

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И СИНТЕЗ МОДЕЛИ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ
ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ И ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ВЫБОРУ
АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

**STATEMENT OF PROBLEM AND MODEL
PROGNOSIS SYNTHESIS OF GRAINS AND
SUPPORT OF DECISION MAKING ON
RATIONAL CHOICE OF AGRO
TECHNOLOGIES**

Луценко Евгений Вениаминович
д. э. н., к. т. н., профессор

Lutsenko Evgeny Veniaminovich
Dr. Sci. Econ., Cand. Tech. Sci., professor

Лойко Валерий Иванович
д. т. н., профессор

Loiko Valery Ivanovich
Dr. Sci. Tech., professor

Великанова Лариса Олеговна
к. э. н., доцент

Velikanova Larisa Olegovna
Cand. Econ. Sci., assistant professor

*Кубанский государственный аграрный
Университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Поддержано грантом КубГАУ

Supported by the grant of KubSAU

В статье обосновываются требования к методу решения проблемы, и определяется степень соответствия известных методов этим требованиям, выбирается наиболее подходящий по обоснованным критериям метод решения проблемы, кратко описываются суть выбранного метода, а также методика его применения для решения поставленной проблемы, включая синтез семантической информационной модели и оценку ее адекватности.

Demand to the method of statement of problem is substantiated and degree of known methods correspondence to these demands is determined, the most available method of problem decision is chosen by the substantiated criteria, the essence of chosen problem and the method of its application to decide the problem in view, including synthesis of semantic informational model and evaluation of its adequacy are described in brief as well.

Ключевые слова: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, АГРОТЕХНОЛОГИИ, ЗЕРНОВЫЕ КОЛОСОВЫЕ, УРОЖАЙНОСТЬ, СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, РАСТЕНИЕВОДСТВО.

Key words: PROGNOSIS, SUPPORT OF DECISION MAKING, AGRO TECHNOLOGIES, GRAINS, YIELDING, SYSTEMIC- COGNITIVE ANALYSIS, PLANT GROWING.

В растениеводстве, в частности, в науке и практике возделывания зерновых колосовых, известно большое количество технологических схем (карт), разработанных за многие годы труда агрономов, в основном еще в период плановой, затратной экономики, когда никого особо не интересовало, какой ценой дается урожай. В наше время такой подход уже устраивает, т.к. обязательным условием хозяйствования в современных условиях является рентабельность производства.

Поэтому учеными ведется интенсивная работа по созданию новых *экономически эффективных* сортов и агротехнологических приемов, в частности таких как: подготовка почвы, удобрения и средства защиты растений, и эта работа ведется успешно. Однако сразу после создания *широко* применять эти новые сорта и агротехнологии неразумно, т.к. неизвестно, какие это даст результаты *в наших конкретных условиях*. Для *прогнозирования* результатов и научно обоснованного выбора рациональных агротехнологий, обеспечивающих желаемый результат, все эти *новые сорта и агротехнологии предварительно должны быть изучены, причем обязательно в условиях региона выращивания*, т.е. в конкретных агрометеорологических условиях Краснодарского края.

Таким образом, проблема, решаемая в работе, состоит в том, что, с одной стороны, появляются новые сорта и агротехнологии, позиционируемые на рынке как экономически эффективные, а с другой – в конкретных условиях Краснодарского края последствия их применения изучены недостаточно, что усложняет принятие решений по их использованию.

Практическая значимость решения этой проблемы для хозяйств очевидна, т.к. достоверное прогнозирование результатов применения и научно обоснованные рекомендации по рациональному выбору агротехнологий позволят повысить экономическую эффективность хозяйствования.

Научная новизна решения данной проблемы состоит в том, что в данной работе впервые предлагается и апробируется вариант ее решения на основе применения современных информационных технологий путем интеллектуальной обработки *ретроспективных* данных, отражающих *фактический* опыт выращивания исследуемых сортов, т.е. без специального планирования и проведения длительных и дорогостоящих полевых испытаний сортов в условиях применения различных агротехнологий.

Актуальность исследования обусловлена ее практической значимостью и научной новинкой.

