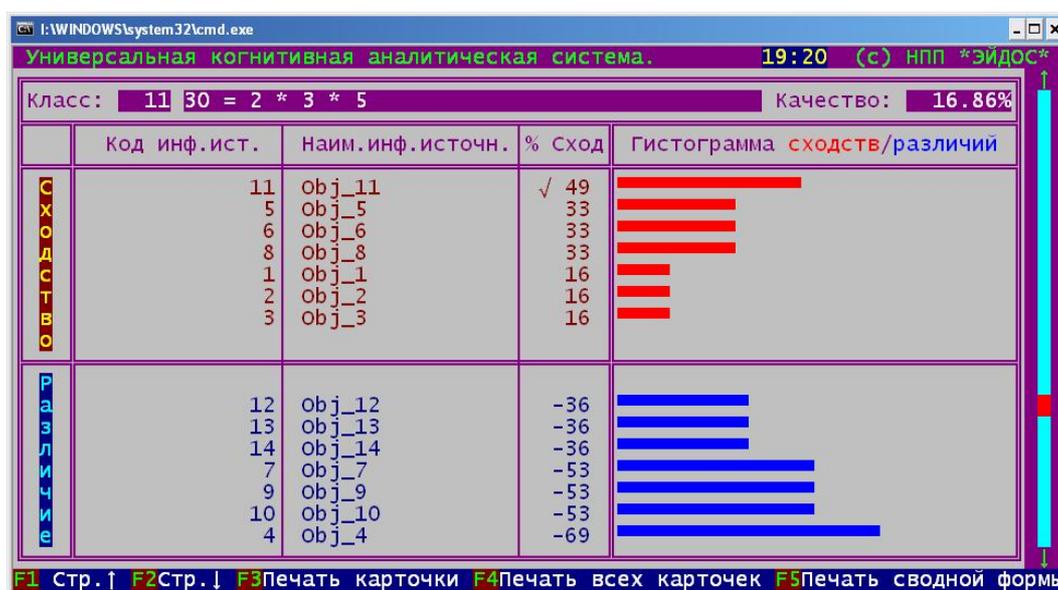


Рисунок 17. Результат идентификации классами с объектами (экранная форма)

При добавлении еще одного базового элемента (например, простого числа: 11) без пересинтеза модели объекты, включающие этот базовый элемент, идентифицируются так же, как будто его нет. Например, результат идентификации объекта: $330 = 2 * 3 * 5 * 11$ в этой модели будут такими же, как показано на рисунке 16, т.е. данный объект будет неверно идентифицироваться как $30 = 2 * 3 * 5$. Это является признаком необходимости обобщения модели, т.е. создания модели, адекватно отражающей как все предыдущие, так и новые факты. Создание этой более общей модели обеспечивается выполнением следующих шагов:

- добавлением в справочник классов, соответствующих объектам, включающим данный элемент;

- добавлением данного базового элемента в справочник признаков;
- добавлением этого объекта и других объектов, включающих данный базовый элемент, в обучающую выборку;
- пересинтезом модели;
- проверкой ее на адекватность, в т.ч. на новых фактах.

Результат выполнения этих шагов представлен в таблицах 12-16:

Таблица 12 – СПРАВОЧНИК КЛАССОВ БОЛЕЕ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ

KOD	NAME	KOD	NAME	KOD	NAME
1	2 = 2	11	21 = 3 * 7	21	154 = 2 * 7 * 11
2	3 = 3	12	33 = 3 * 11	22	105 = 3 * 5 * 7
3	5 = 5	13	35 = 5 * 7	23	165 = 3 * 5 * 11
4	7 = 7	14	55 = 5 * 11	24	231 = 3 * 7 * 11
5	11 = 11	15	77 = 7 * 11	25	385 = 5 * 7 * 11
6	6 = 2 * 3	16	30 = 2 * 3 * 5	26	210 = 2 * 3 * 5 * 7
7	10 = 2 * 5	17	42 = 2 * 3 * 7	27	330 = 2 * 3 * 5 * 11
8	14 = 2 * 7	18	66 = 2 * 3 * 11	28	462 = 2 * 3 * 7 * 11
9	22 = 2 * 11	19	70 = 2 * 5 * 7	29	770 = 2 * 5 * 7 * 11
10	15 = 3 * 5	20	110 = 2 * 5 * 11	30	1155 = 3 * 5 * 7 * 11

