

УДК 004.8

UDC 004.8

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ И КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГЕНЕТИКИ (на примере вычисления количества информации в генах о признаках и свойствах различных автохтонных сортов винограда)

APPLICATION OF THE INFORMATION THEORY AND COGNITIVE TECHNOLOGIES FOR SOLVING PROBLEMS OF GENETICS (on the example of calculation of the amount of information in the genes about characteristics and properties of the various indigenous grape varieties)

Луценко Евгений Вениаминович

д.э.н., к.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 9523-7101

prof.lutsenko@gmail.com

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Lutsenko Eugeny Veniaminovich

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

RSCI SPIN-code: 9523-7101

prof.lutsenko@gmail.com

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Трошин Леонид Петрович

Заслуженный деятель науки Кубани,

д. б. н., профессор

РИНЦ SPIN-код: 3386-2768

lpTROSHIN@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Troshin Leonid Petrovich

Dr.Sci.Biol., professor

RSCI SPIN-code: 3386-2768

lpTROSHIN@mail.ru

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Общеизвестно, что генетика изучает механизмы изменчивости/наследственности и очень широко пользуется понятием «наследственная информация». При этом генетика под информацией подразумевает содержание генетического кода - структуры молекул ДНК и РНК, входящих в состав клетки живого организма. Генетика изучает механизмы записи, копирования, считывания генетической информации, возможности ее модификации, а также ее влияние на признаки и свойства организма. В разговорном и научном языке прочно закрепились фразы, типа «Гены содержат информацию о признаках/свойствах организма». Парадоксально, но мы не видим попыток определения количества информации, содержащейся в конкретных генах о конкретных фенотипических признаках или свойствах организма. Казалось бы, применение теории информации в генетике является совершенно естественным и напрашивается само собой. Тем более странно, что практически нет работ, посвященных применению теории информации для решения задач генетики. Данная статья призвана в какой-то степени восполнить этот пробел на примере вычисления количества информации в генах о признаках или свойствах различных сортов винограда. В ней рассматривается применение автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), его математической модели – системной теории информации и реализующего их программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» для решения одной из важных задач генетики: определения количества информации, содержащейся в генах о различных фенотипических признаках/свойствах винограда. Для решения этой зада-

It is well known that genetics studies the mechanisms of variation/heredity and widely uses the concept of "genetic information". While genetics considers the information as the content of the genetic code - structure of DNA and RNA included in the cell of a living organism. Genetics examines the mechanisms of recording, copying, readout of genetic information, the possibility of its modification and its influence on the characteristics and properties of the organism. In conversational and scientific language we know phrases, such as "Genes contain information about the characteristics/properties of the body." Paradoxically, we see no attempts to determine the amount of information contained in specific genes on specific characteristics or phenotypic properties of the organism. It would seem that the application of information theory in genetics is a completely natural and suggests itself. More strange that there are practically no works devoted to the application of information theory for solving problems of genetics. This article is intended, to some extent, to fill this gap on the example of calculating the amount of information in the genes of the characteristics or properties of different grape varieties. It examines the application of automated system-cognitive analysis (ASC-analysis), its mathematical model – system of information theory and software tools – intellectual system called "Eidos" for solving one of the important tasks of genetics: determine the amount of information contained in the genes on various phenotypic characteristics/properties of the grapes. To solve this problem, we perform the fol-

чи выполняются следующие этапы: 1) когнитивно-целевая структуризация предметной области; 2) формализация предметной области, т.е. разработка классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки; 3) синтез и верификация информационной модели, отражающей количество информации в генах о фенотипических признаках/свойствах (многопараметрическая типизация); 4) вывод информации о генетической системе детерминации фенотипических признаков/свойств (SWOT-анализ феносвойства); 5) вывод информации о силе и направлении влияния конкретного гена на фенотипические признаки/свойства (SWOT-диаграммы генов); 6) решение задачи системной идентификации фенотипических признаков/свойств по наличию тех или иных генов; 7) количественное определение сходства-различия различных фенотипических признаков/свойств по их системе детерминации генами. Конкретное фенотипическое свойство (или признак) рассматривается как зашумленный генетический текст, включающий как генетическую информацию об истинном феносвойстве (чистый сигнал), так и шум, искажающий эту информацию, обусловленный случайным воздействием окружающей среды. Программный инструментальный АСК-анализа – интеллектуальная система «Эйдос» обеспечивает подавление шума и выделение истинного сигнала

lowing steps: 1) cognitive-targeted structuring of the subject area; 2) the formalization of the subject area, i.e. development of classification and descriptive dials and graduations and training samples; 3) synthesis and verification of information model, reflecting the amount of information in the genes on the phenotypic characteristics/properties (multiparameter typing); 4) displaying the information about the genetic determination system of phenotypic characteristics/properties (SWOT analysis of Fennovoima); 5) displaying the information about the strength and direction of influence of a specific gene on phenotypic characteristics/properties (SWOT-diagrams of genes); 6) the solution to the problem of system identification phenotypic characteristics/properties by the presence of certain genes; 7) quantification of the similarities-differences of the various phenotypic characteristics/properties, upon determination system genes. A specific phenotypic property (or characteristic) is regarded as a noisy genetic text, including genetic information about the true gene property (clean signal) and the noise that distorts this information due to the random effects of the environment. The software tool of the ask-analysis which is "Eidos" intellectual system provides the noise suppression and the selection of true signal

Ключевые слова: МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ТИПИЗАЦИЯ, СИСТЕМНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ, ВИНОГРАД, ГЕНОМ, ГЕН, ДНК, РНК, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД, АСК-АНАЛИЗ, АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, СИСТЕМА «ЭЙДОС»
Doi: 10.21515/1990-4665-121-003

Keywords: PARAMETRIC TYPING, SYSTEM IDENTIFICATION, GRAPES, GENOME, GENE, DNA, RNA, GENETIC CODE, ASK ANALYSIS, AUTOMATED SYSTEM-COGNITIVE ANALYSIS, "EIDOS" SYSTEM

СОДЕРЖАНИЕ

1. ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ	3
2. ИДЕЯ И ПРЕДПОСЫЛКИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	3
3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	4
3.1. Кратко об АСК-анализе	4
3.2. Истоки АСК-анализа	5
3.3. Методика АСК-анализа	5
3.4. Некоторые результаты применения АСК-анализа в различных предметных областях	9
4. РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ	10
4.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области	10
4.2. Формализация предметной области, т.е. разработка классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки	12
4.3. Синтез и верификация информационной модели, отражающей количество информации в генах о фенотипических свойствах (многопараметрическая типизация)	18
4.4. Решение задачи системной идентификации фенотипических признаков и свойств по наличию тех или иных генов	23
4.5. Автоматизированный SWOT-анализ системы детерминации фенотипических признаков и свойств структурой генома	27
4.6. Автоматизированный SWOT-анализ силы и направления влияния конкретного гена на фенотипические свойства/признаки	29
4.7. Количественное определение сходства-различия различных фенотипических свойств по их системе детерминации генами. Совместимые и несовместимые фенотипические свойства	31
4.8. Количественное определение сходства-различия различных генов по их влиянию на фенотипических свойства. Возможность замены одних генов другими.....	35
4.9. Алгоритм принятия решения о структуре генома с целью создания нового сорта с заданной системой фенотипических свойств/признаков	36
4.10. Когнитивные функциональные зависимости между структурой генома и степенью выраженности фенотипических свойств/признаков	38
5. ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ	42
ЛИТЕРАТУРА	44

1. Формулировка проблемы

Общеизвестно, что генетика изучает механизмы наследственности и изменчивости и очень широко пользуется понятием «наследственная информация». При этом генетика под информацией подразумевает содержание генетического кода - структуры молекул ДНК и РНК, входящих в состав клетки живого организма. Генетика изучает механизмы записи, копирования, считывания генетической информации, возможности ее модификации, а также ее влияние на признаки и свойства организма. В разговорном и научном языке прочно закрепились фразы, типа «Гены содержат информацию о признаках и свойствах организма». Парадоксально, но мы не видим систематических попыток определения количества информации, содержащейся в конкретных генах о конкретных фенотипических признаках и свойствах организма. Казалось бы, применение теории информации в генетике является совершенно естественным и напрашивается само собой. Тем более странно, что практически нет работ, посвященных применению теории информации для решения задач генетики.

В качестве исключения приведем две цитаты из работ 1980 и 1974 годов, в которых совершенно четко осознается роль информации в генетике [46, 47] «Абсолютным критерием живого принято считать наличие определенного количества бит информации, заключенных в информационных молекулах» [46, 47]. «...быстрый рост количества информации дал новое качество – способность к самовоспроизведению (качество, присущее только нуклеиновым кислотам, *обладающим несравненной со всеми другими соединениями нашего мира информационной емкостью*; качество давшее начало новой форме существования материи)» [46] (курсив наш. авт.). И все же конкретных расчетов количества информации в генах не приводится и в этих работах.

Данная статья призвана представить научной общественности один из возможных вариантов решения этой проблемы на примере вычисления количества информации в генах о признаках и свойствах различных сортов винограда.

2. Идея и предпосылки решения проблемы

По-видимому, сформулированная проблема обусловлена отсутствием доступа у исследователей-генетиков к программному инструментарию, реализующему теорию информации и обеспечивающему решение задач генетики с применением теории информации. Между тем, такой инструментарий существует и находится в полном открытом и бесплатном доступе: это – автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) [1], его математическая модель – системная теория информации [2] и реализующий их программный инструментарий – интеллектуальная система «Эйдос» [3].

Этот инструментарий обеспечивает решение одной из важных задач генетики: определения количества информации, содержащейся в генах о различных фенотипических признаках и свойствах винограда. Впервые в четкой и развитой форме эта мысль высказана автором в статье [4].

Для решения этой задачи выполняются следующие этапы АСК-анализа [1]: 1) когнитивно-целевая структуризация предметной области; 2) формализация предметной области, т.е. разработка классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки; 3) синтез и верификация информационной модели, отражающей количество информации в генах о фенотипических признаках и свойствах (многопараметрическая типизация); 4) вывод информации о генетической системе детерминации фенотипических признаков и свойств (SWOT-анализ феносвойства); 5) вывод информации о силе и направлении влияния конкретного гена на фенотипические признаки и свойства (SWOT-диаграммы генов); 6) решение задачи системной идентификации фенотипических признаков/свойств по наличию тех или иных генов; 7) количественное определение сходства-различия различных фенотипических признаков/свойств по их системе детерминации генами. Конкретное фенотипическое свойство (или признак) рассматривается как зашумленный генетический текст, включающий как генетическую информацию об истинном феносвойстве (чистый сигнал), так и шум, искажающий эту информацию, обусловленный случайным воздействием окружающей среды. Программный инструментарий АСК-анализа – интеллектуальная система «Эйдос» обеспечивает подавление шума и выделение истинного сигнала.

Имеется большой опыт успешного применения АСК-анализа для решения широкого круга задач в различных предметных областях.

3. Автоматизированный системно-когнитивный анализ как метод решения проблемы

3.1. Кратко об АСК-анализе

Системный анализ представляет собой современный метод научного познания, общепризнанный метод решения проблем [5, 6]. Однако возможности практического применения системного анализа ограничиваются отсутствием программного инструментария, обеспечивающего его автоматизацию. Существуют разнородные программные системы, автоматизирующие отдельные этапы или функции системного анализа в различных конкретных предметных областях.

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) представляет собой системный анализ, структурированный по базовым когнитивным операциям (БКО), благодаря чему удалось разработать для него математическую модель, методику численных расчетов (структуры данных и алгоритмы их обработки), а также реализующую их программную систему – систему «Эйдос» [1-3, 7]. Систе-

ма «Эйдос» разработана в постановке, не зависящей от предметной области, и имеет ряд программных интерфейсов с внешними данными различных типов [3]. АСК-анализ может быть применен как инструмент, многократно усиливающий возможности естественного интеллекта во всех областях, где используется естественный интеллект. АСК-анализ был успешно применен для решения задач идентификации, прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемого объекта путем исследования его модели во многих предметных областях, в частности в экономике, технике, социологии, педагогике, психологии, медицине, экологии, ампелографии, геофизике, энтомологии, криминалистике и др. [8, 9].

3.2. Истоки АСК-анализа

Известно, что системный анализ является одним из общепризнанных в науке методов решения проблем и многими учеными рассматривается вообще как метод научного познания. Однако, как впервые заметил еще в 1984 году проф. И.П. Стабин, на практике применение системного анализа наталкивается на проблему [10]. Суть этой проблемы в том, что обычно системный анализ успешно применяется в сравнительно простых случаях, в которых в принципе можно обойтись и без него, тогда как в действительно сложных ситуациях, когда он действительно чрезвычайно востребован и у него нет альтернатив, сделать это удастся гораздо реже. Проф. И.П. Стабин предложил и путь решения этой проблемы, который он видел в автоматизации системного анализа [10].

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

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

3.3. Методика АСК-анализа

3.3.1. Предпосылки решения проблемы

Перегудов Ф.И. и Тарасенко Ф.П. в своих основополагающих работах 1989 и 1997 годов [5, 6] подробно рассмотрели математические методы, которые в принципе могли бы быть применены для автоматизации отдельных этапов системного анализа. Однако даже самые лучшие математические методы не могут быть применены на практике без реализующих их программных систем, а путь от математического метода к программной системе долог и сложен. Для этого необходимо разработать численные методы или методики численных расчетов (алгоритмы и структуры данных),

реализующие математический метод, а затем разработать программную реализацию системы, основанной на этом численном методе.

В числе первых попыток реальной автоматизации системного анализа следует отметить докторскую диссертацию проф. Симанкова В.С. (2001) [11]. Эта попытка была основана на высокой детализации этапов системного анализа и подборе уже существующих программных систем, автоматизирующих эти этапы. Идея была в том, что чем выше детализация системного анализа, чем мельче этапы, тем проще их автоматизировать. Эта попытка была реализована, однако, лишь для специального случая исследования в области возобновляемой энергетики, т.к. системы оказались различных разработчиков, созданные с помощью различного инструментария и не имеющие программных интерфейсов друг с другом, т.е. не образующие единой автоматизированной системы. Эта попытка, безусловно, явилась большим шагом по пути, предложенному проф. И.П. Стабиным, но и ее нельзя признать обеспечившей достижение поставленной цели, сформулированной Стабиным И.П. (т.е. создание автоматизированного системного анализа), т.к. она не привела к созданию единой универсальной программной системы, автоматизирующей системный анализ, которую можно было бы применять в различных предметных областях.

Необходимо отметить работы Дж. Клира по системологии и автоматизации решения системных задач, которые внесли большой вклад в автоматизацию системного анализа путем создания и применения универсального решателя системных задач (УРСЗ), реализованного в рамках оригинальной экспертной системы [12, 13]. Однако в экспертной системе применяется продукционная модель знаний, для получения которых от эксперта необходимо участие инженера по знаниям (когнитолога). Этим обусловлены следующие недостатки экспертных систем:

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

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

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

- чаще всего эксперты формулируют свои знания неформализуемым путем на основе своей интуиции, опыта и профессиональной компетенции, т.е. не могут сформулировать свои знания в количественной форме, а пользуются для их формализации порядковыми или даже номинальными

шкалами, поэтому экспертные знания являются не очень точными и для их формализации необходим инженер по знаниям (когнитолог).

3.3.2. АСК-анализ как решение проблемы

Автоматизированный системно-когнитивный анализ разработан профессором Е.В. Луценко и предложен в 2002 году [1], хотя разработан он был значительно раньше, причем с программным инструментарием: системой «Эйдос» [1, 3, 7]. Основная идея, позволившая сделать это, состоит в рассмотрении системного анализа как метода познания (отсюда и «когнитивный» от «cognitio» – знание, познание, лат.). Эта идея позволила *структурировать системный анализ не по этапам, как пытались сделать ранее, а по базовым когнитивным операциям системного анализа* (БКОСА), т.е. таким операциям, к комбинациям которых сводятся остальные. Эти операции образуют минимальную систему, достаточную для описания системного анализа, как метода познания, т.е. конфигуратор. Понятие конфигулятора предложено В.А. Лефевром [14]. В 2002 году Е.В. Луценко был предложен когнитивный конфигуратор [1], включающий 10 базовых когнитивных операций.

Когнитивный конфигуратор:

- 1) присвоение имен;
- 2) восприятие (описание конкретных объектов в форме онтологий, т.е. их признаками и принадлежностью к обобщающим категориям - классам);
- 3) обобщение (синтез, индукция);
- 4) абстрагирование;
- 5) оценка адекватности модели;
- 6) сравнение, идентификация и прогнозирование;
- 7) дедукция и абдукция;
- 8) классификация и генерация конструкторов;
- 9) содержательное сравнение;
- 10) планирование и поддержка принятия управленческих решений.

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

Компоненты АСК-анализа:

- формализуемая когнитивная концепция и следующий из нее когнитивный конфигуратор;
- теоретические основы, методология, технология и методика АСК-анализа;
- математическая модель АСК-анализа, основанная на системном обобщении теории информации;
- методика численных расчетов, в универсальной форме реализующая математическую модель АСК-анализа, включающая иерархическую структуру данных и 24 детальных алгоритма 10 БКОСА;

– специальное инструментальное программное обеспечение, реализующее математическую модель и численный метод АСК-анализа – Универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос".

Этапы АСК-анализа:

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

Математические аспекты АСК-анализа

Математическая модель АСК-анализ основана на теории информации, точнее на системной теории информации (СТИ), предложенной Е.В. Луценко [1, 2, 3]¹. Это значит, что *в АСК-анализе все факторы рассматриваются с одной единственной точки зрения: сколько информации содержится в их значениях о переходе объекта, на который они действуют, в определенное состояние, и при этом сила и направление влияния всех значений факторов на объект измеряется в одних общих для всех факторов единицах измерения: единицах количества информации [8, 9].*

Это напоминает подход Дугласа Хаббарда [15], но, в отличие от него, имеет открытый универсальный программный инструментарий (систему «Эйдос»), разработанный в постановке, не зависящей от предметной области [1-3]. К тому же на систему «Эйдос» уже в 1994 году было три патента РФ [3, 16²], а первые акты ее внедрения датируются 1987 годом [1,

¹ Математическая модель АСК-анализа описана в ряде работ:

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

² См., например: <http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>

3]³, тогда как основная работа Дугласа Хаббарда [15] появилась лишь в 2009 году. Это означает, что идеи АСК-анализа не только появились, но и были доведены до программной реализации в универсальной форме и применены в различных предметных областях на 22 с лишним года *раньше* появления работ Дугласа Хаббарда.

Поэтому АСК-анализ обеспечивает корректную сопоставимую обработку числовых и нечисловых данных, представленных в разных типах измерительных шкал и разных единицах измерения [8, 9]. Метод АСК-анализа является устойчивым непараметрическим методом, обеспечивающим создание моделей больших размерностей при неполных и зашумленных исходных данных о сложном нелинейном динамичном объекте управления. Этот метод является чуть ли не единственным на данный момент, обеспечивающим многопараметрическую типизацию и системную идентификацию методов, инструментарий которого (интеллектуальная система «Эйдос») находится в полном открытом бесплатном доступе [3, 16]⁴.

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

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

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

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

По этим публикациям, грантам и диссертационным работам видно, что АСК-анализ уже был успешно применен в следующих предметных областях и научных направлениях: экономика (региональная, отраслевая, предприятий, прогнозирование фондовых рынков), социология, эконометрика, биометрия, педагогика (создание педагогических измерительных инструментов и их применение), психология (личности, экстремальных ситуаций, профессиональных и учебных достижений, разработка и применение профессиограмм), сельское хозяйство (прогнозирование результатов при-

³ <http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/PR-4.htm>

⁴ <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>

менения агротехнологий, принятие решений по выбору рациональных агротехнологий и микрорзон выращивания), экология, ампелография, геофизика (глобальное и локальное прогнозирование землетрясений, параметров магнитного поля Земли, движения полюсов Земли), климатология (прогнозирование Эль-Ниньо и Ла-Нинья), возобновляемая энергетика, мелиорация и управление мелиоративными системами, криминалистика, энтомология и ряд других областей.

АСК-анализ вызывает большой интерес во всем мире. Сайт автора АСК-анализа [16] посетило около 500 тыс. посетителей с уникальными IP-адресами со всего мира. Еще около 500 тыс. посетителей открывали статьи по АСК-анализу в Научном журнале КубГАУ.

Необходимо отметить, что в развитии различных теоретических основ и практических аспектов АСК-анализа приняли участие многие ученые: д.э.н., к.т.н., проф. Луценко Е.В., Засл. деятель науки РФ, д.т.н., проф. Лойко В.И., к.ф.-м.н., Ph.D., проф., Трунев А.П. (Канада), д.э.н., д.т.н., к.ф.-м.н., проф. Орлов А.И., к.т.н., доц. Коржаков В.Е., д.э.н., проф. Барановская Т.П., д.э.н., к.т.н., проф. Ермоленко В.В., к.п.с.н. Наприев И.Л., к.п.с.н., доц. Некрасов С.Д., к.т.н., доц. Лаптев В.Н., к.п.с.н, доц. Третьяк В.Г., к.п.с.н., Щукин Т.Н., д.т.н., проф. Симанков В.С., д.э.н., проф. Ткачев А.Н., д.т.н., проф. Сафронова Т.И., д.э.н., доц. Горпинченко К.Н., к.э.н., доц. Макаревич О.А., к.э.н., доц. Макаревич Л.О., к.м.н. Сергеева Е.В. (Фомина Е.В.), Бандык Д.К. (Белоруссия), Чередниченко Н.А., к.ф.-м.н. Артемов А.А., д.э.н., проф. Крохмаль В.В., д.т.н., проф. Рябцев В.Г., к.т.н., доц. Марченко А.Ю., д.т.н., проф. Фролов В.Ю., д.ю.н, проф. Швец С.В., Засл. деятель науки Кубани, д.б.н., проф. Трошин Л.П., Засл. изобр. РФ, д.т.н., проф. Серга Г.В., Сергеев А.С., д.б.н., проф. Стрельников В.В. и другие.