Объектом исследования является технология выращивания зерновых колосовых, а предметом исследования – изучение влияния различных агротехнологий на урожайность пшеницы сортов и ячменя в конкретных агрометеорологических условиях Краснодарского края.

Поэтому целью исследования является разработка технологии и методики *прогнозирования* хозяйственных результатов применения тех или иных агротехнологий, а также поддержки принятия решений по выбору таких сортов и рациональных агротехнологий для выращивания, которые с высокой вероятностью дали бы заранее заданный желаемый хозяйственный результат.

Задачи исследования вытекают из его цели путем ее *декомпозиции* и являются *этапами* ее достижения:

Задача 1. Обосновать требования к методу решения задачи и определить степень соответствия известных методов обоснованным требованиям.

Задача 2. Выбрать наиболее подходящий по обоснованным критериям метод решения проблемы.

Задача 3. Кратко описать суть выбранного метода.

Задача 4. Описать методику применения выбранного метода для решения поставленной проблемы.

Задача 5. Описать результаты применения методики (эффективность, научные результаты и выводы, практические рекомендации).

Задача 6. Рассмотреть ограничения метода и методики его применения, перспективы их развития и применения.

Кратко, насколько это возможно в рамках статьи, рассмотрим решение поставленных задач.

Задача 1. Обосновать требования к методу решения задачи и определить степень соответствия известных методов обоснованным требованиям.

Возникает вопрос о том, каким образом в современных условиях можно было бы наиболее рационально и эффективно решить поставленную проблему и достичь цели исследования.

Традиционные технологии разработки технологических карт требуют *многолетних* целенаправленных тщательно заранее спланированных исследований и связаны с проведением экспериментов по

выращиванию в условиях применения различных агротехнологий возделывания. Все это требует очень и очень значительных временных и финансовых затрат, а также других видов ресурсов.

Поэтому ученые-агрономы постоянно ищут новые возможности выявления и исследования зависимостей в эмпирических данных. Все чаще для этих целей применяются современные информационные технологии, в частности статистические методы и реализующие их программные системы. Однако и на этом пути возникают свои специфические проблемы.

В частности, наиболее распространенный метод выявления зависимостей – *многофакторный анализ* по ряду причин не позволяет исследовать *всю систему* факторов, действующих в реальных агро-системах. К этим причинам относятся, прежде всего, следующие:

1. Большое количество реально действующих факторов: не 2–7, а десятки, сотни и даже тысячи.
2. Значительная зашумленность (или низкая точность и достоверность) исходных данных.
3. Требование к нормальному характеру распределения исходных данных (т.к. метод параметрический).
4. Наличие доступного программного инструментария, реализующего метод.
5. Требование к полноте исходных данных, т.е. к наличию в них *всех* сочетаний значений исследуемых факторов.
6. Возможность разумной содержательной интерпретации результатов применения метода.

На практике выполнение всех этих условий нереально даже при нескольких факторах, либо, как уже говорилось, требует значительных затрат времени и других ресурсов.

Рассмотрим, например, 4-е требование. Довольно типичной является ситуация, когда какой-то подходящий по литературному описанию для решения поставленной проблемы математический метод на практике применить не удастся, так как не разработана соответствующая методика численных расчетов и отсутствует или недоступен реализующий их программный инструментарий. Например, подобная ситуация сложилась с многокритериальным методом поддержки принятия решений, описанным в классической работе [21] или теорией информационного поля [22].

Попытка выполнить 5-е требование всего при 3-х факторах с 10-ю значениями каждого порождает необходимость исследования 1000 результатов выращивания. Конечно, на практике это нереально, не говоря уже о десятках, сотнях или тысячах факторов. Необходимо отметить, что на практике подобных данных взять просто негде, т.к. в реальных данных обычно наблюдаются лишь *очень небольшие* подматрицы без пропусков, т.е. со всеми сочетаниями значений факторов. Заполнять же пропуски путем интерполяции обычно некорректно (хотя это и делается), т.к. это возможно только, если в строке и столбце, на пересечениях которых находится клетка с пропуском, больше нет пропусков. Если же они есть, то заполнение пропущенной клетки, вообще говоря, приведет к изменению остальных незаполненных значений, что фактически делает их вообще неопределенными.