Таблица 13 – СПРАВОЧНИК ПРИЗНАКОВ БОЛЕЕ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ

KOD	NAME
1	2
2	3
3	5
4	7
5	11

Таблица 14 – ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА БОЛЕЕ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ

KOD	NAME	Коды классов															Коды признаков			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4
1	Obj_1	1															1			
2	Obj_2	2															2			
3	Obj_3	3															3			
4	Obj_4	4															4			
5	Obj_5	5															5			
6	Obj_6	1	2	6													1	2		
7	Obj_7	1	3	7													1	3		
8	Obj_8	1	4	8													1	4		
9	Obj_9	1	5	9													1	5		
10	Obj_10	2	3	10													2	3		
11	Obj_11	2	4	11													2	4		
12	Obj_12	2	5	12													2	5		
13	Obj_13	3	4	13													3	4		
14	Obj_14	3	5	14													3	5		
15	Obj_15	4	5	15													4	5		
16	Obj_16	1	2	3	6	7	10	16									1	2	3	
17	Obj_17	1	2	4	6	8	11	17									1	2	4	
18	Obj_18	1	2	5	6	9	12	18									1	2	5	
19	Obj_19	1	3	4	7	8	13	19									1	3	4	
20	Obj_20	1	3	5	7	9	14	20									1	3	5	
21	Obj_21	1	4	5	8	9	15	21									1	4	5	
22	Obj_22	2	3	4	10	11	13	22									2	3	4	
23	Obj_23	2	3	5	10	12	14	23									2	3	5	
24	Obj_24	2	4	5	11	12	15	24									2	4	5	
25	Obj_25	3	4	5	13	14	15	25									3	4	5	
26	Obj_26	1	2	3	4	6	7	8	10	11	13	16	17	19	22	26	1	2	3	4
27	Obj_27	1	2	3	5	6	7	9	10	12	14	16	18	20	23	27	1	2	3	5
28	Obj_28	1	2	4	5	6	8	9	11	12	15	17	18	21	24	28	1	2	4	5
29	Obj_29	1	3	4	5	7	8	9	13	14	15	19	20	21	25	29	1	3	4	5
30	Obj_30	2	3	4	5	10	11	12	13	14	15	22	23	24	25	30	2	3	4	5

Таблица 15 – ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ БОЛЕЕ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ

Наименование модели	Вид интегрального критерия	Расчет проведен		Достоверность		
		Дата	Идентификации	Идентификации	Идентификации	Средняя
СИМ-4	Корреляция	03-01-12	11:29:19	100,000	73,171	86,585
	Свертка	03-01-12	11:29:24	100,000	73,171	86,585
СИМ-3	Корреляция	03-01-12	11:29:32	100,000	73,171	86,585
	Свертка	03-01-12	11:29:37	100,000	73,171	86,585
СИМ-2	Корреляция	03-01-12	11:29:44	100,000	73,171	86,585
	Свертка	03-01-12	11:29:50	56,137	71,137	63,637
СИМ-1	Корреляция	03-01-12	11:29:59	100,000	73,171	86,585
	Свертка	03-01-12	11:30:04	70,179	87,400	78,789

Таблица 16 – РЕЗУЛЬТАТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТА С КЛАССАМИ В БОЛЕЕ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ (ВЫХОДНАЯ ФОРМА)

РЕЗУЛЬТАТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ИСТОЧНИКА С КЛАССАМИ РАСПОЗНАВАНИЯ
03-01-12

11:38:26

Номер анкеты:		27 Наим. физ. источника: Обь_27		Качество результата распозн.: 36.794%	
Код	Наименование класса распознавания	% Сх	Гистограмма сходств/различий		
27	330 = 2 * 3 * 5 * 11.....	↓ 80			
16	30 = 2 * 3 * 5.....	↓ 49			
18	66 = 2 * 3 * 11.....	↓ 49			
20	110 = 2 * 5 * 11.....	↓ 49			
23	165 = 3 * 5 * 11.....	↓ 49			
6	6 = 2 * 3.....	↓ 33			
7	10 = 2 * 5.....	↓ 33			
9	22 = 2 * 11.....	↓ 33			
10	15 = 3 * 5.....	↓ 33			
12	33 = 3 * 11.....	↓ 33			
14	55 = 5 * 11.....	↓ 33			
1	2 = 2.....	↓ 20			
2	3 = 3.....	↓ 20			
3	5 = 5.....	↓ 20			
5	11 = 11.....	↓ 20			
26	210 = 2 * 3 * 5 * 7.....	-20			
28	462 = 2 * 3 * 7 * 11.....	-20			
29	770 = 2 * 5 * 7 * 11.....	-20			
30	1155 = 3 * 5 * 7 * 11.....	-20			
17	42 = 2 * 3 * 7.....	-33			
19	70 = 2 * 5 * 7.....	-33			
21	154 = 2 * 7 * 11.....	-33			
22	105 = 3 * 5 * 7.....	-33			
24	231 = 3 * 7 * 11.....	-33			
25	385 = 5 * 7 * 11.....	-33			
8	14 = 2 * 7.....	-49			
11	21 = 3 * 7.....	-49			
13	35 = 5 * 7.....	-49			
15	77 = 7 * 11.....	-49			
4	7 = 7.....	-80			

Универсальная когнитивная аналитическая система

НПП «Эйдос»

Из сравнения таблицы 16 с рисунком 16 видно, что полученная нами обобщенная модель удовлетворяет принципу соответствия с предыдущей моделью, т.к. дает вполне разумные результаты идентификации как объектов, верно идентифицируемых в старой модели, так и новых объектов, которые ранее идентифицировались неадекватно. Таким образом подход, представленный на рисунке 7, дает ожидаемые положительные результаты.

Выводы.

Таким образом, в статье на простом, но универсальном численном примере рассмотрено применение автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ) и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» для выявления и исследования детерминации эмерджентных макросвойств систем их составом и иерархической структурой, т.е. подсистемами различной сложности (уровней ие-

рархии). Тем самым продемонстрирована возможность решения этой проблемы в широком круге предметных областей с применением технологии и инструментария АСК-анализа.

Кратко обсуждаются некоторые методологические вопросы создания и применения формальных моделей в научном познании.

Предложены:

– системное обобщение принципа Уильяма Росса Эшби о необходимом разнообразии на основе системного обобщения теории множеств и системной теории информации;

– обобщенная формулировка принципа относительности Галилея-Эйнштейна, применимая не только в физике, но и в других науках, в частности в экономике, социологии и психологии;

– гипотеза о связи обобщенного принципа относительности с теоремой Эмми Нётер;

– гипотеза «О зависимости силы и направления связей между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом от уровня иерархии в системе».

Системное обобщение принципа Эшби и следствие из него: «Чем больше различных сочетаний значений факторов действует на объект управления, тем выше степень детерминированности управления им», следовательно «Степень детерминированности управления системой тем выше, чем выше ее эмерджентность (уровень системности), количественно измеряемая коэффициентом эмерджентности Хартли». Коэффициенты эмерджентности Хартли и Харкевича можно обоснованно считать количественным выражением системного обобщения принципа Эшби.

Обобщенный принцип относительности Галилея-Эйнштейна: «Законы природы открытые в одном месте и в определенное время действуют и в других местах и в другое время», поэтому по виду законов природы в замкнутой лаборатории невозможно определить в каком месте (пространства) и в каком времени эта лаборатория находится, т.е. по виду законов природы внутри лаборатории невозможно локализовать ее в пространстве-времени. Из обобщенного принципа относительности вытекает важное следствие том, что способ определения степени истинности реальности сам должен быть истинным, чтобы давать истинные результаты, и сам не должен относиться к той реальности, которая с помощью него оценивается. Обобщенный принцип относительности применим не только в физике, но и в других науках, в частности в экономике, социологии и психологии. Но в отличие от физики другие науки не только основаны на применении этого принципа, хотя и в явном виде не формулировали его, но и их исследования во многом состоят в изучении отклонений от этого принципа.

Гипотеза о связи обобщенного принципа относительности с теоремой Эмми Нётер: «Принцип относительности выполняется по тем же при-

чинам, по которым существуют законы сохранения и этими причинами являются симметрии пространства-времени».