4. Решение проблемы

В данном разделе рассмотрим решение поставленной проблемы путем последовательного выполнения различных этапов АСК-анализа [1].

4.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области

На этом этапе экспертом неформализуемым путем на основе опыта, интуиции и профессиональной компетенции определяется, что является причинами (факторами), а что следствиями (результатами действия факторов) в моделируемой предметной области.

В нашем случае вполне очевидно, что как факторы целесообразно рассматривать количество резервных генов различных видов, а как результаты их действия – различные фенотипические признаки или свойства различных сортов винограда.

В таблице 1 представлены классификационные шкалы, с помощью которых будут кодироваться фенотипические признаки, а в таблице 2 – описательные шкалы, т.е. резервные гены на 1-й и 2-й спиралях ДНК:

Таблица 1 – Классификационные шкалы

Код	Наименование
1	ТИП ЦВЕТКА (151)
2	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г
3	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА
4	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ
5	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЕМАЯ, Г/Л
6	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)
7	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)
8	ВЕРХНИЕ ВЫРЕЗКИ ЛИСТЬЕВ (094-1)
9	НИЖНИЕ ВЫРЕЗКИ ЛИСТЬЕВ (094-2)
10	ОПУШЕНИЕ ЛИСТЬЕВ (084)
11	РАЗМЕР ГРОЗДИ (202)
12	ПЛОТНОСТЬ ГРОЗДИ (204)
13	РАЗМЕР ЯГОДЫ (220)
14	ФОРМА ЯГОДЫ (223)
15	ОКРАСКА ЯГОДЫ (225)
16	АРОМАТ ЯГОДЫ (236)
17	НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (603)
18	ПЕРИОД СОЗРЕВАНИЯ (629)
19	ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПРОДУКЦИОННОГО ПЕРИОДА, ДНИ
20	РОСТ ПОБЕГОВ (351)

Таблица 2 – Описательные шкалы

Код	Наименование	Код	Наименование	Код	Наименование
1	VRZAG47-2	18	VVMD25-1	35	VVIV37-2
2	VRZAG47-1	19	VVIP60-2	36	VVIV37-1
3	VVS2-2	20	VVIP60-1	37	VVIN54-2
4	VVS2-1	21	VVIB01-2	38	VVIN54-1
5	VVMD7-2	22	VVIB01-1	39	VVMD24-2
6	VVMD7-1	23	VRZAG83-2	40	VVMD24-1
7	VVMD5-2	24	VRZAG83-1	41	VVIV67-2
8	VVMD5-1	25	VVMD27-2	42	VVIV67-1
9	VRZAG62-2	26	VVMD27-1	43	VVIN73-2
10	VRZAG62-1	27	VVMD21-2	44	VVIN73-1
11	VRZAG79-2	28	VVMD21-1	45	VMC4F3.1-2
12	VRZAG79-1	29	VMC1B11-2	46	VMC4F3.1-1
13	VVMD28-2	30	VMC1B11-1	47	VVIN16-2
14	VVMD28-1	31	VVIQ52-2	48	VVIN16-1
15	VVMD32-2	32	VVIQ52-1	49	VVIP31-2
16	VVMD32-1	33	VRZAG67-2	50	VVIP31-1
17	VVMD25-2	34	VRZAG67-1		

Последующие этапы АСК-анализа автоматизированы в его инструментарии – интеллектуальной системе «Эйдос».

4.2. Формализация предметной области, т.е. разработка классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки

На этапе формализации предметной области разрабатываются классификационные и описательные шкалы и градации и с их помощью кодируются исходные данные, в результате чего формируется обучающая выборка.

В соответствии с результатами когнитивно-целевой структуризации предметной области исходные данные представлены в виде Excel-таблицы (таблица 3). Полностью в статье таблица 3 не приводится из-за ее размерности: в ней 90 строк и 71 колонка. Но она (вместе с другими материалами по статье) приводится по ссылке: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/upload/03.zip>.

Структура таблицы 3 соответствует требованиям системы «Эйдос», приведенным на рисунке 1, точнее требованиям ее универсального программного интерфейса импорта данных из внешних баз данных (режим 2.3.2.2).

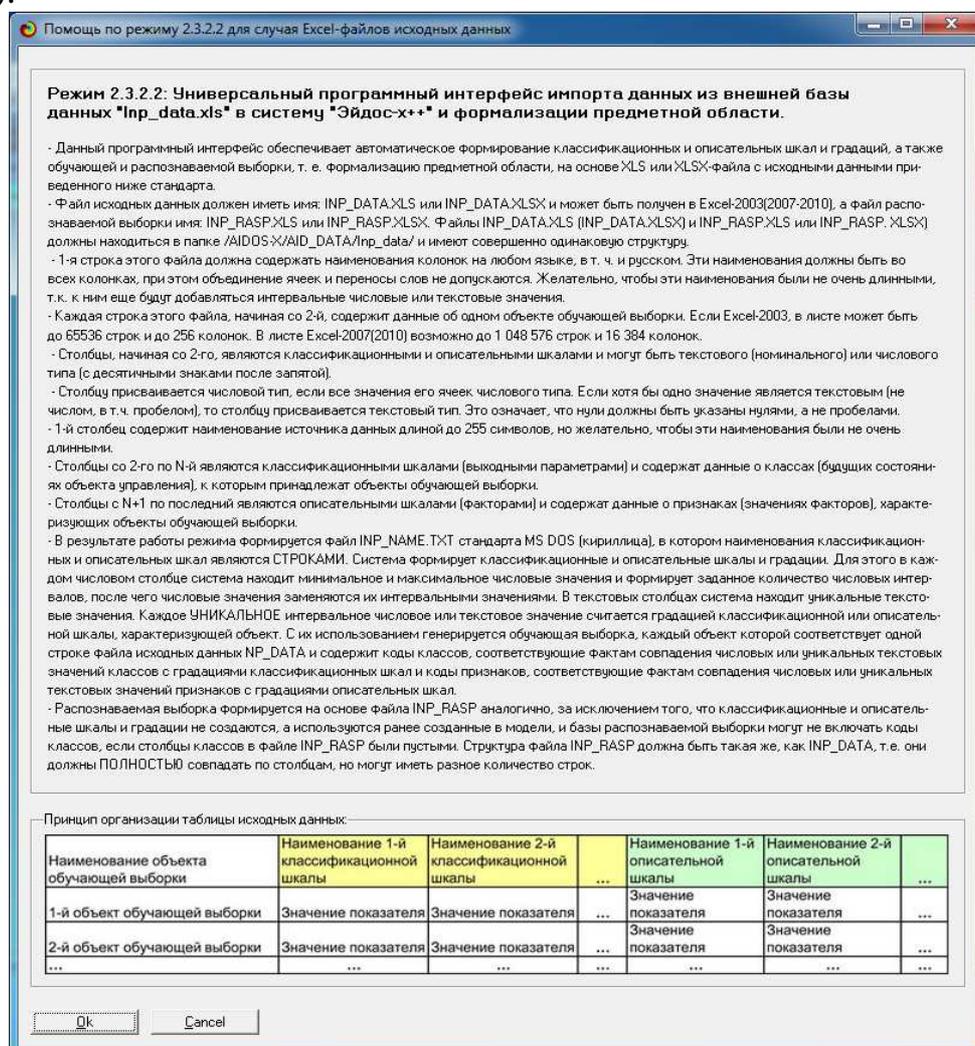


Рисунок 1. Требования к внешнему файлу исходных данных

Таблица 3 – Исходные данные (фрагмент)

Наименование сорта	Тип цветка (151)	Средняя масса грозди, г	Урожайность, ц/га	Сахаристость, г/100 куб. см	Кислотность титруемая, г/л	Рассеченность листьев (072)	Пузырчатость листьев (075)	Вырезки верхние листьев (094-1)	Вырезки нижние листьев (094-2)	Опушение листьев (084)	Грозди размер (202)	Плотность грозди (204)	Ягоды размер (220)	Ягоды форма (223)	Ягоды окраска (225)	Ягоды аромат (236)	Направление использования (603)	Период созревания (629)	Продолжительность продукционного периода, дни	Рост побегов (351)	VrZAG47-2	VrZAG47-1	VVS2-2	VVS2-1	VVMD7-2	VVMD7-1	VVMD5-2
Аджем мискет	:4	40,0	25,0	21,5	3,0	:7	:3	:7	:1	:3	:3	:3	:5	:4	:1	:2	:1	:6	157	:5	182	188	143	145	239	239	242
Аг изюм	:3	220,0	120,0	18,5	8,0	:7	:5	:7	:7	:6	:5	:3	:7	:3	:1	:4	:1	:5	130	:5	180	195	135	145	249	249	230
Аккерманский черный	:3	95,0	55,0	20,5	6,5	:3	:5	:3	:3	:4	:3	:7	:5	:2	:7	:1	:4	:6	152	:7	182	195	133	143	239	249	240
Аклык желтый	:3	180,0	35,0	17,5	6,5	:3	:5	:3	:1	:3	:5	:5	:7	:4	:1	:1	:3	:5	142	:5	195	195	143	145	239	249	236
Аленький	:4	60,0	30,0	21,9	10,7	:5	:5	:5	:5	:3	:5	:3	:3	:3	:7	:1	:4	:5	143	:5	180	195	133	135	239	249	228
Алый терский	:3	225,0	175,0	18,0	6,7	:7	:9	:7	:7	:5	:5	:3	:5	:3	:6	:1	:4	:7	146	:7	182	195	135	143	245	249	238
Амет аджи ибрам	:3	110,0	65,0	17,5	5,5	:3	:5	:3	:1	:8	:5	:5	:5	:3	:1	:1	:4	:6	152	:5	180	182	143	143	239	239	236
Асма	:3	400,0	95,0	17,1	7,6	:1	:5	:5	:3	:1	:7	:7	:7	:7	:1	:1	:8	160	:7	186	195	149	151	243	247	234	
Баят капы	:3	312,0	148,0	17,9	10,0	:5	:5	:5	:5	:9	:7	:9	:5	:3	:6	:8	:4	:5	141	:7	182	182	135	145	239	243	236
Богос зерва	:3	135,0	60,0	19,0	5,5	:5	:4	:7	:5	:8	:5	:7	:3	:3	:1	:1	:4	:5	151	:5	182	182	145	149	239	239	240
Бор кара	:3	286,0	150,0	16,0	5,5	:7	:5	:7	:7	:7	:7	:5	:5	:3	:6	:1	:4	:7	144	:7	176	186	141	143	239	253	238
Борю изюм	:3	225,0	170,0	14,5	4,5	:5	:1	:5	:5	:3	:5	:5	:5	:3	:1	:1	:1	:5	143	:5	190	195	135	137	239	249	236
Брусковатенький	:4	100,0	17,5	22,1	8,5	:5	:5	:5	:3	:1	:3	:3	:3	:7	:1	:4	:5	140	:5	180	182	129	143	239	243	230	
Будай шули	:3	325,0	275,0	17,5	7,4	:7	:5	:7	:7	:7	:7	:5	:7	:7	:1	:4	:3	:7	147	:6	180	186	141	143	239	247	238
Буланный белый	:3	125,0	80,0	20,2	7,2	:5	:5	:5	:3	:1	:5	:5	:3	:2	:1	:1	:3	:5	140	:7	180	184	133	145	239	239	240
Чауш чабан	:3	250,0	100,0	17,0	5,0	:7	:5	:7	:7	:2	:6	:5	:6	:3	:1	:4	:1	:6	150	:7	180	190	135	143	243	247	230
Чол бер	:4	277,0	151,0	15,0	6,9	:3	:4	:3	:3	:1	:7	:5	:7	:3	:6	:1	:3	:7	150	:5	180	182	133	135	239	247	238
Чоркуца розовэ	:3	240,0	125,0	17,0	7,0	:7	:4	:7	:7	:8	:5	:5	:3	:3	:2	:4	:4	:6	152	:7	182	195	133	135	239	239	230
Демир кара	:3	165,0	65,0	20,5	7,2	:7	:4	:7	:3	:3	:5	:7	:5	:2	:7	:7	:4	:5	151	:5	180	188	135	145	239	253	234
Докур	:3	304,0	70,0	16,0	5,5	:7	:1	:7	:7	:1	:7	:5	:6	:4	:1	:1	:1	:7	150	:5	186	186	135	151	249	249	230
Дубут	:3	325,0	150,0	17,4	6,0	:3	:4	:5	:3	:8	:7	:5	:7	:3	:1	:4	:1	:7	143	:7	182	195	135	145	239	259	230
Джагар	:3	308,0	249,0	17,0	6,2	:7	:4	:7	:7	:3	:7	:5	:7	:3	:2	:1	:3	:7	148	:7	182	186	135	143	245	259	236
Джеват кара	:3	172,0	120,0	19,2	4,2	:5	:7	:5	:3	:8	:5	:5	:5	:3	:6	:1	:4	:6	153	:5	180	184	143	145	239	249	230

В 1-й колонке таблицы приведены наименования сортов винограда. В колонках со 2-й по 21-ю приведены классификационные шкалы, с помощью градаций которых описывается степень выраженности фенотипических признаков и свойств. При этом и в наименованиях самих шкал, и в наименованиях их градаций используется общепринятая международная система кодирования фенотипических признаков и свойств (выделены светло-голубым фоном) [17]. В колонках с 22-й по 71-ю приведены наименования микросателлитных генов на 1-й и 2-й спиральях ДНК. В таблице 1 допусаются колонки с текстовым и числовым типом данных [26-45].

Резервные гены выбраны авторами для исследования по двум причинам:

- во-первых, потому, что по ним была информация;
- во-вторых, потому, что традиционно считается, что они не связаны с фенотипическими признаками и свойствами, что на самом деле не так, как показало данное исследование. Для ввода исходных из таблицы 3 в систему «Эйдос» и формирования классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки запускаем режим 2.3.2.2 с параметрами, приведенными на рисунке 2.

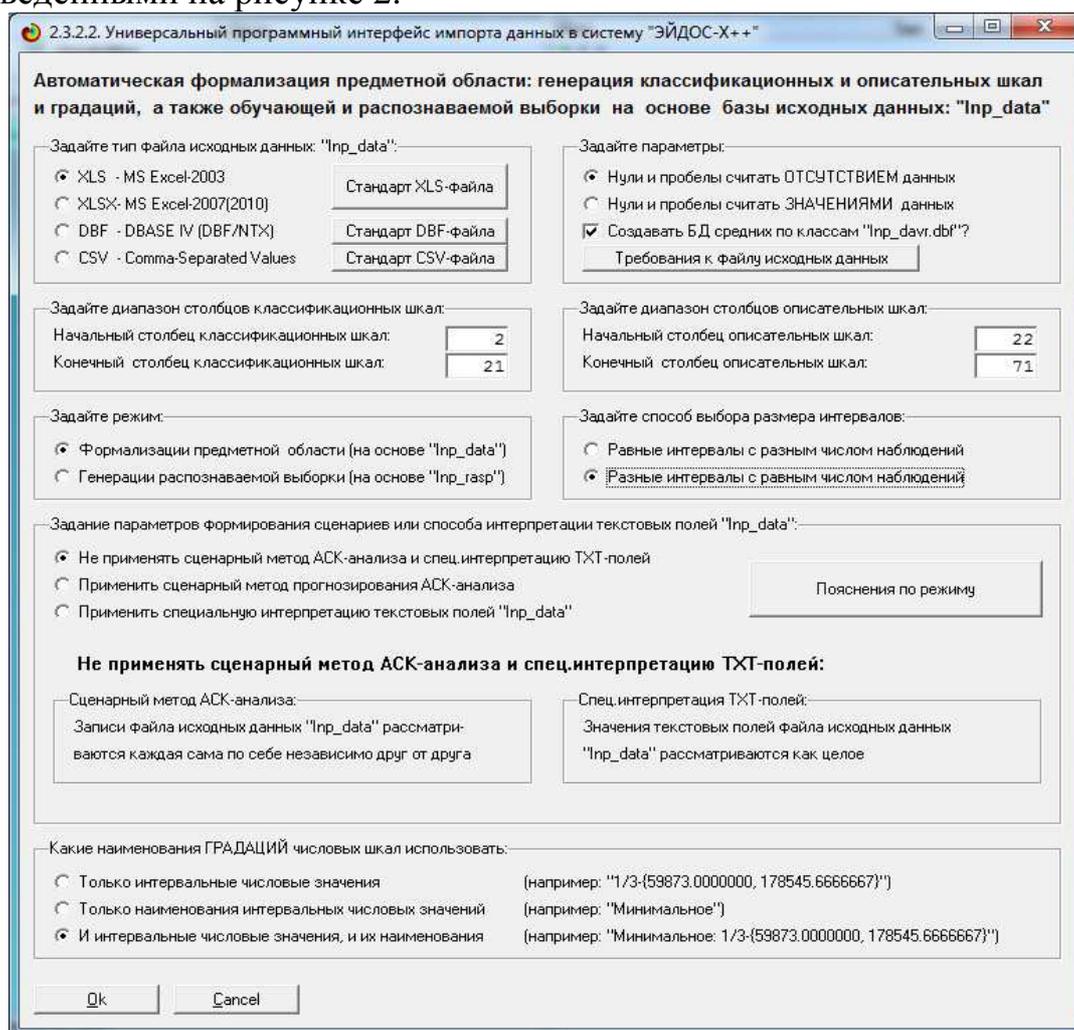


Рисунок 2. Параметры программного интерфейса импорта данных

Во внутреннем калькулятор (рисунок 3) задаем по 5 градаций в числовых классификационных и описательных шкалах. В результате работы программного интерфейса получаем классификационные шкалы и градации (таблица 4), описательные шкалы и градации (таблица 5) и обучающую выборку или эвентологическую базу данных (таблица 6). Обучающая выборка (таблица 6) представляет собой исходные данные (таблица 1), закодированные с помощью классификационных и описательных шкал и градаций (таблицы 4, 5).

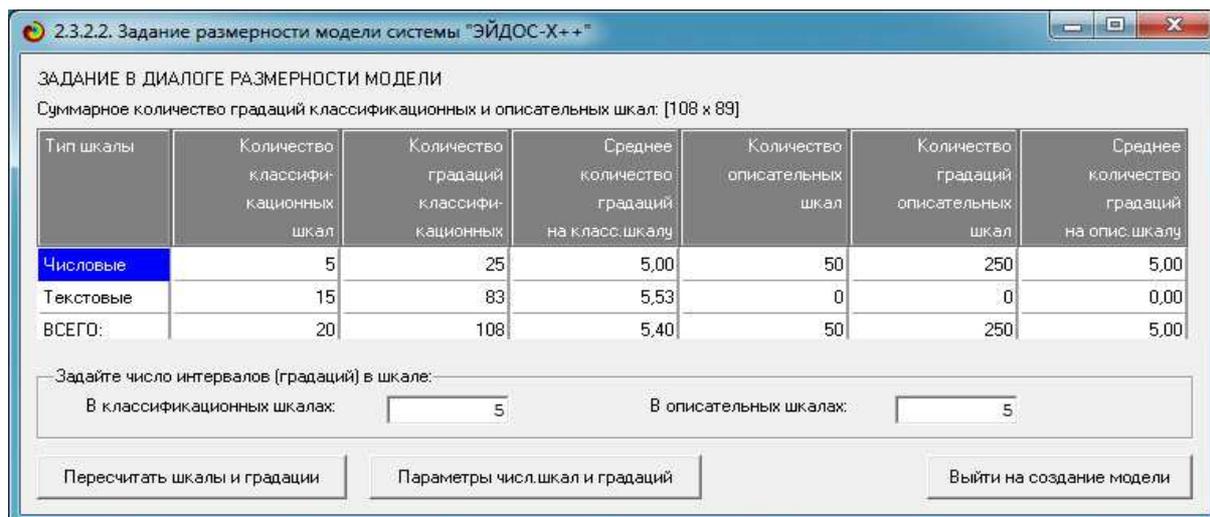


Рисунок 3. Внутренний калькулятор программного интерфейса импорта данных из внешних баз данных

В течение 3-х секунд формируются классификационные и описательные шкалы и градации и обучающая выборка (рисунок 4):

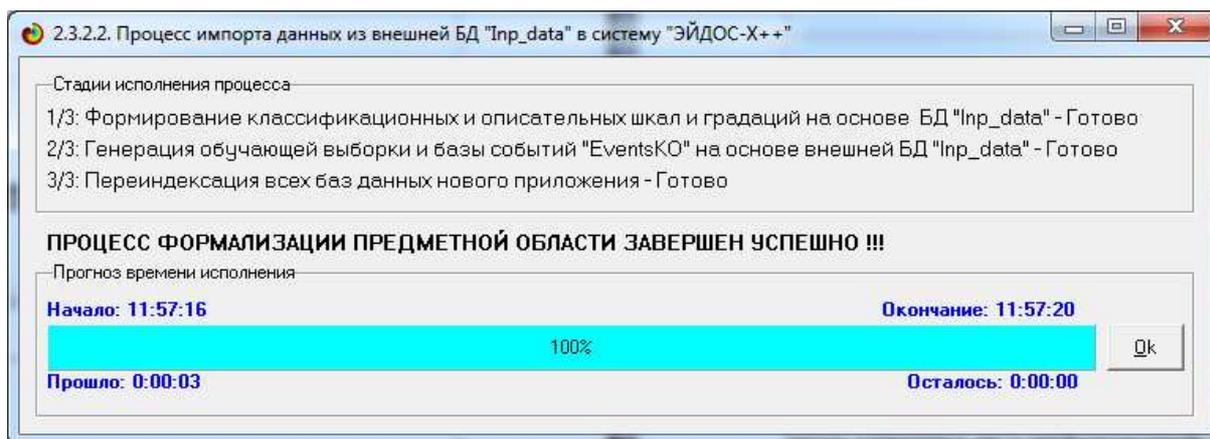


Рисунок 4. Отображение процесса формализации предметной области

В таблицах 4, 5, 6 и последующих часто приводятся лишь фрагменты таблиц из-за их большой размерности ограниченности объема статьи. Но полностью модель вместе с системой можно скачать по ссылке: <http://ej.kubagro.ru/2016/07/upload/03.rar>.