Считается, что 6-е требование в случае многофакторного анализа трудно выполнимо уже при 5 факторах и более.

На практике все эти причины в совокупности (а ведь действует еще и субъективный фактор) приводят к *весьма ограниченному применению математических методов* при решении поставленной проблемы, по крайней мере, если судить по защищаемым в области агрономии диссертациям. Как правило, дело сводится к исследованию влияния *одного* фактора на значения какого-либо *одного* результи-

рующего параметра, например, глубины вспашки на содержание клейковины для какого-либо конкретного сорта пшеницы *при всех прочих равных условиях*.

Поэтому к методу исследования предъявляются следующие *требования*, т.е. метод должен:

- обеспечивать выявление силы и направления влияния сотен или даже тысяч факторов;
- быть непараметрическим, чтобы не требовалось доказательство гипотез о нормальности исследуемой выборки;
- корректно обрабатывать неполные (фрагментированные) данные, т.е. данные, в которых встречаются не все сочетания значений исследуемых факторов;
- эффективно подавлять шум в данных и выявлять закономерности на фоне шума, значительно превосходящего сигнал по амплитуде (при достаточно большой выборке);
- иметь доступный программный инструментарий, реализующий метод;
- обеспечивать возможность разумной содержательной интерпретации результатов применения метода.

Задача 2. Выбрать наиболее подходящий по обоснованным критериям метод решения проблемы.

Для решения поставленной проблемы предлагается применить новый математический метод *системно-когнитивного анализа* (СК-анализ), который: обеспечивает выявление силы и направления влияния сотен или даже тысяч факторов; является непараметрическим; позволяет корректно обрабатывать неполные (фрагментированные) данные; эффективно подавляет шум в данных и выявляет закономерности на фоне шума; имеет доступный программный инструментарий, реализующий метод (универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос"); обеспечивает возможность разумной содержательной интерпретации результатов применения метода [1, 2].

Задача 3. Кратко описать суть выбранного метода.

Системно-когнитивный анализ представляет собой системный анализ, рассматриваемый как метод познания и структурированный по базовым когнитивным (познавательным) операциям (БКОСА) [1, 2].

СК-анализ включает:

- теоретические основы, в т.ч. базовую когнитивную концепцию;
- математическую модель (системную теорию информации);
- методику численных расчетов (структуры данных и алгоритмы их обработки);
- специальный программный инструментарий, реализующий математическую модель и методику численных расчетов СК-анализа (универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос").

Сам набор БКОСА следует из предложенной в [1] формализуемой когнитивной концепции, рассматривающей процесс познания как многоуровневую иерархическую систему обработки информации, в которой *когнитивные структуры каждого уровня являются результатом интеграции структур предыдущего уровня*.

На 1-м уровне этой системы находятся дискретные элементы потока чувственного восприятия, которые на 2-м уровне интегрируются в чувственный образ конкретного объекта, а, в свою очередь, на 3-м уровне интегрируются в обобщенные образы классов и факторов, образующие на 4-м уровне кластеры, а на 5-м конструкторы. Система конструкторов на 6-м уровне образует текущую парадигму реальности

(т.е. человек познает мир путем синтеза и применения конструкторов). На 7-м же уровне обнаруживается, что текущая парадигма не единственно-возможная (рисунок 1).