Гипотеза «О зависимости силы и направления связей между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом от уровня иерархии в системе»: «Чем выше уровень иерархии в системе, тем слабее положительные и сильнее отрицательные связи между базовыми элементами системы и ее эмерджентными свойствами в целом».

Материалы статьи могут быть использованы при проведении лекционных и лабораторных занятий по дисциплинам: «Интеллектуальные информационные системы» и «Концепции современного естествознания». для различных специальностей, а также для решения перечисленных в начале статьи и других задач того же типа в различных предметных областях.

Литература

1. 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. – 605с⁴⁴.

2. Луценко Е.В. Количественные меры возрастания эмерджентности в процессе эволюции систем (в рамках системной теории информации) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – №05(21). С. 355 – 374. – Шифр Информрегистра: 0420600012\0089. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2006/05/pdf/31.pdf>, 1,25 у.п.л.

3. Луценко Е.В. Программная идея системного обобщения математики и ее применение для создания системной теории информации / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №02(36). С. 175 – 192. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0016. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/02/pdf/11.pdf>, 1,125 у.п.л.

4. Луценко Е.В. Неформальная постановка и обсуждение задач, возникающих при системном обобщении теории множеств на основе системной теории информации (Часть 1-я: задачи 1-3) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №03(37). С. 154 – 185. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/03/pdf/12.pdf>, 2 у.п.л.

5. Луценко Е.В. Неформальная постановка и обсуждение задач, возникающих при системном обобщении теории множеств на основе системной теории информации (Часть 2-я: задачи 4–9) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №04(38). С. 26 – 65. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0049. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/04/pdf/03.pdf>, 2,5 у.п.л.

6. 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(41). С. 117 – 193. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0091. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/07/pdf/10.pdf>, 4,812 у.п.л.

7. Луценко Е.В. Математическая сущность системной теории информации (СТИ) (Системное обобщение формулы Больцмана-Найквиста-Хартли, синтез семантической теории ин-

⁴⁴ Для удобства читателей ряд работ из списка приведен на сайте автора: <http://lc.kubagro.ru/>

формации Харкевича и теории информации Шеннона) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №08(42). С. 76 – 103. – Шифр Информрегистра: 0420800012\0114. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/08/pdf/04.pdf>, 1,75 у.п.л.

8. Луценко Е.В. Реализация операции объединения систем в системном обобщении теории множеств (объединение булеанов) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №01(65). С. 354 – 391. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/01/pdf/29.pdf>, 2,375 у.п.л.

9. Луценко Е.В. Обобщенный коэффициент эмерджентности Хартли как количественная мера синергетического эффекта объединения булеанов в системном обобщении теории множеств / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №02(66). С. 535 – 545. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0031. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/02/pdf/45.pdf>, 0,688 у.п.л.

10. 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(70). С. 233 – 280. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0197. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/06/pdf/18.pdf>, 3 у.п.л.

11. Луценко Е.В. Метод когнитивной кластеризации или кластеризация на основе знаний (кластеризация в системно-когнитивном анализе и интеллектуальной системе «Эйдос») / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(71). С. 528 – 576. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0253. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.

12. Луценко Е.В. Метод визуализации когнитивных функций – новый инструмент исследования эмпирических данных большой размерности / Е.В. Луценко, А.П. Трунев, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №03(67). С. 240 – 282. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/03/pdf/18.pdf>, 2,688 у.п.л.

13. Мигдал А. Б. Поиски истины. – М.: «Молодая гвардия», 1983. – 239 с., – Режим доступа: <http://physiclib.ru/books/item/f00/s00/z0000024/index.shtml> <http://www.twirpx.com/file/438798/>

14. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №01(1). С. 79 – 91. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf>, 0,812 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Критерии реальности и принцип эквивалентности виртуальной и "истинной" реальности / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №06(8). С. 70 – 88. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/06/pdf/10.pdf>, 1,188 у.п.л.

16. Луценко Е.В. Существование, несуществование и изменение как эмерджентные свойства систем // Квантовая Магия. – 2008. – Т. 5. – Вып. 1. – С. 1215–1239 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://quantmagic.narod.ru/volumes/VOL512008/p1215.html>

17. Луценко Е.В. Виртуализация общества как основной информационный аспект глобализации / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №01(9). С. 6 – 43. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/01/pdf/02.pdf>, 2,375 у.п.л.