Таблица 4 – Классификационные шкалы и градации (фрагмент)

Код	Наименование класса
1	ТИП ЦВЕТКА (151)-1/2-:3
2	ТИП ЦВЕТКА (151)-2/2-:4
3	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Очень малое: 1/5-{27.0000000, 112.0000000}
4	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Малое: 2/5-{112.0000000, 173.0000000}
5	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Среднее: 3/5-{173.0000000, 220.0000000}
6	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Большое: 4/5-{220.0000000, 280.0000000}
7	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Очень большое: 5/5-{280.0000000, 400.0000000}
8	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Очень малое: 1/5-{9.0000000, 60.0000000}
9	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Малое: 2/5-{60.0000000, 95.0000000}
10	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Среднее: 3/5-{95.0000000, 120.0000000}
11	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Большое: 4/5-{120.0000000, 170.0000000}
12	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Очень большое: 5/5-{170.0000000, 409.0000000}
13	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Очень малое: 1/5-{14.5000000, 17.0000000}
14	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Малое: 2/5-{17.0000000, 18.0000000}
15	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Среднее: 3/5-{18.0000000, 18.7000000}
16	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Большое: 4/5-{18.7000000, 20.5000000}
17	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Очень большое: 5/5-{20.5000000, 24.0000000}
18	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЕМАЯ, Г/Л-Очень малое: 1/5-{2.8000000, 5.5000000}
19	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЕМАЯ, Г/Л-Малое: 2/5-{5.5000000, 6.4000000}
20	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЕМАЯ, Г/Л-Среднее: 3/5-{6.4000000, 6.9000000}
21	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЕМАЯ, Г/Л-Большое: 4/5-{6.9000000, 7.8000000}
22	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЕМАЯ, Г/Л-Очень большое: 5/5-{7.8000000, 10.7000000}
23	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-1/6-:1
24	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-2/6-:3
25	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-3/6-:5
26	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-4/6-:6
27	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-5/6-:7
28	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-6/6-:9
29	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)-1/6-:1
30	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)-2/6-:3
31	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)-3/6-:4
32	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)-4/6-:5
33	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)-5/6-:7
34	ПУЗЫРЧАТОСТЬ ЛИСТЬЕВ (075)-6/6-:9

Таблица 5 – Описательные шкалы и градации (фрагмент)

Код	Наименование
1	VRZAG47-2-Очень малое: 1/5-{176.0000000, 180.0000000}
2	VRZAG47-2-Малое: 2/5-{180.0000000, 182.0000000}
3	VRZAG47-2-Среднее: 3/5-{182.0000000, 182.0000000}
4	VRZAG47-2-Большое: 4/5-{182.0000000, 186.0000000}
5	VRZAG47-2-Очень большое: 5/5-{186.0000000, 195.0000000}
6	VRZAG47-1-Очень малое: 1/5-{180.0000000, 184.0000000}
7	VRZAG47-1-Малое: 2/5-{184.0000000, 186.0000000}
8	VRZAG47-1-Среднее: 3/5-{186.0000000, 190.0000000}
9	VRZAG47-1-Большое: 4/5-{190.0000000, 195.0000000}
10	VRZAG47-1-Очень большое: 5/5-{195.0000000, 195.0000000}
11	VVS2-2-Очень малое: 1/5-{123.0000000, 133.0000000}
12	VVS2-2-Малое: 2/5-{133.0000000, 135.0000000}
13	VVS2-2-Среднее: 3/5-{135.0000000, 135.0000000}
14	VVS2-2-Большое: 4/5-{135.0000000, 143.0000000}
15	VVS2-2-Очень большое: 5/5-{143.0000000, 149.0000000}
16	VVS2-1-Очень малое: 1/5-{135.0000000, 141.0000000}
17	VVS2-1-Малое: 2/5-{141.0000000, 143.0000000}
18	VVS2-1-Среднее: 3/5-{143.0000000, 143.0000000}
19	VVS2-1-Большое: 4/5-{143.0000000, 145.0000000}
20	VVS2-1-Очень большое: 5/5-{145.0000000, 155.0000000}
21	VVMD7-2-Очень малое: 1/5-{231.0000000, 239.0000000}
22	VVMD7-2-Малое: 2/5-{239.0000000, 239.0000000}
23	VVMD7-2-Среднее: 3/5-{239.0000000, 239.0000000}
24	VVMD7-2-Большое: 4/5-{239.0000000, 247.0000000}
25	VVMD7-2-Очень большое: 5/5-{247.0000000, 249.0000000}
26	VVMD7-1-Очень малое: 1/5-{235.0000000, 243.0000000}
27	VVMD7-1-Малое: 2/5-{243.0000000, 247.0000000}
28	VVMD7-1-Среднее: 3/5-{247.0000000, 249.0000000}
29	VVMD7-1-Большое: 4/5-{249.0000000, 249.0000000}
30	VVMD7-1-Очень большое: 5/5-{249.0000000, 265.0000000}

Таблица 6 – Обучающая выборка (эвентологическая база данных) (фрагмент)

NAME_OBJ	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18	N19	N20	N21	N22	N23	N24	N25	N26	N27	N28	N29	N30	N31	N32	N33
Аджем мискет	2	3	8	17	18	27	30	38	40	47	54	60	65	72	77	84	90	97	104	105	2	8	14	19	21	26	35	40	41	46	53	56
Аг изюм	1	5	10	15	22	27	32	38	43	50	55	60	67	71	77	85	90	96	100	105	1	9	12	19	25	28	31	37	44	48	55	58
Аккерманский черный	1	3	8	16	20	24	32	36	41	48	54	62	65	70	82	83	92	97	103	107	2	9	11	17	21	28	35	40	41	48	52	59
Аклык желтый	1	5	8	14	20	24	32	36	40	47	55	61	67	72	77	83	91	96	101	105	5	9	14	19	21	28	33	37	41	47	55	59
Аленький	2	3	8	17	22	25	32	37	42	47	55	60	64	71	82	83	92	96	101	105	1	9	11	16	21	28	31	36	41	46	52	58
Алый терский	1	6	12	14	20	27	34	38	43	49	55	60	65	71	81	83	92	98	102	107	2	9	12	17	24	28	34	37	44	47	53	59
Амет аджи ибрам	1	3	9	14	18	24	32	36	40	52	55	61	65	71	77	83	92	97	103	105	1	6	14	17	21	26	33	40	41	46	51	56
Асма	1	7	9	14	21	23	32	37	41	45	57	62	67	75	82	83	90	99	104	107	4	9	15	20	24	27	33	39	43	46	51	56
Баят капы	1	7	11	14	22	25	32	37	42	53	57	63	65	71	81	88	92	96	101	107	2	6	12	19	21	26	33	39	41	49	55	59
Богос зерва	1	4	8	16	18	25	31	38	42	52	55	62	64	71	77	83	92	96	103	105	2	6	15	20	21	26	35	40	44	49	51	56
Бор кара	1	7	11	13	18	27	32	38	43	51	57	61	65	71	81	83	92	98	101	107	1	7	14	17	21	30	34	39	44	48	51	56
Борю изюм	1	6	11	13	18	25	29	37	42	47	55	61	65	71	77	83	90	96	101	105	5	9	12	16	21	28	33	36	41	47	52	58
Бруксоватенький	2	3	8	17	22	25	32	37	41	45	54	60	64	71	82	83	92	96	101	105	1	6	11	17	21	26	31	37	41	46	52	59
Будай шули	1	7	12	14	21	27	32	38	43	51	57	61	67	75	77	85	91	98	102	106	1	7	14	17	21	27	34	37	45	49	52	56
Буланый белый	1	4	9	16	21	25	32	37	41	45	55	61	64	70	77	83	91	96	101	107	1	6	11	19	21	26	35	39	41	49	51	56
Чауш чабан	1	6	10	13	18	27	32	38	43	46	56	61	66	71	77	85	90	97	102	107	1	8	12	17	24	27	31	38	44	49	52	59
Чол бер	2	6	11	13	20	24	31	36	41	45	57	61	67	71	81	83	91	98	102	105	1	6	11	16	21	27	34	39	44	49	52	56
Чоркуца розовэ	1	6	11	13	21	27	31	38	43	52	55	61	64	71	78	85	92	97	103	107	2	9	11	16	21	26	31	40	41	46	52	59
Демир кара	1	4	9	16	21	27	31	38	41	47	55	62	65	70	82	87	92	96	103	105	1	8	12	19	21	30	33	39	41	47	51	56
Докур	1	7	9	13	18	27	29	38	43	45	57	61	66	72	77	83	90	98	102	105	4	7	12	20	25	28	31	36	44	47	53	56
Дубут	1	7	11	14	19	24	31	37	41	52	57	61	67	71	77	85	90	98	101	107	2	9	12	19	21	30	31	36	41	46	53	59
Джагар	1	7	12	13	19	27	31	38	43	47	57	61	67	71	78	83	91	98	102	107	2	7	12	17	24	30	33	36	44	46	53	59
Джеват кара	1	4	10	16	18	25	33	37	41	52	55	61	65	71	81	83	92	97	103	105	1	6	14	19	21	28	31	37	43	49	52	56
Джунга	2	6	12	13	21	27	29	38	42	45	56	61	67	71	77	83	90	98	102	107	2	9	12	16	21	26	31	38	41	46	53	59
Джвари	2	4	9	13	21	25	34	37	41	52	55	62	65	71	77	83	92	97	104	105	1	9	12	16	25	30	33	39	44	47	51	56
Ефремовский	1	7	8	15	21	27	32	38	43	51	56	60	67	71	77	83	90	95	100	107	1	6	11	16	25	28	34	38	41	46	52	58
Ефремовский второй	1	5	8	14	20	24	32	38	43	52	55	60	65	71	77	83	92	96	100	105	1	6	11	17	21	27	35	40	41	49	51	56
Эмчек изюм	1	6	11	13	19	25	33	38	42	49	55	60	67	73	77	83	90	97	101	105	4	9	12	17	25	28	31	37	44	47	53	58
Галабура	1	4	10	14	21	24	29	36	41	48	57	62	67	72	77	83	92	94	100	105	1	7	14	17	21	26	31	36	41	46	51	56
Гендерил цибил	1	6	10	14	21	27	29	38	43	45	55	63	65	71	82	83	92	98	103	105	1	7	15	19	24	28		43	48	51	56	
Гок ала	1	7	11	14	21	28	32	38	43	49	57	61	65	71	82	83	92	97	101	106	1	7	12	17	21	26	33	37	43	47	52	56
Гюляби белый	1	6	10	15	21	27	32	38	43	47	55	61	66	71	77	85	91	99	104	107	5	9	12	17	24	28	33	37	44	47	53	58
Гюляби дагестанский	1	6	11	16	20	27	32	38	43	47	55	61	66	71	78	85	91	99	104	107	2	9	12	16	21	28	31	36	41	47	55	59
Ири тумут	2	6	12	13	20	27	32	37	41	52	55	63	65	71	78	83	90	98	104	105	4	9	12	17	21	27	33	36	41	46	53	56
Кабассия	1	6	10	13	19	24	32	36	40	53	57	63	67	76	80	83	91	97	101	107	4	9	11	17	21	28	33	40	41	49	52	56
Кайтаги	2	7	12	14	21	24	32	36	40	48	55	60	67	72	78	83	91	98	101	107	2	8	12	17	21	28	35	39	43	46	53	59
Кандаваста	1	4	9	16	19	25	32	37	42	52	55	62	65	71	77	83	92	98	101	107	2	8	14	19	21	28	31	40	44	48	53	59
Кечи эмчеки черный	1	5	10	16	18	25	30	37	42	51	55	60	65	73	81	83	90	95	100	105	4	6		21	26	31	40	44	49	51	56	
Хади тумут	1	5	9	13	18	24	32	37	42	50	55	61	67	74	77	85	90	95	101	107	1	9	12	16	24	30	31	38	43	46	53	58
Халиль изюм	1	5	11	16	20	27	32	38	42	52	55	61	65	71	77	83	91	96	103	105	5	8	15	19	21	28	31	40	43	46	52	56
Харко	1	5	9	15	19	24	32	36	41	51	56	61	65	71	77	83	92	96	102	105	1	6	11	19	21	26	35	39	41	49	51	56
Хатал-баар	2	5	12	15	18	24	32	36	41	53	57	60	66	71	81	89	90	97	100	105	5	9	14	19	21	27	35	39	45	48	51	56

4.3. Синтез и верификация информационной модели, отражающей количество информации в генах о фенотипических свойствах (многопараметрическая типизация)

После формализации предметной области запускаем режим 3.5, обеспечивающий синтез и верификацию моделей с параметрами, приведенными на рисунке 5.

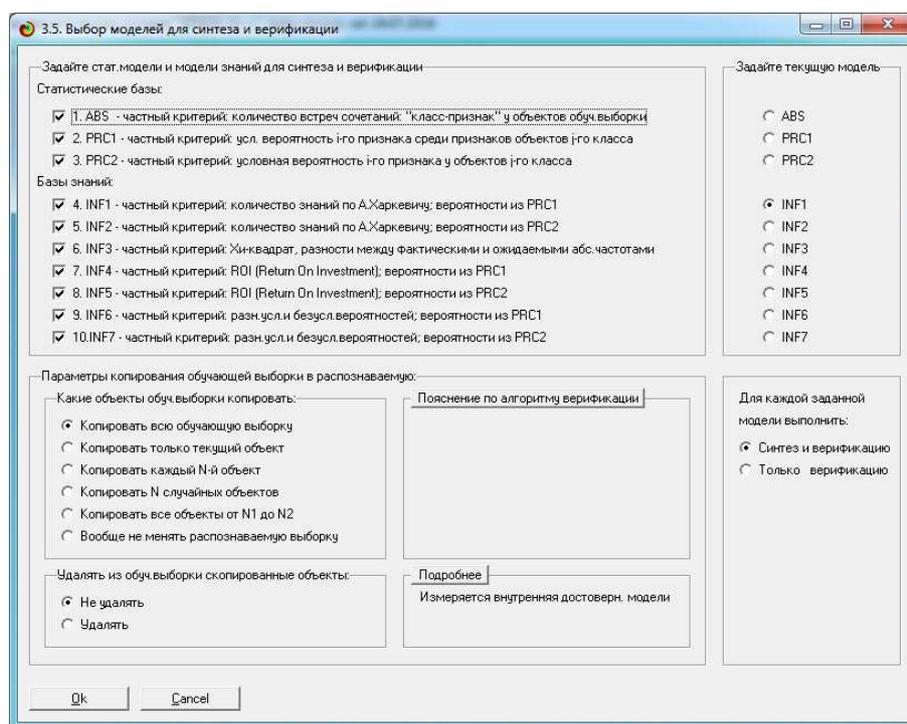


Рисунок 5. Окно запуска режима синтеза и верификации модели (3.5)

Частные модели ABS, PRC#, INF#, отличаются друг друга частными критериями знаний [8, 9] (таблица 7).

Таблица 7 – Частные критерии знаний, используемые в настоящее время в АСК-анализе и системе «Эйдос-X++»

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия	
	через относительные частоты	через абсолютные частоты
INF1 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу. Относительная частота того, что если у объекта j -го класса обнаружен признак, то это i -й признак	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}$
INF2 , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \text{Log}_2 \frac{N_{ij}N}{N_i N_j}$

объектов по j -му классу. Относительная частота того, что если предъявлен объект j -го класса, то у него будет обнаружен i -й признак.		
INF3 , частный критерий: Хи-квадрат: разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	---	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_i N_j}{N}$
INF4 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу ⁵	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
INF5 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij} N}{N_i N_j} - 1$
INF6 , частный критерий: разность условной и безусловной относительных частот, 1-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$
INF7 , частный критерий: разность условной и безусловной относительных частот, 2-й вариант расчета относительных частот: N_j – суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

Обозначения:

i – значение прошлого параметра;

j – значение будущего параметра;

N_{ij} – количество встреч j -го значения будущего параметра при i -м значении прошлого параметра;

M – суммарное число значений всех прошлых параметров;

W – суммарное число значений всех будущих параметров;

N_i – количество встреч i -м значения прошлого параметра по всей выборке;

N_j – количество встреч j -го значения будущего параметра по всей выборке;

N – количество встреч j -го значения будущего параметра при i -м значении прошлого параметра по всей выборке;

I_{ij} – частный критерий знаний: количество знаний в факте наблюдения i -го значения прошлого параметра о том, что объект перейдет в состояние, соответствующее j -му значению будущего параметра;

Ψ – нормировочный коэффициент (Е.В. Луценко, 2002), преобразующий количество информации в формуле А.Харкевича в биты и обеспечивающий для нее соблюдение принципа соответствия с формулой Р.Хартли;

P_i – безусловная относительная частота встречи i -го значения прошлого параметра в обучающей выборке;

P_{ij} – условная относительная частота встречи i -го значения прошлого параметра при j -м значении будущего параметра.

⁵ Применение предложено Л.О. Макаревич

Наименование модели и частного критерия	Интегральный критерий	Вероятность правильной идентификации	Вероятность правильной не идентификации	Средняя вероятность результата	Дата получения результата	Время получения результата
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас...	Корреляция абс. частот с обр...	100.000	0.058	50.029	25.07.2016	12:01:25
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Сумма абс. частот по признак...	100.000		50.000	25.07.2016	12:01:25
3. PRC2 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака сред...	Корреляция усл. отн. частот с о...	100.000	0.058	50.029	25.07.2016	12:02:02
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма усл. отн. частот по приз...	100.000		50.000	25.07.2016	12:02:02
5. INF2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака...	Корреляция усл. отн. частот с о...	100.000	0.058	50.029	25.07.2016	12:02:39
6. INF3 - частный критерий: Хинкватрат. разности между факти...	Сумма усл. отн. частот по приз...	100.000		50.000	25.07.2016	12:02:39
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	90.112	79.241	84.677	25.07.2016	12:03:15
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	82.022	84.325	83.174	25.07.2016	12:03:15
9. INF6 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Семантический резонанс зна...	90.169	79.098	84.633	25.07.2016	12:03:51
10. INF7 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в...	Сумма знаний	80.674	83.307	81.990	25.07.2016	12:03:51
11. INF8 - частный критерий: Хинкватрат. разности между факти...	Семантический резонанс зна...	91.011	72.787	81.899	25.07.2016	12:04:28
12. INF9 - частный критерий: Хинкватрат. разности между факти...	Сумма знаний	91.011	72.787	81.899	25.07.2016	12:04:28
13. INF10 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	89.101	81.296	85.198	25.07.2016	12:05:04
14. INF11 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	92.640	66.270	79.455	25.07.2016	12:05:04
15. INF12 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Семантический резонанс зна...	87.809	80.885	84.347	25.07.2016	12:05:40
16. INF13 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятн...	Сумма знаний	91.292	65.658	78.475	25.07.2016	12:05:40
17. INF14 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; вер...	Семантический резонанс зна...	90.225	72.915	81.570	25.07.2016	12:06:16
18. INF15 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; вер...	Сумма знаний	91.011	66.401	78.706	25.07.2016	12:06:16
19. INF16 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; ве...	Семантический резонанс зна...	89.213	72.689	80.951	25.07.2016	12:06:52
20. INF17 - частный критерий: разн. усл. и без усл. вероятностей; ве...	Сумма знаний	88.202	65.564	76.883	25.07.2016	12:06:52

Рисунок 7. Достоверность идентификации и не идентификации объектов обучающей выборки в созданных моделях

Для оценки достоверности моделей используется предложенная проф. Е.В. Луценко метрика, сходная с известным F-критерием (рисунок 8):

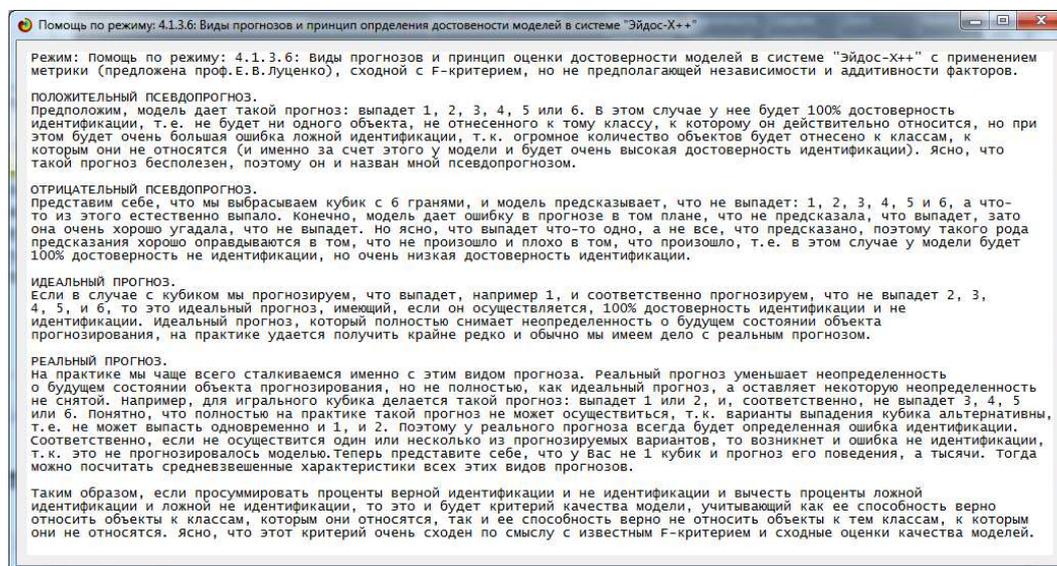


Рисунок 8. Оценка достоверности моделей в системе «Эйдос»

Ниже, на рисунках 9 приведены фрагменты моделей, отражающих взаимосвязи между структурой генома и фенотипическими признаками и свойствами винограда, отличающихся частными критериями знаний [8, 9] (экранные формы получены в режиме 5.5, названия моделей приведены на экранных формах).

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

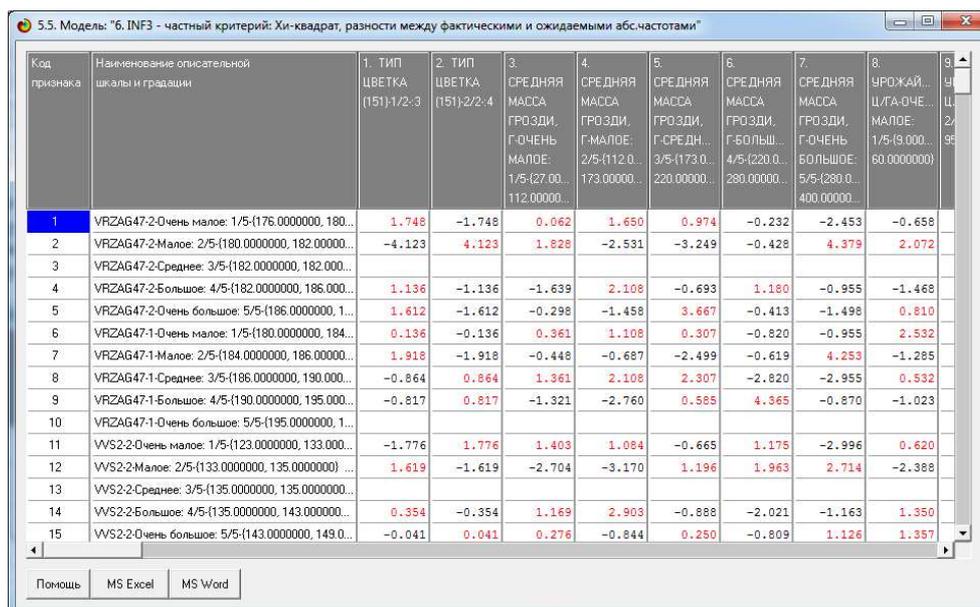
Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ТИП ЦВЕТКА (151)1/2:3	2. ТИП ЦВЕТКА (151)2/2:4	3. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-ОЧЕНЬ МАЛОЕ: 1/5(27.00...112.00000...	4. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-МАЛОЕ: 2/5(112.0...173.00000...	5. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-СРЕДН... 3/5(173.0...220.00000...	6. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-БОЛЬШ... 4/5(220.0...280.00000...	7. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ: 5/5(280.0...400.00000...	8. УРОЖАЙ... Ц/ГА-ОЧЕ... МАЛОЕ: 1/5(9.000...60.0000000
1	VRZAG47-2-Очень мало: 1/5(176.0000000, 180.0000000) ...	26	5	6	8	7	6	4	5
2	VRZAG47-2-Мало: 2/5(180.0000000, 182.0000000) ...	17	10	7	3	2	5	10	7
3	VRZAG47-2-Среднее: 3/5(182.0000000, 182.0000000) ...								
4	VRZAG47-2-Большое: 4/5(182.0000000, 186.0000000) ...	16	3	2	6	3	5	3	2
5	VRZAG47-2-Очень большое: 5/5(186.0000000, 195.0...)	11	1	2	1	6	2	1	3
6	VRZAG47-1-Очень мало: 1/5(180.0000000, 184.0000000) ...	15	4	4	5	4	3	3	6
7	VRZAG47-1-Мало: 2/5(184.0000000, 186.0000000) ...	16	2	3	3	1	3	8	2
8	VRZAG47-1-Среднее: 3/5(186.0000000, 190.0000000) ...	14	5	5	6	6	1	1	4
9	VRZAG47-1-Большое: 4/5(190.0000000, 195.0000000) ...	25	8	5	4	7	11	6	5
10	VRZAG47-1-Очень большое: 5/5(195.0000000, 195.0...)								
11	WVS2-2-Очень мало: 1/5(123.0000000, 133.0000000) ...	17	7	6	6	4	6	2	5
12	WVS2-2-Мало: 2/5(133.0000000, 135.0000000) ...	29	6	4	4	8	9	10	4
13	WVS2-2-Среднее: 3/5(135.0000000, 135.0000000) ...								
14	WVS2-2-Большое: 4/5(135.0000000, 143.0000000) ...	16	4	5	7	3	2	3	5
15	WVS2-2-Очень большое: 5/5(143.0000000, 149.0000000) ...	7	2	2	1	2	1	3	3

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

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ТИП ЦВЕТКА (151)1/2:3	2. ТИП ЦВЕТКА (151)2/2:4	3. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-ОЧЕНЬ МАЛОЕ: 1/5(27.00...112.00000...	4. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-МАЛОЕ: 2/5(112.0...173.00000...	5. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-СРЕДН... 3/5(173.0...220.00000...	6. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-БОЛЬШ... 4/5(220.0...280.00000...	7. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ: 5/5(280.0...400.00000...	8. УРОЖАЙ... Ц/ГА-ОЧЕ... МАЛОЕ: 1/5(9.000...60.0000000
1	VRZAG47-2-Очень мало: 1/5(176.0000000, 180.0000000) ...	37.143	26.316	35.294	44.444	38.889	33.333	22.222	29.412
2	VRZAG47-2-Мало: 2/5(180.0000000, 182.0000000) ...	24.286	52.632	41.176	16.667	11.111	27.778	55.556	41.176
3	VRZAG47-2-Среднее: 3/5(182.0000000, 182.0000000) ...								
4	VRZAG47-2-Большое: 4/5(182.0000000, 186.0000000) ...	22.857	15.789	11.765	33.333	16.667	27.778	16.667	11.765
5	VRZAG47-2-Очень большое: 5/5(186.0000000, 195.0...)	15.714	5.263	11.765	5.556	33.333	11.111	5.556	17.647
6	VRZAG47-1-Очень мало: 1/5(180.0000000, 184.0000000) ...	21.429	21.053	23.529	27.778	22.222	16.667	16.667	35.294
7	VRZAG47-1-Мало: 2/5(184.0000000, 186.0000000) ...	22.857	10.526	17.647	16.667	5.556	16.667	44.444	11.765
8	VRZAG47-1-Среднее: 3/5(186.0000000, 190.0000000) ...	20.000	26.316	29.412	33.333	33.333	5.556	5.556	23.529
9	VRZAG47-1-Большое: 4/5(190.0000000, 195.0000000) ...	35.714	42.105	29.412	22.222	38.889	61.111	33.333	29.412
10	VRZAG47-1-Очень большое: 5/5(195.0000000, 195.0...)								
11	WVS2-2-Очень мало: 1/5(123.0000000, 133.0000000) ...	24.286	36.842	35.294	33.333	22.222	33.333	11.111	29.412
12	WVS2-2-Мало: 2/5(133.0000000, 135.0000000) ...	41.429	31.579	23.529	22.222	44.444	50.000	55.556	23.529
13	WVS2-2-Среднее: 3/5(135.0000000, 135.0000000) ...								
14	WVS2-2-Большое: 4/5(135.0000000, 143.0000000) ...	22.857	21.053	29.412	38.889	16.667	11.111	16.667	29.412
15	WVS2-2-Очень большое: 5/5(143.0000000, 149.0000000) ...	10.000	10.526	11.765	5.556	11.111	5.556	16.667	17.647

5.5. Модель: "4. INF1 - частный критерий: количество знаний по АХаркевичу, вероятности из PRC1"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ТИП ЦВЕТКА (151)1/2:3	2. ТИП ЦВЕТКА (151)2/2:4	3. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-ОЧЕНЬ МАЛОЕ: 1/5(27.00...112.00000...	4. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-МАЛОЕ: 2/5(112.0...173.00000...	5. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-СРЕДН... 3/5(173.0...220.00000...	6. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-БОЛЬШ... 4/5(220.0...280.00000...	7. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ: 5/5(280.0...400.00000...	8. УРОЖАЙ... Ц/ГА-ОЧЕ... МАЛОЕ: 1/5(9.000...60.0000000
1	VRZAG47-2-Очень мало: 1/5(176.0000000, 180.0000000) ...	0.041	-0.179	0.006	0.138	0.089	-0.023	-0.285	-0.074
2	VRZAG47-2-Мало: 2/5(180.0000000, 182.0000000) ...	-0.129	0.317	0.180	-0.364	-0.575	-0.049	0.343	0.209
3	VRZAG47-2-Среднее: 3/5(182.0000000, 182.0000000) ...								
4	VRZAG47-2-Большое: 4/5(182.0000000, 186.0000000) ...	0.044	-0.191	-0.357	0.258	-0.124	0.160	-0.165	-0.328
5	VRZAG47-2-Очень большое: 5/5(186.0000000, 195.0...)	0.094	-0.572	-0.083	-0.536	0.563	-0.112	-0.545	0.187
6	VRZAG47-1-Очень мало: 1/5(180.0000000, 184.0000000) ...	0.005	-0.020	0.056	0.149	0.047	-0.144	-0.165	0.327
7	VRZAG47-1-Мало: 2/5(184.0000000, 186.0000000) ...	0.076	-0.401	-0.083	-0.123	-0.746	-0.112	0.452	-0.296
8	VRZAG47-1-Среднее: 3/5(186.0000000, 190.0000000) ...	-0.036	0.113	0.189	0.258	0.289	-0.798	-0.819	0.085
9	VRZAG47-1-Большое: 4/5(190.0000000, 195.0000000) ...	-0.019	0.064	-0.140	-0.313	0.052	0.301	-0.081	-0.111
10	VRZAG47-1-Очень большое: 5/5(195.0000000, 195.0...)								
11	WVS2-2-Очень мало: 1/5(123.0000000, 133.0000000) ...	-0.059	0.174	0.159	0.119	-0.092	0.130	-0.545	0.079
12	WVS2-2-Мало: 2/5(133.0000000, 135.0000000) ...	0.034	-0.142	-0.308	-0.348	0.096	0.147	0.189	-0.279
13	WVS2-2-Среднее: 3/5(135.0000000, 135.0000000) ...								
14	WVS2-2-Большое: 4/5(135.0000000, 143.0000000) ...	0.013	-0.050	0.159	0.319	-0.154	-0.416	-0.195	0.187
15	WVS2-2-Очень большое: 5/5(143.0000000, 149.0000000) ...	-0.003	0.012	0.089	-0.364	0.080	-0.353	0.280	0.359



5.5. Модель: "6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами"

Код признака	Наименование описательной шкалы и градации	1. ТИП ЦВЕТКА (1/5)1/2-3	2. ТИП ЦВЕТКА (1/5)2/2-4	3. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ. Г-ОЧЕНЬ МАЛОЕ: 1/5-(27.00... 112.000000...	4. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ. Г-МАЛОЕ: 2/5-(112.0... 173.000000...	5. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ. Г-СРЕДН... 3/5-(173.0... 220.000000...	6. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ. Г-БОЛЬШ... 4/5-(220.0... 280.000000...	7. СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ. Г-ОЧЕНЬ БОЛЬШОЕ: 5/5-(280.0... 400.000000...	8. УРОЖАЙ... Ц/ТА-ОЧЕ... МАЛОЕ: 1/5-(9.000... 60.00000000)
1	VRZAG47-2-Очень малое: 1/5-(176.0000000, 180...	1.748	-1.748	0.062	1.650	0.974	-0.232	-2.453	-0.658
2	VRZAG47-2-Малое: 2/5-(180.0000000, 182.000000...	-4.123	4.123	1.828	-2.531	-3.249	-0.428	4.379	2.072
3	VRZAG47-2-Среднее: 3/5-(182.0000000, 182.000...								
4	VRZAG47-2-Большое: 4/5-(182.0000000, 186.000...	1.136	-1.136	-1.639	2.108	-0.693	1.180	-0.955	-1.468
5	VRZAG47-2-Очень большое: 5/5-(186.0000000, 1...	1.612	-1.612	-0.298	-1.458	3.667	-0.413	-1.498	0.810
6	VRZAG47-1-Очень малое: 1/5-(180.0000000, 184...	0.136	-0.136	0.361	1.108	0.307	-0.820	-0.955	2.532
7	VRZAG47-1-Малое: 2/5-(184.0000000, 186.00000...	1.918	-1.918	-0.448	-0.687	-2.499	-0.619	4.253	-1.285
8	VRZAG47-1-Среднее: 3/5-(186.0000000, 190.000...	-0.864	0.864	1.361	2.108	2.307	-2.820	-2.955	0.532
9	VRZAG47-1-Большое: 4/5-(190.0000000, 195.000...	-0.817	0.817	-1.321	-2.760	0.585	4.365	-0.870	-1.023
10	VRZAG47-1-Очень большое: 5/5-(195.0000000, 1...								
11	WVS2-2-Очень малое: 1/5-(123.0000000, 133.000...	-1.776	1.776	1.403	1.084	-0.665	1.175	-2.996	0.620
12	WVS2-2-Малое: 2/5-(133.0000000, 135.0000000) ...	1.619	-1.619	-2.704	-3.170	1.196	1.963	2.714	-2.388
13	WVS2-2-Среднее: 3/5-(135.0000000, 135.0000000) ...								
14	WVS2-2-Большое: 4/5-(135.0000000, 143.000000...	0.354	-0.354	1.169	2.903	-0.888	-2.021	-1.163	1.350
15	WVS2-2-Очень большое: 5/5-(143.0000000, 149.0...	-0.041	0.041	0.276	-0.844	0.250	-0.809	1.126	1.357

Рисунок 9. Фрагменты моделей, отражающих взаимосвязи между структурой генома и фенотипическими свойствами/признаками винограда

4.4. Решение задачи системной идентификации фенотипических признаков и свойств по наличию тех или иных генов

Смысл этой задачи состоит в том, чтобы используя отраженные в моделях знания о силе и направлении влияния различных структур генома (степень выраженности генов на спиральях ДНК) на степень выраженности различных фенотипических признаков и свойств по описанию структур генома определить, какими фенотипическими признаками и свойствами будет обладать виноград с таким геномом.

В АСК-анализе и системе «Эйдос» эта задача решается двумя способами:

- 1) считается, что объект тем в большей степени относится к некоторому классу, чем больше информации о принадлежности к нему содержится в его признаках;
- 2) считается, что объект тем в большей степени относится к некоторому классу, чем больше его профиль по степени выраженности признаков сходен с профилем класса, в котором отражена степень характерности этих признаков для класса.

Первый способ соответствует применению интегрального критерия: «Сумма знаний», а второй – «Резонанс знаний».

Рассмотрим интегральные критерии знаний, используемые в настоящее время в АСК-анализе и системе «Эйдос-Х++» для верификации мо-

делей и решения задач идентификации и прогнозирования, а затем приведем некоторые выходные формы с результатами распознавания. Все их не приведем, т.к. их довольно много (рисунок 10):

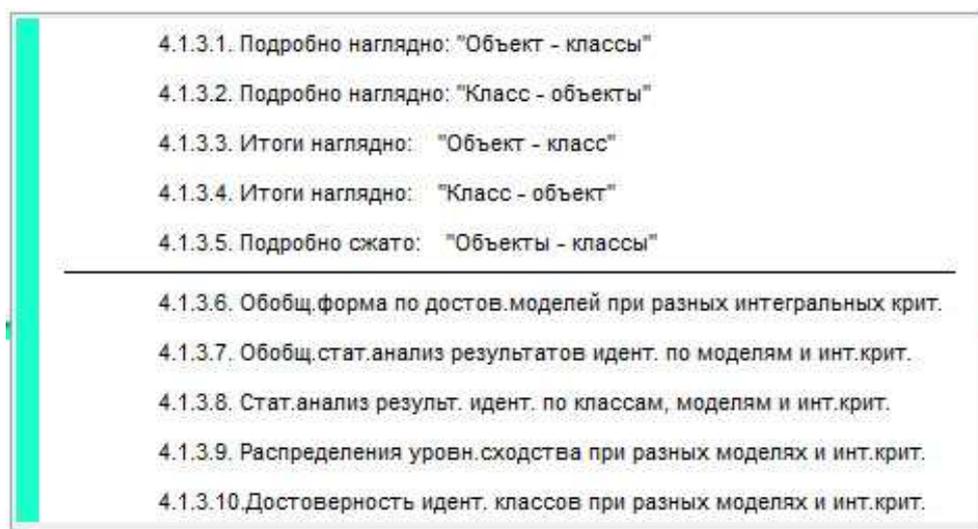


Рисунок 10. Формы с результатами распознавания системы «Эйдос»

4.4.1. Интегральный критерий – «Сумма знаний»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.4.2. Интегральный критерий – «Резонанс знаний»

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

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

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

где:

M – количество градаций описательных шкал (признаков);

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

\bar{L} – среднее по вектору объекта;

σ_j – среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

σ_l – среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

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

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

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

4.4.3. Идентификация объекта с классами

Экранная форма, в которой для каждого объекта обучающей выборки приводятся все классы в порядке убывания релевантности, приведена на рисунке 11:

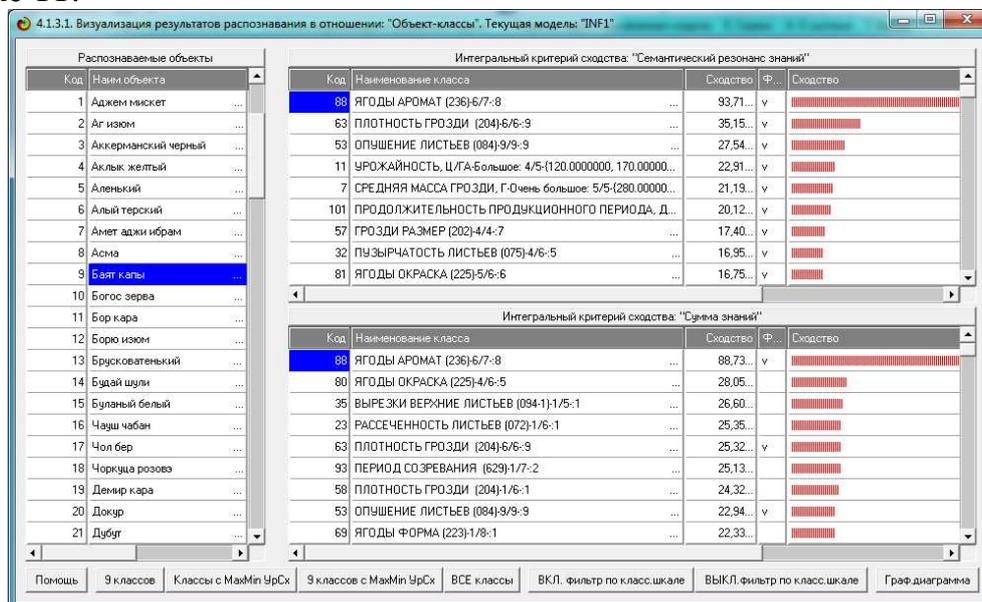


Рисунок 11. Результаты решения задачи идентификации фенотипических признаков и свойств сорта винограда по структуре его генома

4.4.4. Степень сходства объектов с классом

Экранная форма, в которой для каждого объекта обучающей выборки приводятся все классы в порядке убывания релевантности, приведена на рисунке 12:

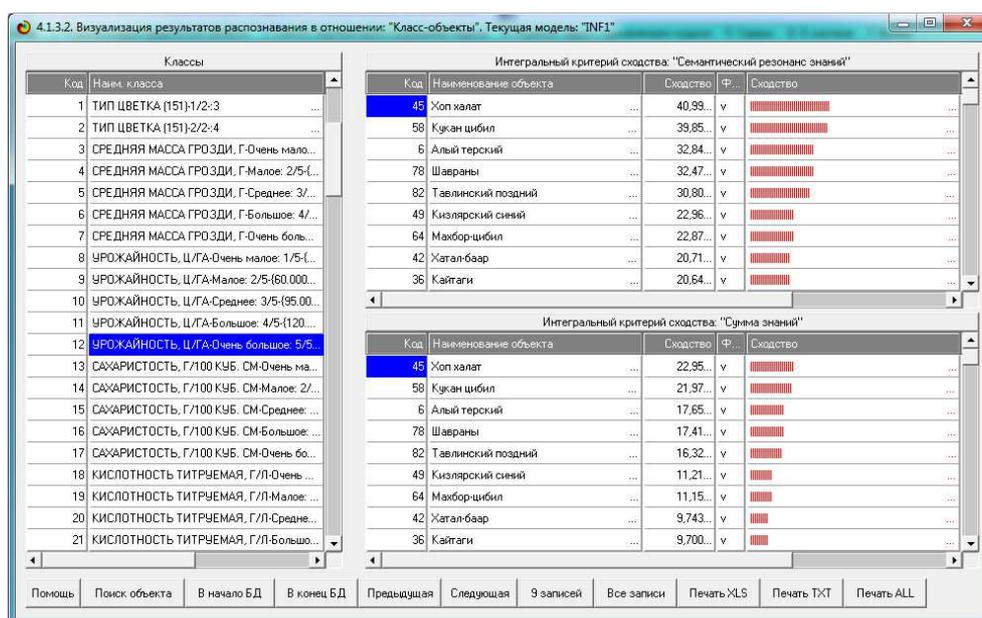


Рисунок 12. Результаты решения задачи идентификации сортов винограда с заданными фенотипическими признаками и свойствами по структуре их генома

4.5. Автоматизированный SWOT-анализ системы детерминации фенотипических признаков и свойств структурой генома

На экранных формах режима 4.4.8 системы «Эйдос», приведенных на рисунке 13, пользователь может выбрать любое фенотипическое свойство или признак и модель, в которой отображать систему детерминации этого фенотипического свойства/признака структурой генома и степенью выраженности различных генов в двух спиральных ДНК [18]:

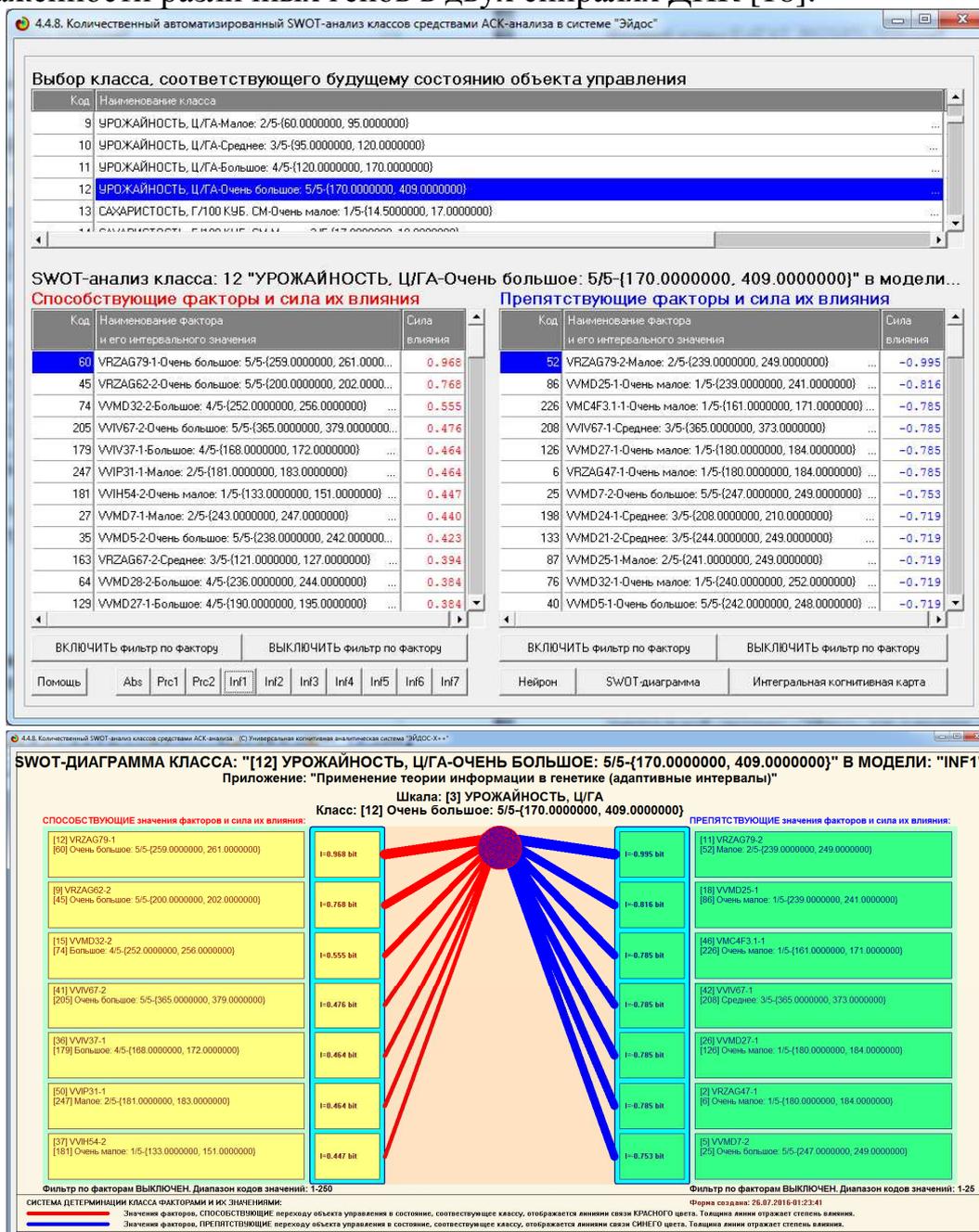


Рисунок 13. Экранные формы автоматизированного SWOT-анализа, показывающие, какие гены способствуют, а какие препятствуют проявлению заданного фенотипического признака/свойства в модели INF1

В верхней экранной форме, приведенной на рисунке 13, пользователь может выбрать любой ген и включить фильтр по нему. Тогда на экранных формах будет отражено влияние степени выраженности именно этого гена на заданное фенотипическое свойство (рисунок 14):

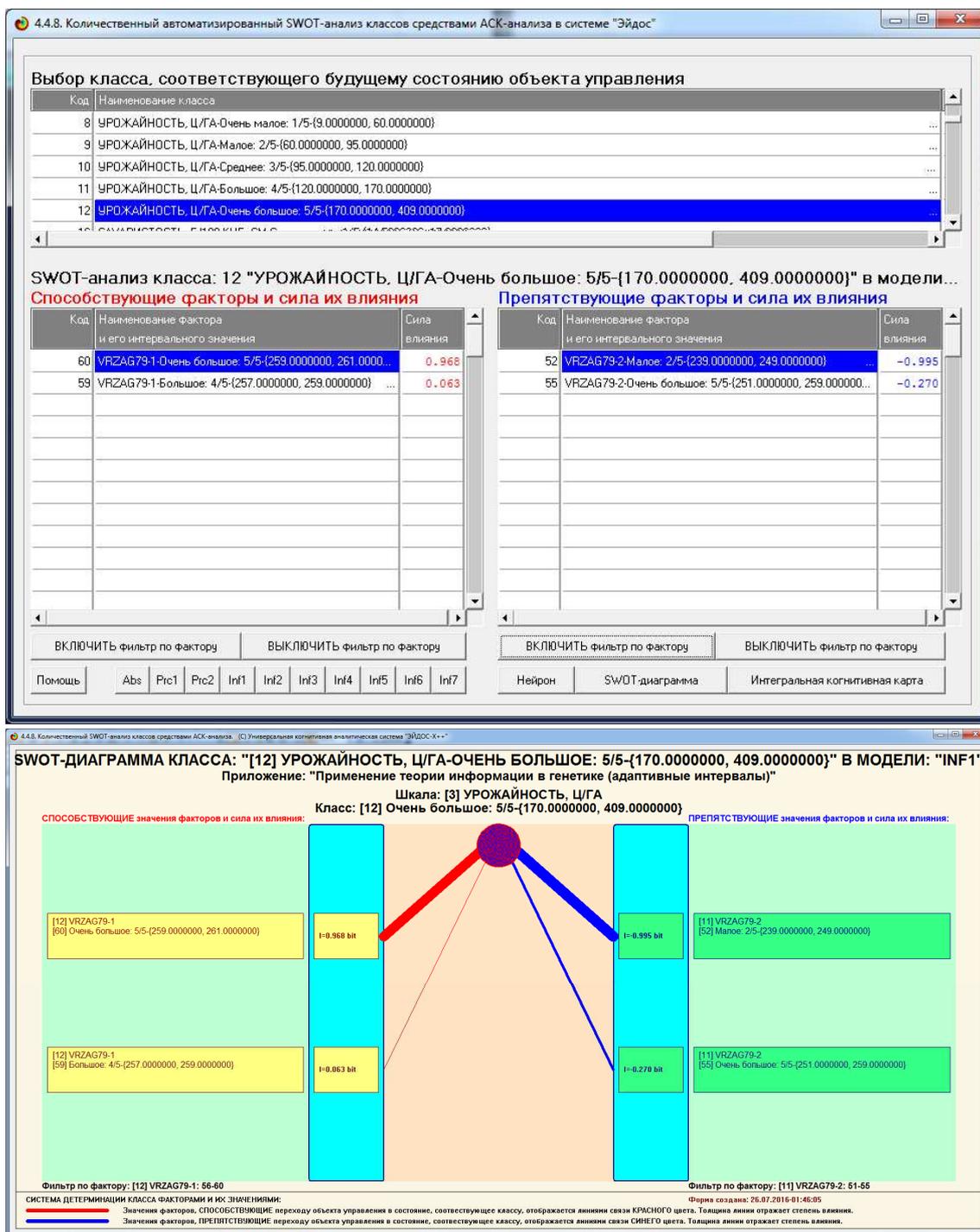


Рисунок 14. Экранные формы автоматизированного SWOT-анализа, показывающие, что высокая степень выраженности гена VRZAG79-1 способствует, а низкая VRZAG79-2 препятствует проявлению фенотипического свойства: «Очень большая урожайность» в модели INF1

4.6. Автоматизированный SWOT-анализ силы и направления влияния конкретного гена на фенотипические свойства/признаки

На экранных формах режима 4.4.9 системы «Эйдос», приведенных на рисунке 15, пользователь может выбрать любой ген и степень его выраженности в 1-й или 2-й аллели и модель, в которой отображать - какое влияние он оказывает на фенотипические свойства/признаки:

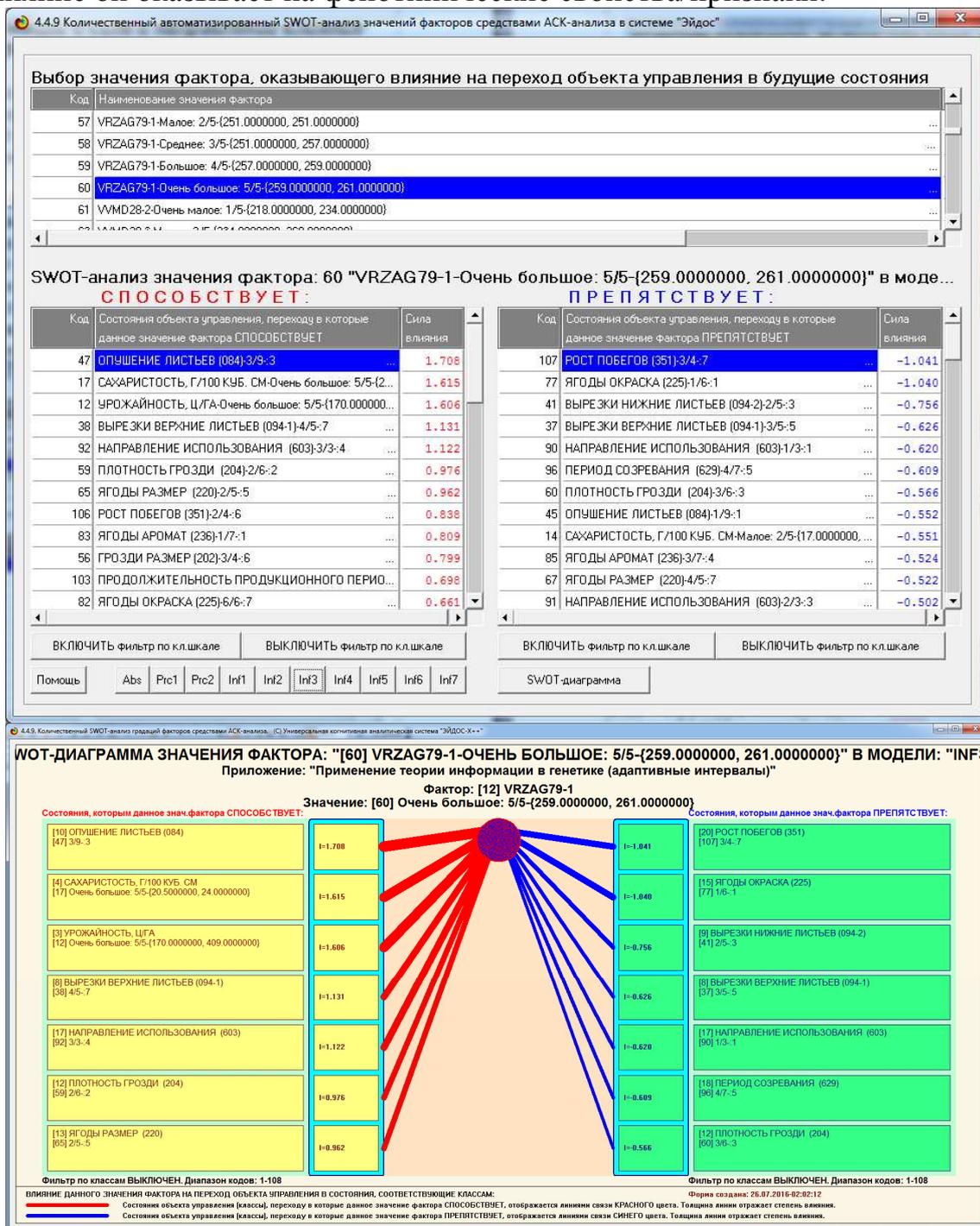


Рисунок 15. Экранные формы автоматизированного SWOT-анализа, показывающие, какое влияние заданный ген оказывает на степень выраженности различных фенотипических свойств/признаков в модели INF3

В верхней экранной форме, приведенной на рисунке 16, пользователь может выбрать любое фенотипическое свойство и включить фильтр по нему. Тогда на экранных формах будет отражено влияние заданной степени выраженности заданного гена на это фенотипическое свойство (рисунок 17):

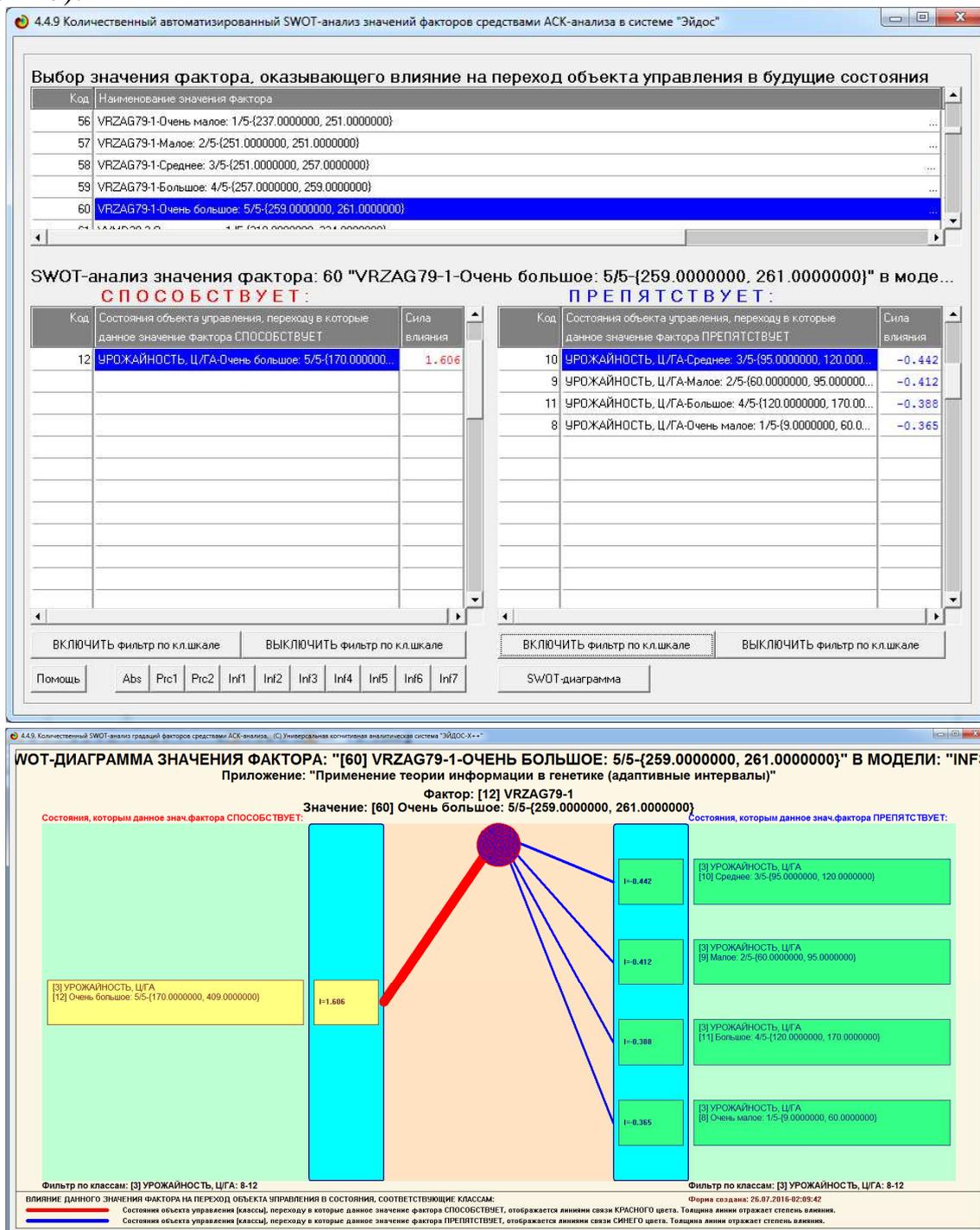


Рисунок 16. Экранные формы автоматизированного SWOT-анализа, показывающие, что высокая степень выраженности гена VRZAG79-1 способствует очень высокой урожайности и препятствует всем остальным степеням выраженности урожайности в модели INF3

Таким образом, используя автоматизированный когнитивный SWOT-анализ генов и фенотипических свойств/признаков, мы можем получить информацию о том, какими генами детерминируется заданное фенотипическое свойство/признак и наоборот, какие фенотипические признаки/свойства обуславливаются заданным геном. Обладание этими знаниями вселяет надежду на возможность получения ответа на вопрос о том, ***каким должен быть ген, чтобы сорт обладал заданными желательными фенотипическими свойствами.***

Однако здесь есть по меньшей мере одна проблема, которая состоит в том, что некоторые фенотипические свойства/признаки детерминируются наличием или сильной выраженностью определенных генов, а другие либо их полным отсутствием, либо слабой выраженностью. Ясно, что одновременно ген не может и присутствовать, и отсутствовать, быть и сильно, и слабо выраженным.

Из этого следует, что некоторые фенотипические свойства/признаки невозможно одновременно получить в одном сорте, а другие вполне возможно. Например, ягода не может быть и сладкой, и кислой, и темной, и светлой. Может быть в этом и состоит оправдание существования многих сортов. Чтобы узнать, конкретно какие свойства совместимы в одном сорте, а какие нет, необходимо провести сравнение различных фенотипических свойств по их системе детерминации генами.

4.7. Количественное определение сходства-различия различных фенотипических свойств по их системе детерминации генами. Совместимые и несовместимые фенотипические свойства

Эта задача решается в режиме 4.2.2 системы «Эйдос», в котором сначала рассчитываются матрицы сходства классов (рисунки 17 и 18), а затем они просто визуализируются в форме когнитивных диаграмм или, кроме того, на их основе проводится когнитивный кластерный анализ [19]⁶. Результаты кластерного анализа классов приведены на табличной экранной форме режима 4.2.2.2 (рисунок 19) и в графической форме когнитивной диаграммы (рисунки 20 и 21).

⁶ Он был реализован в DOS-версии системы «Эйдос», а в новой версии его еще нет.

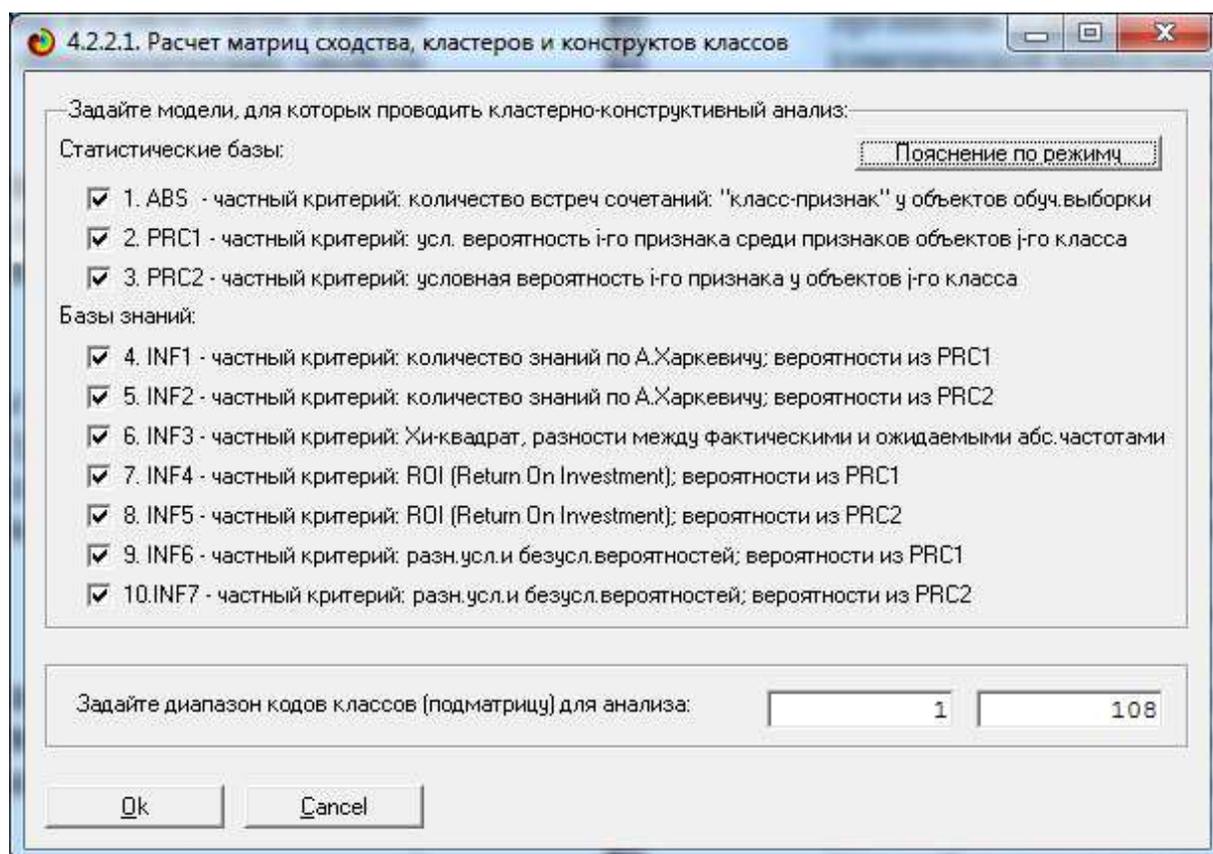


Рисунок 17. Форма задания параметров формирования матрицы сходства классов

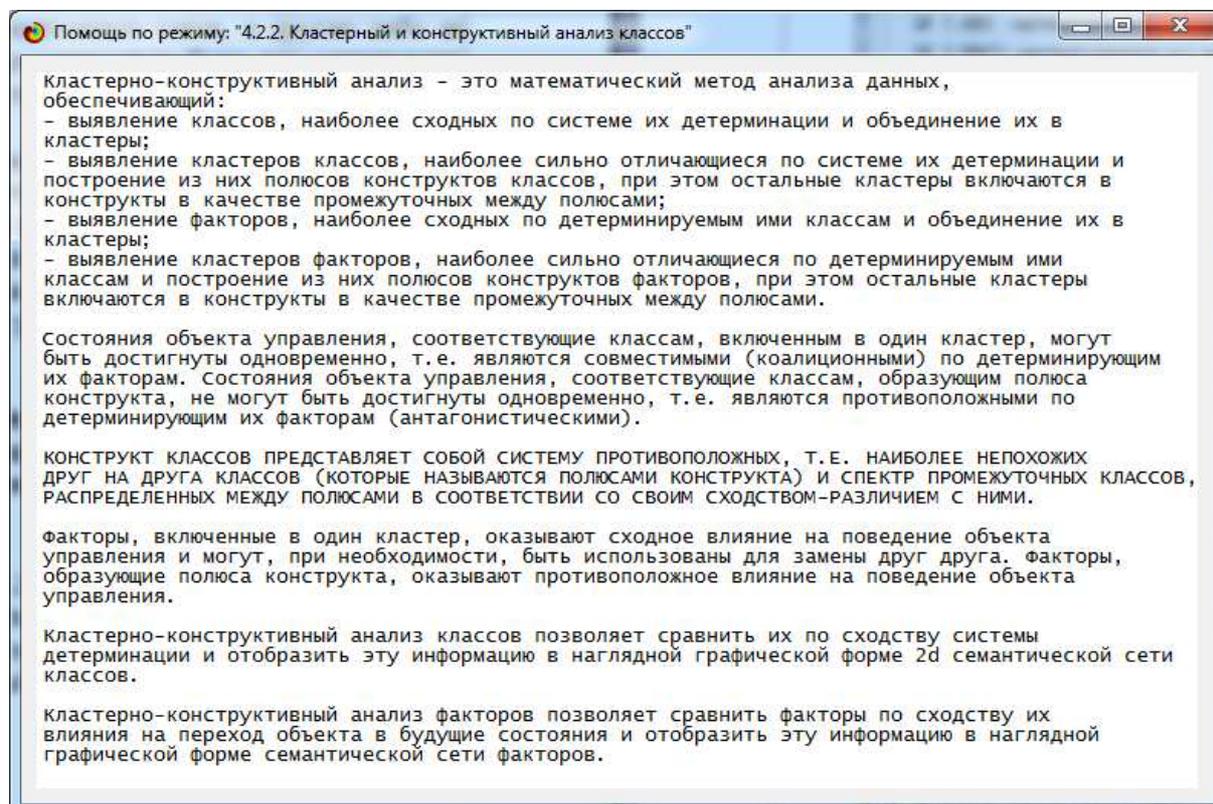


Рисунок 18. Help режима кластерного анализа классов системы «Эйдос»

4.2.2.2. Результаты кластерно-конструктивного анализа классов

Конструкт класса: 12 "УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Очень большое: 5/5-(170.0000000, 409.0000000)" в модели: 4 "INF1"

Код	Наименование класса	№	Код класса	Наименование класса	Сходство
1	ТИП ЦВЕТКА (151)-1/2:3	1	12	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Очень большое: 5/5-(170.0000000, 409.0000000)	100.000
2	ТИП ЦВЕТКА (151)-2/2:4	2	98	ПЕРИОД СОЗРЕВАНИЯ (629)-6/7:7	40.236
3	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Очень малое: 1/...	3	81	ЯГОДЫ ОКРАСКА (225)-5/6:6	38.459
4	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Малое: 2/5-(112...	4	66	ЯГОДЫ РАЗМЕР (220)-3/5:6	37.895
5	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Среднее: 3/5-(17...	5	2	ТИП ЦВЕТКА (151)-2/2:4	36.689
6	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Очень большое: 4/5-(22...	6	7	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Очень большое: 5/5-(280.0000000, ...	36.289
7	СРЕДНЯЯ МАССА ГРОЗДИ, Г-Очень большое: ...	7	44	ВЫРЕЗКИ НИЖНИЕ ЛИСТЬЕВ (094-2)-5/5:9	34.985
8	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Очень малое: 1/5-(9.000...	8	43	ВЫРЕЗКИ НИЖНИЕ ЛИСТЬЕВ (094-2)-4/5:7	29.462
9	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Малое: 2/5-(60.0000000, ...	9	20	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЧЕМАЯ, Г/Л-Среднее: 3/5-(6.4000000, 6.90...	28.466
10	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Среднее: 3/5-(95.000000...	10	91	НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (603)-2/3:3	27.701
11	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Большое: 4/5-(120.0000...	11	58	ПЛОТНОСТЬ ГРОЗДИ (204)-1/6:1	27.261
12	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Очень большое: 5/5-(17...	12	59	ПЛОТНОСТЬ ГРОЗДИ (204)-2/6:2	27.009
13	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Очень малое: ...	98	26	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-4/6:6	-23.337
14	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Малое: 2/5-(1...	99	87	ЯГОДЫ АРОМАТ (236)-5/7:7	-23.461
15	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Среднее: 3/5-...	100	108	РОСТ ПОБЕГОВ (351)-4/4:9	-24.865
16	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Большое: 4/5-...	101	80	ЯГОДЫ ОКРАСКА (225)-4/6:5	-25.073
17	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Очень большо...	102	1	ТИП ЦВЕТКА (151)-1/2:3	-25.950
18	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЧЕМАЯ, Г/Л-Очень мало...	103	16	САХАРИСТОСТЬ, Г/100 КУБ. СМ-Большое: 4/5-(18.7000000, 20.5...	-26.254
19	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЧЕМАЯ, Г/Л-Малое: 2/5-...	104	10	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Среднее: 3/5-(95.0000000, 120.0000000) ...	-27.121
20	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЧЕМАЯ, Г/Л-Среднее: 3/...	105	96	ПЕРИОД СОЗРЕВАНИЯ (629)-4/7:5	-32.969
21	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЧЕМАЯ, Г/Л-Большое: 4/...	106	92	НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (603)-3/3:4	-33.661
22	КИСЛОТНОСТЬ ТИТРУЧЕМАЯ, Г/Л-Очень боль...	107	9	УРОЖАЙНОСТЬ, Ц/ГА-Малое: 2/5-(60.0000000, 95.0000000) ...	-34.969
23	РАССЕЧЕННОСТЬ ЛИСТЬЕВ (072)-1/6:1	108	37	ВЫРЕЗКИ ВЕРХНИЕ ЛИСТЬЕВ (094-1)-3/5:5	-34.974

Помощь Abs Prc1 Prc2 Inf1 Inf2 Inf3 Inf4 Inf5 Inf6 Inf7 График Вкл. фильтр по к.шкале Выкл. фильтр по к.шкале Вписать в окно Показать ВСЕ

Рисунок 19. Табличная форма с результатом кластерного анализа классов

Имеется возможность сразу получить графическую диаграмму, соответствующую приведенной таблице. Однако в этом случае эта диаграмма будет нечитабельна из-за большого количества графических элементов. Поэтому перед отображением графической диаграммы кликнем на кнопке: «Вписать в окно» на появившейся экранной форме, приведенной на рисунке 19, зададим 12 отображаемых классов, нажмем ОК, а уже затем кликнем по кнопке: «График» (рисунок 20):

4.2.2.2. Задание классов для отображения

Задание параметров отображения классов:

Задайте число отображаемых классов:

Задайте MIN модуль уровня сходства отображаемых классов:

Задайте способ выбора классов для отображения:

Классы с MAX и MIN уровнями сходства

Классы с MAX по модулю уровнем сходства

Рисунок 20. Задание параметров графической диаграммы с результатами кластерно-конструктивного анализа

А затем выведем саму диаграмму:

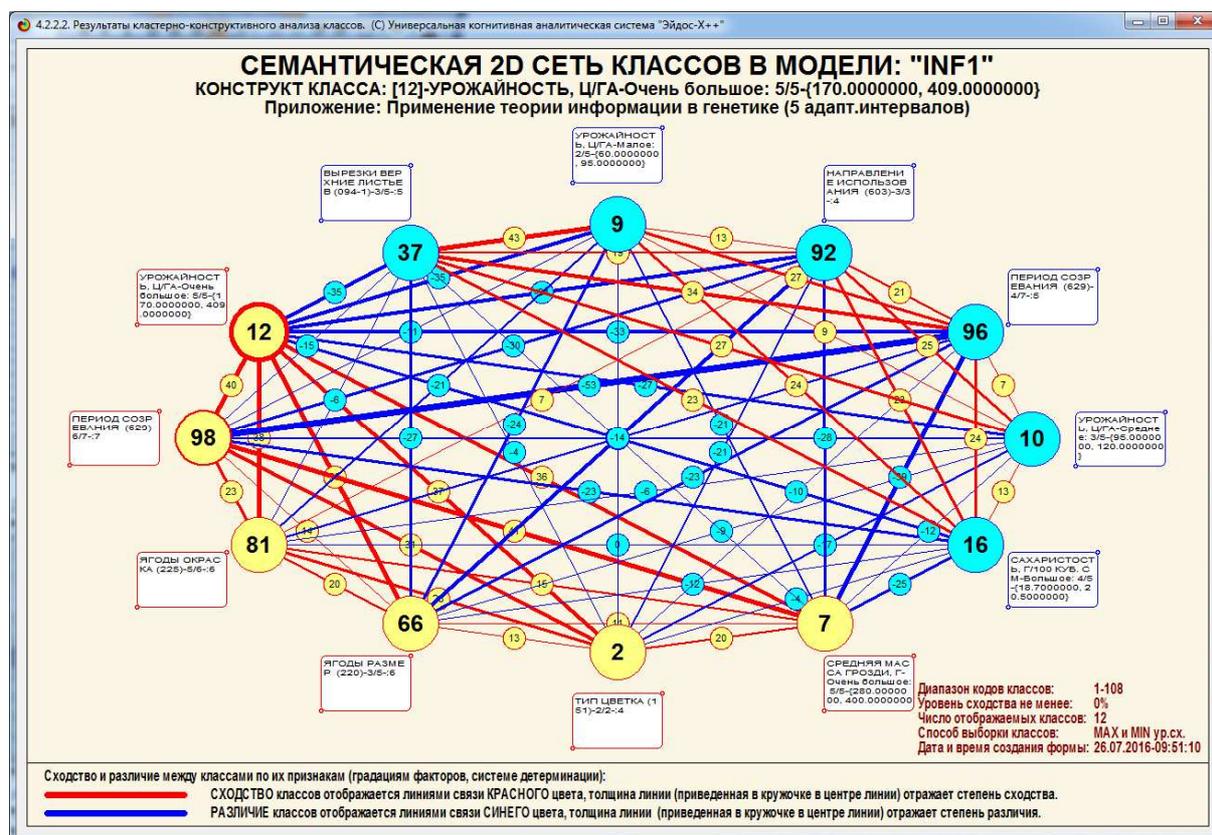


Рисунок 21. Когнитивная диаграмма с результатами кластерно-конструктивного анализа

На этой диаграмме изображен конструкт с двумя кластерами на полюсах. На одном полюсе кластер с центром в классе - код: 12 «Урожайность очень большая» (этот центр мы задаем в экранной форме, приведенной на рисунке 19) и классами 98, 81, 66 и 2, а на другом полюсе мы видим кластер с фенотипическими признаками: 37, 9, 92, 93, 10, 16.

Классы, находящиеся в одном кластере, детерминируются сходными системами генов и достижимы одновременно в одном сорте.

Классы, относящиеся к противоположным кластерам, находящимся на полюсах конструкта, не достижимы одновременно в одном сорте.

Например, перед селекционерами корректно ставить задачу получить высокоурожайный сорт винограда с окраской ягод 225 (код: 81) и размером ягод 220 (код: 66), и очень массивной гроздью (код: 7), при этом у этого сорта будет длительный период созревания 629 (код: 98). А вот требовать от селекционеров, чтобы эти ягоды были сладкими (код: 16) некорректно, т.к. это требует совершенно другого генома, чем обуславливающий ранее перечисленные фенотипические свойства. Если же мы хотим получить сладкий сорт, то, по-видимому, придется смириться с его малой или в лучшем случае средней урожайностью.

Отметим, что обычно подобными знаниями располагают только эксперты в данной предметной области, а в данной работе показано, как они могут быть получены с помощью современных автоматизированных интеллектуальных технологий (АСК-анализа и системы «Эйдос») непосредственно на основе эмпирических данных.

4.8. Количественное определение сходства-различия различных генов по их влиянию на фенотипических свойства. Возможность замены одних генов другими

Традиционно считается, что определенные гены обуславливают соответствующие фенотипические свойства и эти свойства не могут быть детерминированы другими генами. Но наше исследование показывает, что, по-видимому, это не так. Об этом говорит факт сходства между генами по их влиянию на фенотип, из-за чего они объединяются в кластеры, а противоположные кластеры образуют полюса конструкторов. В одном кластере оказываются гены, оказывающие сходное влияние на фенотипические свойства, а на полюсах конструктора – противоположное.

Для получения соответствующих выходных форм сначала сформируем матрицу сходства генов по их влиянию, а потом отобразим ее в табличном и графическом виде (рисунки 22 и 23):

Код	Наименование признака	№	Код призна...	Наименование признака	Сходство
53	VRZAG79-2-Среднее: 3/5-{249.0000000, 251.000...	1	60	VRZAG79-1-Очень большое: 5/5-{259.0000000, 261.0000000}	100.000
54	VRZAG79-2-Большое: 4/5-{251.0000000, 251.000...	2	5	VRZAG47-2-Очень большое: 5/5-{186.0000000, 195.0000000}	43.409
55	VRZAG79-2-Очень большое: 5/5-{251.0000000, 2...	3	125	WVMD27-2-Очень большое: 5/5-{186.0000000, 195.0000000}	43.409
56	VRZAG79-1-Очень малое: 1/5-{237.0000000, 251...	4	167	VRZAG67-1-Малое: 2/5-{135.0000000, 143.0000000}	37.650
57	VRZAG79-1-Малое: 2/5-{251.0000000, 251.00000...	5	210	WVIV67-1-Очень большое: 5/5-{376.0000000, 400.0000000}	36.439
58	VRZAG79-1-Среднее: 3/5-{251.0000000, 257.000...	6	203	WVIV67-2-Среднее: 3/5-{357.0000000, 358.0000000}	32.063
59	VRZAG79-1-Большое: 4/5-{257.0000000, 259.000...	7	224	VMC4F3.1-2-Большое: 4/5-{173.0000000, 177.0000000}	28.423
60	VRZAG79-1-Очень большое: 5/5-{259.0000000, 2...	8	73	WVMD32-2-Среднее: 3/5-{250.0000000, 252.0000000}	26.310
61	WVMD28-2-Очень малое: 1/5-{218.0000000, 234...	9	173	WVIV37-2-Среднее: 3/5-{156.0000000, 160.0000000}	25.629
62	WVMD28-2-Малое: 2/5-{234.0000000, 236.000000...	10	83	WVMD25-2-Среднее: 3/5-{239.0000000, 241.0000000}	25.387
63	WVMD28-2-Среднее: 3/5-{236.0000000, 236.0000...	11	247	WVIP31-1-Малое: 2/5-{181.0000000, 183.0000000}	23.995
64	WVMD28-2-Большое: 4/5-{236.0000000, 244.0000...	12	16	WVS2-1-Очень малое: 1/5-{135.0000000, 141.0000000}	22.362
65	WVMD28-2-Очень большое: 5/5-{244.0000000, 25...	240	85	WVMD25-2-Очень большое: 5/5-{245.0000000, 255.0000000}	-19.451
66	WVMD28-1-Очень малое: 1/5-{234.0000000, 244...	241	71	WVMD32-2-Очень малое: 1/5-{236.0000000, 248.0000000}	-20.255
67	WVMD28-1-Малое: 2/5-{244.0000000, 258.000000...	242	25	WVMD7-2-Очень большое: 5/5-{247.0000000, 249.0000000}	-20.412
68	WVMD28-1-Среднее: 3/5-{258.0000000, 258.0000...	243	207	WVIV67-1-Малое: 2/5-{361.0000000, 365.0000000}	-20.620
69	WVMD28-1-Большое: 4/5-{258.0000000, 258.0000...	244	226	VMC4F3.1-1-Очень малое: 1/5-{161.0000000, 171.0000000}	-20.717
70	WVMD28-1-Очень большое: 5/5-{258.0000000, 27...	245	221	VMC4F3.1-2-Очень малое: 1/5-{161.0000000, 165.0000000}	-21.794
71	WVMD32-2-Очень малое: 1/5-{236.0000000, 248...	246	49	VRZAG62-1-Большое: 4/5-{202.0000000, 204.0000000}	-21.876
72	WVMD32-2-Малое: 2/5-{248.0000000, 250.000000...	247	153	WVIQ52-2-Среднее: 3/5-{76.0000000, 78.0000000}	-22.986
73	WVMD32-2-Среднее: 3/5-{250.0000000, 252.0000...	248	146	VMC1B11-1-Очень малое: 1/5-{167.0000000, 179.0000000}	-23.353
74	WVMD32-2-Большое: 4/5-{252.0000000, 256.0000...	249	26	WVMD7-1-Очень малое: 1/5-{235.0000000, 243.0000000}	-24.103
75	WVMD32-2-Очень большое: 5/5-{256.0000000, 27...	250	103	WVIB01-2-Среднее: 3/5-{291.0000000, 295.0000000}	-26.525

Рисунок 22. Результат кластерно-конструктивного анализа генов по их влиянию на фенотип

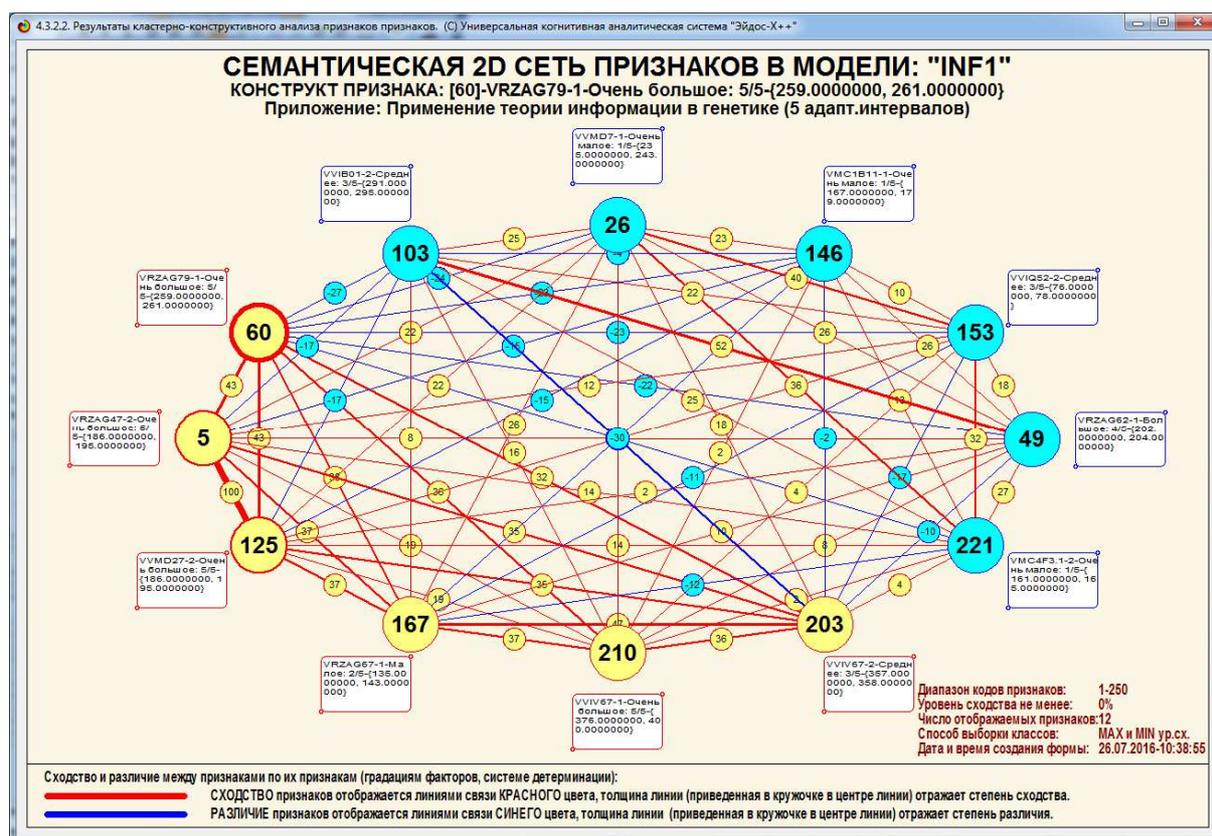


Рисунок 23. Результат кластерно-конструктивного анализа генов по их влиянию на фенотип

Из этих выходных форм видно, какие гены оказывают сходное, а какие - противоположное влияние на фенотип. Если бы между генами и фенотипическими признаками/свойствами было взаимно-однозначное соответствие, то между ними не было бы схождения и различия по их влиянию на фенотип, т.е. их система была бы ортонормированна.

Отметим, что обычно подобными знаниями располагают только эксперты в данной предметной области, а в данной работе показано, как они могут быть получены с помощью современных автоматизированных интеллектуальных технологий (АСК-анализа и системы «Эйдос») непосредственно на основе эмпирических данных.

4.9. Алгоритм принятия решения о структуре генома с целью создания нового сорта с заданной системой фенотипических свойств/признаков

Авторы предлагают следующий алгоритм принятия решения о структуре генома с целью создания нового сорта с заданной системой фенотипических свойств/признаков, по сути совпадающий с логикой изложения в данной работе (предполагающий, что все этапы АСК-анализа до создания и верификации моделей успешно выполнены):

Шаг-1: 4.7. Количественное определение сходства-различия различных фенотипических свойств по их системе детерминации генами. Выбираем совместимые в одном сорте фенотипические свойства.

Шаг-2: 4.5. Провести автоматизированный SWOT-анализ системы детерминации каждого из выбранных на 1-м шаге фенотипического свойства структурой генома. Выбрать гены, детерминирующие выбранные фенотипические свойства.

Шаг-3: Исключить повторы генов, выбранных на 2-м шаге.

Шаг-4: 4.4. Решить задачу системной идентификации сорта по выбранным на 3-м шаге генам. Этот сорт и берем за основу для селекции.

Для выполнения 4-го шага создаем еще одну модель совершенно аналогично описанному выше, но в качестве классов выбираем наименования сортов, а в качестве признаков – гены. Авторами эта модель создана. На рисунке 24 приводится одна из форм, отражающая результаты кластерно-конструктивного анализа сравнения сортов по их геному в этой модели:

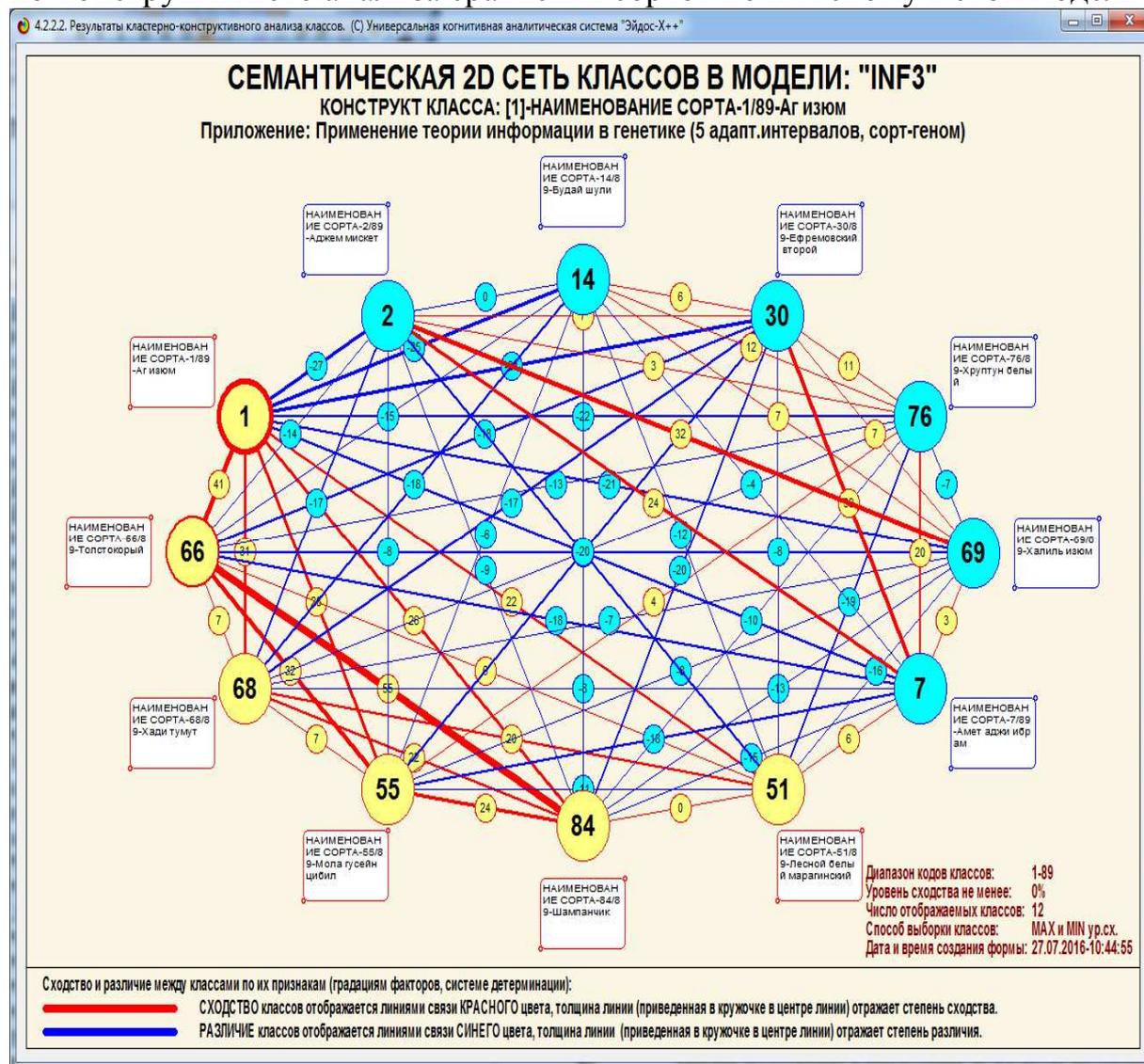


Рисунок 24. Результаты кластерно-конструктивного анализа сравнения сортов по их геному

4.10. Когнитивные функциональные зависимости между структурой генома и степенью выраженности фенотипических свойств/признаков

Когнитивные функции – это предложенное проф. Е.В. Луценко обобщение классического понятия функциональной зависимости на основе теории информации в системной нечеткой интервальной математике [20]. Для их генерации и визуализации в системе «Эйдос» предназначен режим 4.5 (рисунок 25):

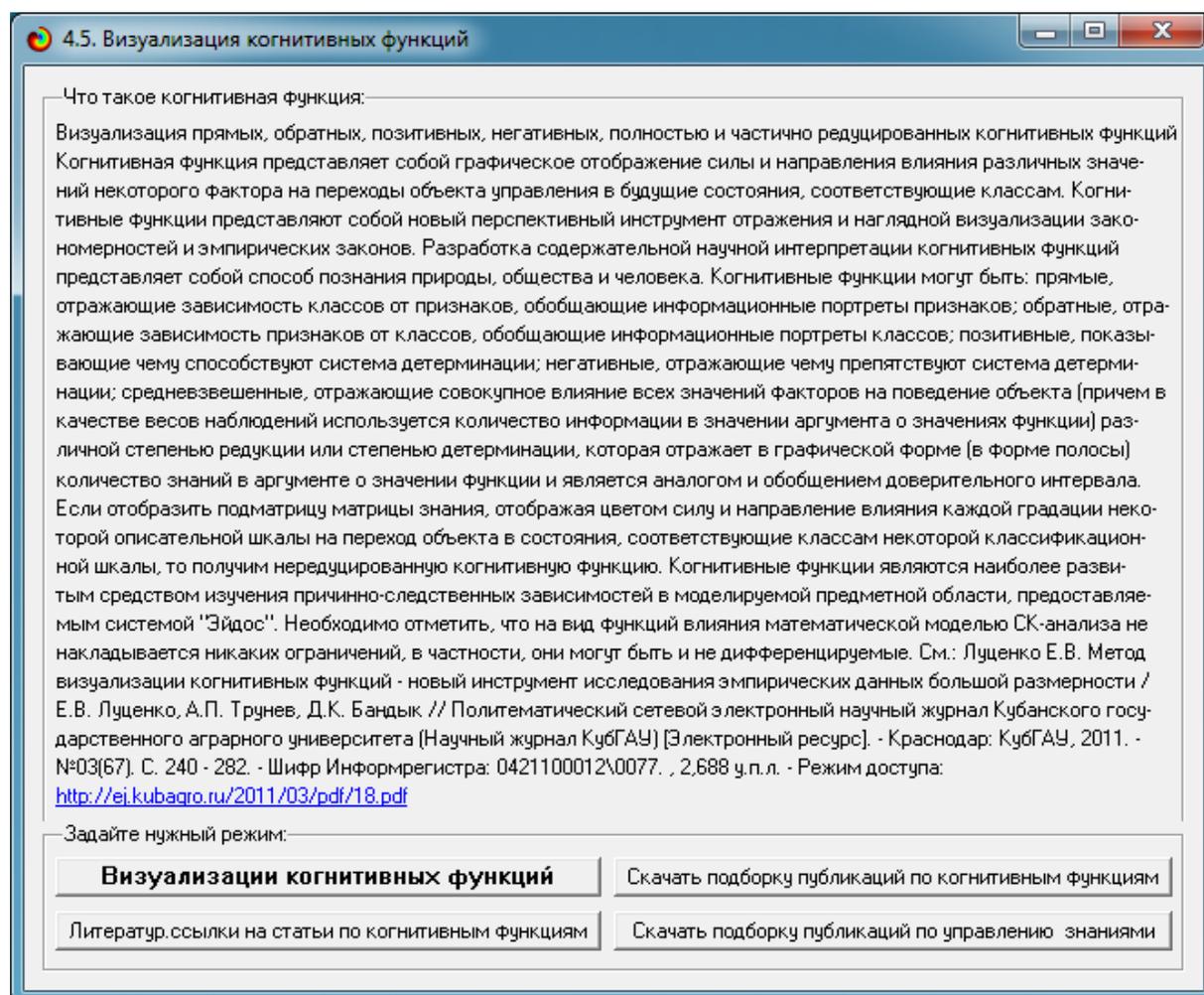


Рисунок 25. Начальная экранная форма режима визуализации когнитивных функций

Модуль визуализации когнитивных функций разработан по постановке проф. Е.В. Луценко разработчиком интеллектуальных систем из Белоруссии Д.К. Бандык [21].

На рисунке 26 приведена визуализации всей базы знаний INF1 [8], а на рисунке 28 – примеры некоторых когнитивных функций:

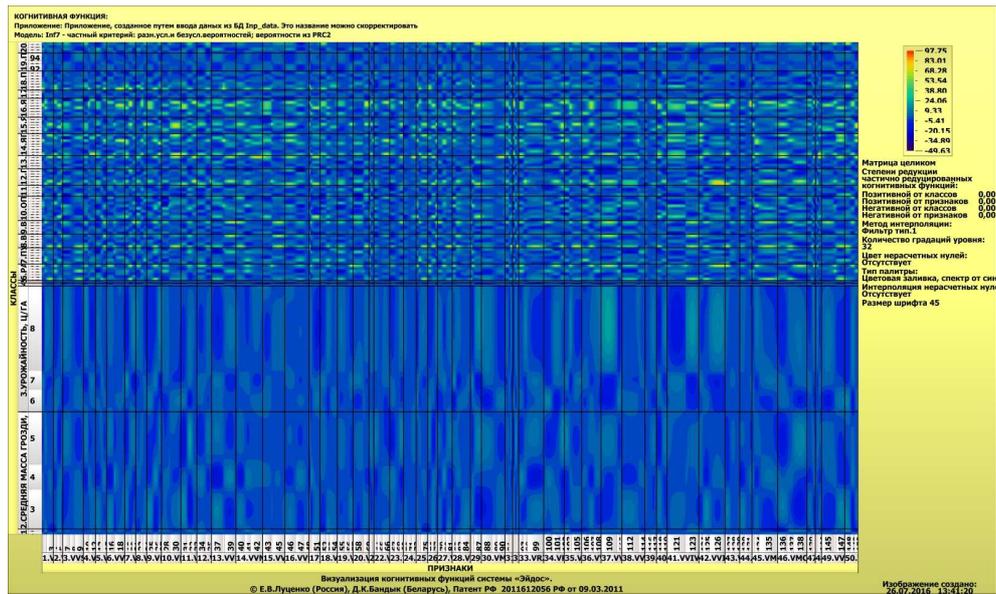


Рисунок 26. Когнитивная функция всех подматриц модели INF1

Всего в каждой из 7 моделей знаний получается подобных 1000 когнитивных функций, т.к. в каждой модели знаний 20 классификационных шкал и 50 описательных шкал, т.е. 1000 подматриц (на рисунке они отделены черными линиями).

Если бы в предметной области не было ярко выраженных закономерностей, то изображение на рисунке напоминало бы изображение на экране телевизора при отсутствии сигнала (случайная рябь). На рисунке приведено изображение базы знаний модели INF1 случайной модели [22]⁷, созданной на основе модели, представленной на рисунке 26:

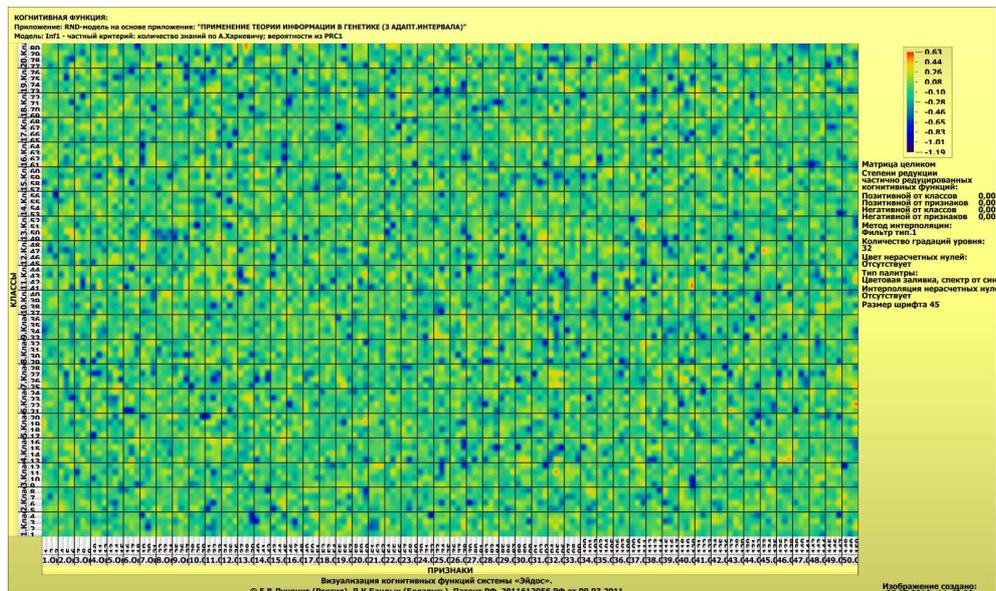
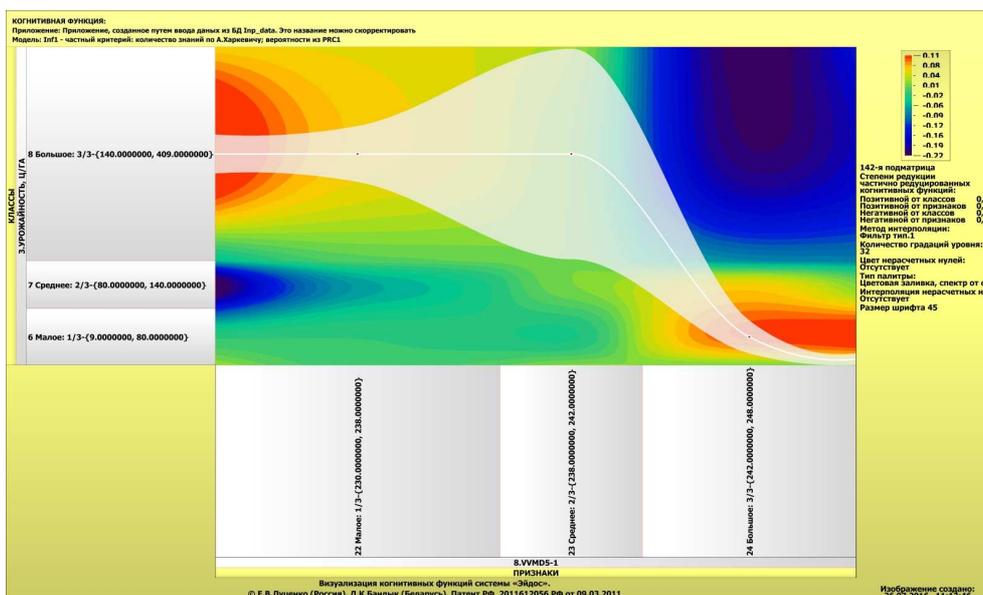
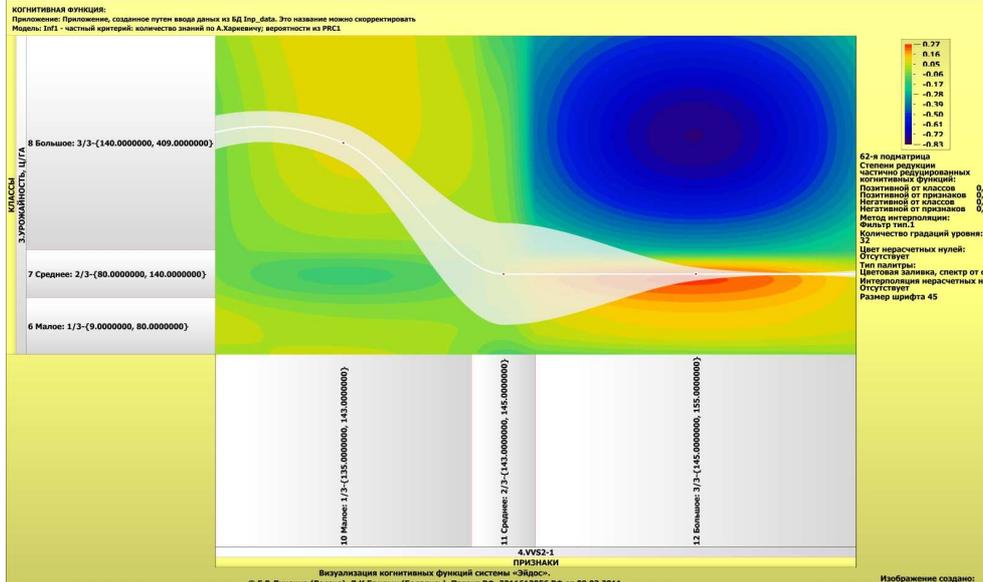
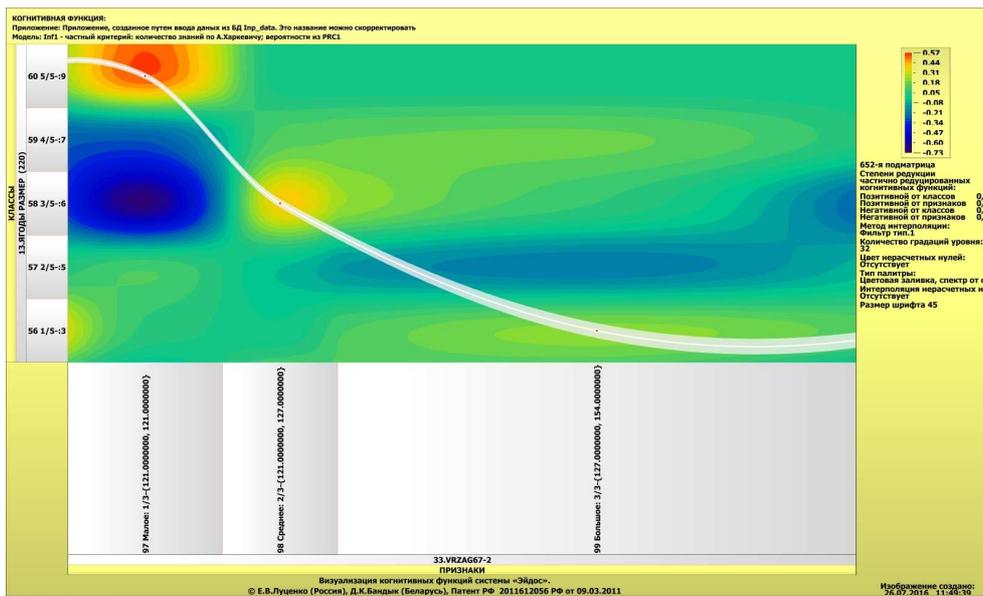
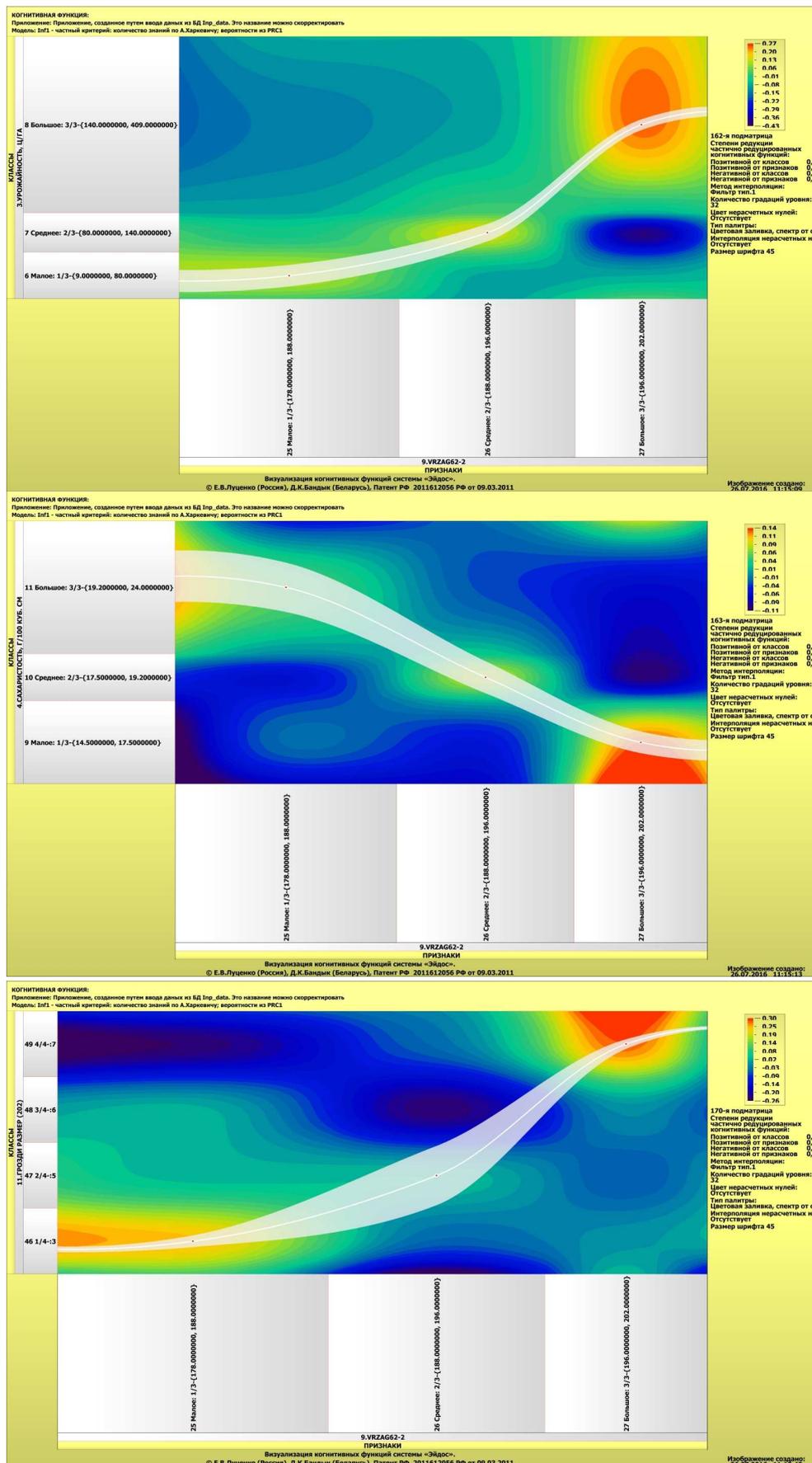


Рисунок 27. Когнитивная функция всех подматриц случайной модели INF1

Различие рисунков 26 и 27 очевидно.

⁷ См., например: http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos06_lab/lab_10.htm





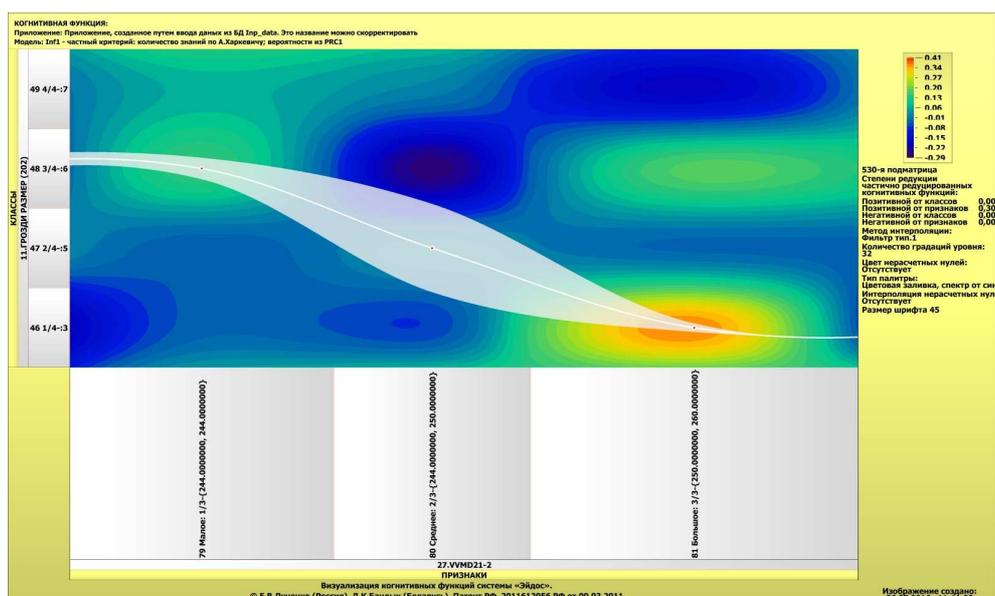


Рисунок 28. Примеры некоторых когнитивных функций

Эти когнитивные функции отражают зависимости степени выраженности различных фенотипических свойств/признаков винограда от степени выраженности определенных генов.

5. Выводы и перспективы

Общеизвестно, что генетика изучает механизмы наследственности/изменчивости и очень широко пользуется понятием «наследственная информация». При этом генетика под информацией подразумевает содержание генетического кода - структуры молекул ДНК и РНК, входящих в состав клетки живого организма. Генетика изучает механизмы записи, копирования, считывания генетической информации, возможности ее модификации, а также ее влияние на свойства/признаки организма. В разговорном и научном языке прочно закрепились фразы, типа «Гены содержат информацию о признаках и свойствах организма». Парадоксально, но мы не видим попыток определения количества информации, содержащейся в конкретных генах о конкретных фенотипических свойствах/признаках организма. Казалось бы, применение теории информации в генетике является совершенно естественным и напрашивается само собой. Тем более странно, что практически нет работ, посвященных применению теории информации для решения задач генетики. Данная статья призвана в какой-то степени восполнить этот пробел на примере вычисления количества информации в генах о свойствах/признаках различных сортов винограда. В ней рассматривается применение автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), его математической модели – системной теории информации и реализующего их программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» для решения одной из

важных задач генетики: определения количества информации, содержащейся в генах о различных фенотипических свойствах/признаках винограда. Для решения этой задачи выполняются следующие этапы: 1) когнитивно-целевая структуризация предметной области; 2) формализация предметной области, т.е. разработка классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки; 3) синтез и верификация информационной модели, отражающей количество информации в генах о фенотипических свойствах/признаках (многопараметрическая типизация); 4) вывод информации о генетической системе детерминации фенотипических свойств/признаков (SWOT-анализ феносвойств); 5) вывод информации о силе и направлении влияния конкретного гена на фенотипические свойства/признаки (SWOT-диаграммы генов); 6) решение задачи системной идентификации фенотипических свойств/признаков по наличию тех или иных генов; 7) количественное определение сходства-различия различных фенотипических свойств/признаков по их системе детерминации генами. Конкретное фенотипическое свойство/признак рассматривается как зашумленный генетический текст, включающий как генетическую информацию об истинном феносвойстве/признаке (чистый сигнал), так и шум, искажающий эту информацию, обусловленный случайным воздействием окружающей среды. Программный инструментарий АСК-анализа – интеллектуальная система «Эйдос» - обеспечивает подавление шума и выделение истинного сигнала.

Описанная в статье технология синтеза и применения интеллектуальной измерительной системы может быть применена не только при генетических исследованиях в ампелографии, но и в других предметных областях, чему может способствовать и то, что система «Эйдос» размещена в полном открытом бесплатном доступе на сайте автора по адресу: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm.

Конечно данная работа далека от завершенности и лишь продемонстрировала возможность применения теории информации и когнитивных технологий в исследованиях в области генетики. В перспективе авторы планируют провести более масштабное исследование на значительно большем объеме исходных данных: большем количестве сортов винограда, большем количестве их фенотипических свойств/признаков и большем количестве генов, причем не только резервных, микросателлитных, но и оказывающих непосредственное влияние на фенотипические свойства/признаки.

Материалы данной статьи могут быть использованы при проведении лабораторных работ по дисциплинам, связанным с интеллектуальными технологиями, представлением знаний и системами искусственного интеллекта, а также по эконометрике, биометрии, экологии, педагогике, психологии, медицине, криминалистике, энтомологии и др.

Литература⁸

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. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>.
2. Орлов А.И., Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2014, – 600 с. ISBN 978-5-94672-757-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=21358220>.
3. Луценко Е.В. Универсальная когнитивная аналитическая система «Эйдос». Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 600 с. ISBN 978-5-94672-830-0. <http://elibrary.ru/item.asp?id=22401787>.
4. Луценко Е.В. Исследование влияния подсистем различных уровней иерархии на эмерджентные свойства системы в целом с применением АСК-анализа и интеллектуальной системы "Эйдос" (микроструктура системы как фактор управления ее макросвойствами) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №01(075). С. 638 – 680. – Шифр Информрегистра: 0421200012\0025, IDA [article ID]: 0751201052. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/52.pdf>, 2,688 у.п.л.
5. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высшая школа, 1989. - 320 с.
6. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск: Изд-во науч.-техн. лит., 1997. – 389 с.
7. Луценко Е.В. Теоретические основы, технология и инструментарий автоматизированного системно-когнитивного анализа и возможности его применения для сопоставимой оценки эффективности вузов / Е.В. Луценко, В.Е. Коржаков // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №04(088). С. 340 – 359. – IDA [article ID]: 0881304022. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/04/pdf/22.pdf>, 1,25 у.п.л.
8. Луценко Е.В. Синтез адаптивных интеллектуальных измерительных систем с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» и системная идентификация в эконометрике, биометрии, экологии, педагогике, психологии и медицине / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1161602001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/01.pdf>, 3,75 у.п.л.
9. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.
10. Стабин И.П., Моисеева В.С. Автоматизированный системный анализ. - М.: Машиностроение, 1984. - 309 с.

⁸ Ссылки на эти и другие работы автора есть на сайте: <http://lc.kubagro.ru/>

11. Симанков В.С. Автоматизация системных исследований в альтернативной энергетике. Диссерт. на соиск. уч. ст. докт, техн. наук. По спец.: 05.13.01. <http://tekhnosfera.com/avtomatizatsiya-sistemnyh-issledovaniy-v-alternativnoy-energetike>.

12. Klir G.J. Architecture of Systems Problem Solving, with D. Elias. – New York: Plenum Press, 1974. –354 p.

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

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

15. Хаббард Дуглас У. Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе / Дуглас У. Хаббард / [Пер. с англ. Е. Пестеревой]. — М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2009. — 320 с.: ил. ISBN 978-5-9693-0163-4 (рус.). <http://www.twirpx.com/file/1546361/>.

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

17. Трошин Л.П., Маградзе Д.Н. Ампелографический скрининг генофонда винограда (Учебное наглядное пособие). – Краснодар, 2013. – 120 с.

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

19. 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(071). С. 528 – 576. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0253, IDA [article ID]: 0711107040. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 у.п.л.

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

21. Луценко Е.В., Бандык Д.К. Подсистема визуализации когнитивных (каузальных) функций системы «Эйдос» (Подсистема «Эйдос-VCF»), Пат. № 2011612056 РФ. Заяв. № 2011610347 РФ 20.01.2011. Опубл. от 09.03.2011. <http://lc.kubagro.ru/aidos/2011612056.jpg>

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

23. Биометрическая оценка полиморфизма сортогрупп винограда Пино и Рислинг по морфологическим признакам листьев среднего яруса кроны / Л.П. Трошин, Е.В. Луценко, П.П. Подваленко, А.С. Звягин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №08(052). С. 1 –

14. – Шифр Информрегистра: 0420900012\0097, IDA [article ID]: 0520908001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2009/08/pdf/01.pdf>, 0,875 у.п.л.

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

25. Луценко Е.В. Количественное измерение сходства-различия клонов винограда по контурам листьев с применением АСК-анализа и системы «Эйдос» / Е.В. Луценко, Л.П. Трошин, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №02(116). С. 1205 – 1228. – IDA [article ID]: 1161602077. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/77.pdf>, 1,5 у.п.л.

26. Анапская ампелографическая коллекция / Е.А. Егоров, О.М. Ильяшенко, А.Г. Коваленко [и др.]. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2009. – 216 с.

27. Грамотенко П.М., Трошин Л.П. Микросистематика винограда: классификация сортов винограда А.М. Негруля и ее дальнейшее развитие) // Виноградарство и виноделие. – 1994. – № 1. – С. 10–17.

28. Интерактивная ампелография и селекция винограда: (Сб. материалов Международ. симп.). – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 264 с.

29. Операционные данные ампелографической коллекции "Магарач" за 1985–1987 гг. / Л.П. Трошин, А.М. Панарина, А.М. Пискарева [и др.]; ВНИИВиПП "Магарач". – Ялта, 1988. – 86 с.

30. Трошин Л.П. Ампелография и селекция винограда. – Краснодар: РИЦ «Вольные мастера», 1999. – 138 с.

31. Трошин Л.П. Лучшие сорта винограда Евразии. – Краснодар: Алви-Дизайн, 2006. – 224 с.

32. Трошин Л. П., Федоров Ю. К. Биометрический анализ генофонда винограда / ВНИИВиПП "Магарач". – Ялта, 1988. – 90 с.

33. Трошин Л.П. Ампелографическая и селекционная научно-исследовательская работа Кубанского госагроуниверситета [Электронный ресурс] // Науч. журн. КубГАУ. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 07 (81). – С. 524–544. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/39.pdf>, 1,312 у.п.л.

34. Трошин Л.П., Радчевский П.П. Виноград: иллюстрированный каталог. Районированные, перспективные, тиражные сорта. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 271 с.: ил. – (Мир садовода).

35. Website: <http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/393.pdf>.

36. Website: <http://www.diprove.unimi.it/GRAPENET/index.php>.

37. Website: <http://www.eu-vitis.de/index.php> и <http://www.vivc.de/index.php>.

38. Website: <http://www.oiv.int/oiv/info/frplublicationoiv#desc>.

39. Website <http://plantgrape.plantnet-project.org/> и <http://lescepages.free.fr/cepmc.html>.

40. Website: <http://www.vitis.ru> и <http://kubsau.ru/chairs/viniculture/>.

41. Изучение генетического разнообразия генофонда винограда Северного Кавказа / Р. Тёпфер, Э. Мауль, А.В. Милованов и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный жур-

нал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №05(119). С. 1337 – 1355. – IDA [article ID]: 1191605090. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/90.pdf>, 1,188 у.п.л.

42. Милованов А.В. Генотипирование новых перспективных технических прото-клонов винограда с использованием микросателлитных маркёров / А.В. Милованов, А.С. Звягин, Л.П. Трошин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №04(098). С. 139 – 157. – IDA [article ID]: 0981404010. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/10.pdf>, 1,188 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346.

43. Милованов А.В. Генотипирование сортов винограда по молекулярным маркёрам / А.В. Милованов, Л.П. Трошин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 53 – 65. – IDA [article ID]: 0961402005. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/05.pdf>, 0,812 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,346.

44. Трошин Л.П., Милованов А.В., Звягин А.С. Ампело-генетический скрининг перспективных столовых и технических сортов и протоклонов винограда // Виноделие и виноградарство. – 2015. - № 2. – С. 33-36.

45. Трошин Л.П., Милованов А.В., Звягин А.С. Этюд совершенствования клоновой селекции винограда // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2015. - №3. – С. 33-36.

46. Хильчевская Р.И. Роль асимметрии-симметрии материи в процессах происхождения жизни на Земле // Ж-л ВХО им. Д.И. Менделеева, Том XXV4, 1980 г. - Изд-во. «Химия». - С. 418–424. Адрес доступа: <http://omdp.narod.ru/gip/rolasim.htm>

47. А. Ленинджер. В кн.: Биохимия. - М., Мир, 1974. - С. 869, 655, 661.

Literatura

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

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

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

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

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

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

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

8. Lucenko E.V. Sintez adaptivnyh intellektual'nyh izmeritel'nyh sistem s primeneniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» i sistemnaja identifikacija v jekometrike, biometrii, jekologii, pedagogike, psihologii i medicine / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02(116). S. 1 – 60. – IDA [article ID]: 1161602001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/01.pdf>, 3,75 u.p.l.

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

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

11. Simankov V.S. Avtomatizacija sistemnyh issledovanij v al'ternativnoj jenergetike. Dissert. na soisk. uch. st. dokt, tehn. nauk. Po spec.: 05.13.01. <http://tekhnosfera.com/avtomatizatsiya-sistemnyh-issledovaniy-v-alternativnoy-energetike>.

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

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

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

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

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

17. Troshin L.P., Magradze D.N. Ampelograficheskij skrining genofonda vinograda (Uchebnoe nagljadnoe posobie). – Krasnodar, 2013. – 120 s.

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

19. Lucenko E.V. Metod kognitivnoj klasterizacii ili klasterizacija na osnove znanij (klasterizacija v sistemno-kognitivnom analize i intellektual'noj sisteme «Jejdos») / E.V. Lucenko, V.E. Korzhakov // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jel-

elektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2011. – №07(071). S. 528 – 576. – Shifr Informregistra: 0421100012\0253, IDA [article ID]: 0711107040. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/40.pdf>, 3,062 u.p.l.

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

21. Lucenko E.V., Bandyk D.K. Podsystema vizualizacii kognitivnyh (kavzal'nyh) funkcij sistemy «Jejdos» (Podsystema «Jejdos-VCF»), Pat. № 2011612056 RF. Zajav. № 2011610347 RF 20.01.2011. Opubl. ot 09.03.2011. <http://lc.kubagro.ru/aidos/2011612056.jpg>.

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

23. Biometricheskaja ocenka polimorfizma sortograpp vinograda Pino i Risling po morfologicheskim priznakam list'ev srednego jarusa krony / L.P. Troshin, E.V. Lucenko, P.P. Podvalenko, A.S. Zvjagin // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – №08(052). S. 1 – 14. – Shifr Informregistra: 0420900012\0097, IDA [article ID]: 0520908001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2009/08/pdf/01.pdf>, 0,875 u.p.l.

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

25. Lucenko E.V. Kolichestvennoe izmerenie shodstva-razlichija klonov vinograda po konturam list'ev s primeneniem ASK-analiza i sistemy «Jejdos» / E.V. Lucenko, L.P. Troshin, D.K. Bandyk // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №02(116). S. 1205 – 1228. – IDA [article ID]: 1161602077. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/77.pdf>, 1,5 u.p.l.

26. Anapskaja ampelograficheskaja kollekcija / E.A. Egorov, O.M. Il'jashenko, A.G. Kovalenko [i dr.]. – Krasnodar: SKZNIISiV, 2009. – 216 s.

27. Gramotenko P. M., Troshin L.P. Mikrosistematika vinograda klassifikacija sortov vinograda A.M. Negrulja i ee dal'nejshee razvitie) // Vinogradarstvo i vinodelie. – 1994. – № 1. – S. 10–17.

28. Interaktivnaja ampelografija i selekcija vinograda: (Sb. materialov Mezhdunar. simp.). – Krasnodar: KubGAU, 2012. – 264 s.

29. Operacionnye dannye ampelograficheskoi kollekcii "Magarach" za 1985–1987 gg. / L.P. Troshin, A.M. Panarina, A.M. Piskareva [i dr.]; VNIIViPP "Magarach". – Jalta, 1988. – 86 s.

30. Troshin L.P. Ampelografija i selekcija vinograda. – Krasnodar: RIC «Vol'nye mastera», 1999. – 138 s.

31. Troshin L.P. Luchshie sorta vinograda Evrazii. – Krasnodar: Alvi-Dizajn, 2006. – 224 s.
32. Troshin L.P., Fedorov Ju.K. Biometricheskij analiz genofonda vinograda / VNIIViPP "Magarach". – Jalta, 1988. – 90 s.
33. Troshin L. P. Ampelograficheskaja i selekcionnaja nauchno-issledovatel'skaja rabota Kubanskogo gosagrouniversiteta [Jelektronnyj resurs] // Nauch. zhurn. KubGAU. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – № 07 (81). – S. 524–544. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/39.pdf>, 1,312 u.p.l.
34. Troshin L.P., Radchevskij P.P. Vinograd: illjustrirovannyj katalog. Rajonirovannye, perspektivnye, tirazhnye sorta. – Rostov n/D: Feniks, 2010. – 271 s.: il. – (Mir sadovoda).
35. Website: <http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/393.pdf>.
36. Website: <http://www.diprove.unimi.it/GRAPENET/index.php>.
37. Website: <http://www.eu-vitis.de/index.php> i <http://www.vivc.de/index.php>.
38. Website: <http://www.oiv.int/oiv/info/frplublicationoiv#desc>.
39. Website <http://plantgrape.plantnet-project.org/> i <http://lescepages.free.fr/cepmc.html>.
40. Website: <http://www.vitis.ru> i <http://kubsau.ru/chairs/viniculture/>.
41. Izuchenie geneticheskogo raznoobrazija genofoda vinograda Severnogo Kavkaza / R.Tjopfer, Je.Maul', A.V.Milovanov i dr. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №05(119). S. 1337 – 1355. – IDA [article ID]: 1191605090. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/90.pdf>, 1,188 u.p.l.
42. Milovanov A.V. Genotipirovanie novyh perspektivnyh tehniceskikh protoklonov vinograda s ispol'zovaniem mikrosatellitnyh markjorov / A.V. Milovanov, A.S. Zvjagin, L.P. Troshin // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №04(098). S. 139 – 157. – IDA [article ID]: 0981404010. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/04/pdf/10.pdf>, 1,188 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,346.
43. Milovanov A.V. Genotipirovanie sortov vinograda po molekuljarnym markjoram / A.V. Milovanov, L.P. Troshin // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 53 – 65. – IDA [article ID]: 0961402005. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/05.pdf>, 0,812 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,346.
44. Troshin L.P., Milovanov A.V., Zvjagin A.S. Ampelo-geneticheskij skringing perspektivnyh stolovyh i tehniceskikh sortov i protoklonov vinograda // Vinodelie i vinogradarstvo. – 2015. - № 2. – S. 33-36.
45. Troshin L.P., Milovanov A.V., Zvjagin A.S. Jetjud sovershenstvovaniija klonovoj selekcii vinograda // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. – 2015. - №3. – S. 33-36.
46. Hil'chevskaja R.I. Rol' asimmetrii-simmetrii materii v processah proishozhdenija zhizni na Zemle. // Zh-l VHO im.D.I.Mendeleeva, TomXXV,4, 1980g. Izd-vo. «Himija». s. 418–424. Adres dostupa: <http://omdp.narod.ru/gip/rolasim.htm>.
47. A. Leninzher. V kn.: Biohimija. - M., Mir, 1974. - S. 869, 655, 661.