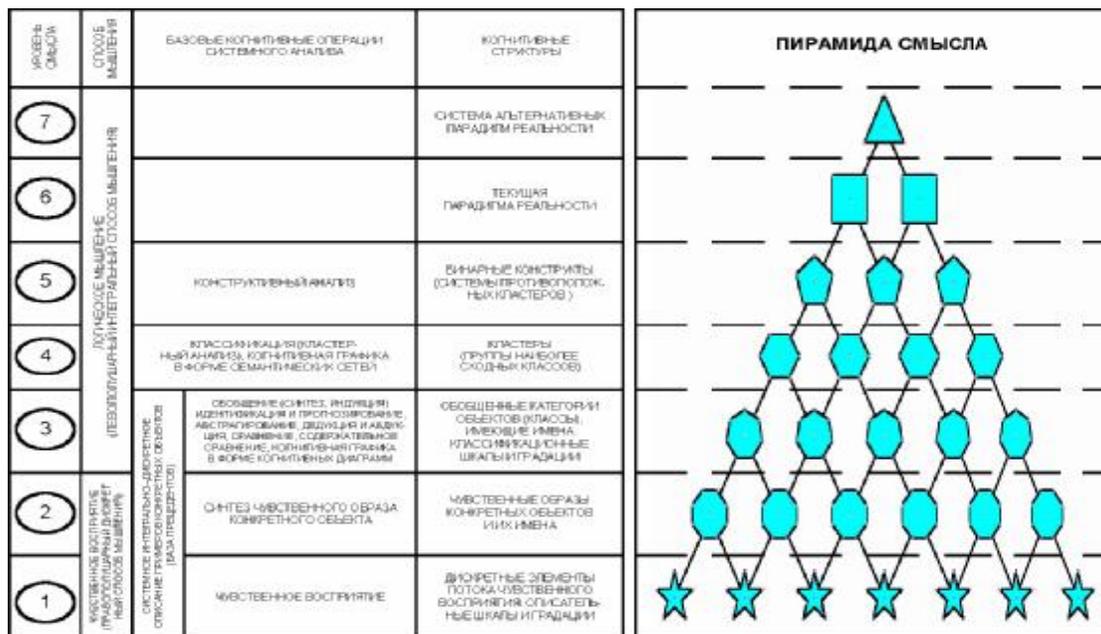


Рисунок 1 – Обобщенная схема формализуемой когнитивной концепции (иерархия базовых когнитивных операций)

Ключевым для когнитивной концепции является понятие факта, под которым понимается соответствие дискретного и интегрального элементов познания (т.е. элементов разных уровней интеграции-иерархии), обнаруженное на опыте. Факт рассматривается как квант смысла, что является основой для его формализации.

Из данной концепции выводятся: структура когнитивного конфигуратора, система базовых когнитивных операций и обобщенная схема автоматизированного системного анализа, структурированного до уровня базовых когнитивных операций (СК-анализ).

Между когнитивными структурами разных уровней иерархии существует отношение "дискретное – интегральное". Именно это служит основой формализации смысла.

Когнитивный конфигуратор представляет собой минимальную полную систему когнитивных операций, названных "базовые когнитивные операции системного анализа" (БКОСА). Всего выявлено 10 таких операций, каждая из которых достаточно элементарна для формализации и программной реализации:

- 1) присвоение имен;
- 2) восприятие;
- 3) обобщение (синтез, индукция, многопараметрическая типизация);
- 4) абстрагирование;
- 5) оценка адекватности модели;
- 6) сравнение, идентификация и прогнозирование;
- 7) дедукция и абдукция;

- 8) классификация и генерация конструктов;
- 9) содержательное сравнение;
- 10) планирование и принятие решений об управлении.

В работе [1] предложены: математическая модель, методика численных расчетов, включающая структуры данных и алгоритмы реализации БКОСА, а также программный инструментарий СК-анализа – универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос" [1].

Математическая модель и методика численных расчетов СК-анализа предложены и подробно описаны в работах [1], и здесь их приводить нецелесообразно. Отметим лишь, что *модель обеспечивает выявление знаний [24] непосредственно из эмпирических фактов*, при этом для каждой группы объектов, по которой проводится *многопараметрическая типизация (обобщение)*, в качестве *контрольной группы (нормы) выступает вся исследуемая выборка (теоретически вся генеральная совокупность, которую эта выборка представляет)*.

Универсальная когнитивная аналитическая система "Эйдос" является отечественным лицензионным программным продуктом, на который имеется ряд свидетельств РосПатента РФ¹, созданным исключительно с использованием официально приобретенного лицензионного программного обеспечения. По системе "Эйдос" и различным аспектам ее применения имеется более 150 публикаций ряда авторов.

Система "Эйдос" является одним из элементов предлагаемого решения проблемы и достижения цели данной работы, т.к. она обеспечивает решение следующих задач:

1. Синтез и адаптация семантической информационной модели предметной области, включая активный объект управления и окружающую среду.
2. Идентификация и прогнозирование состояния активного объекта управления, а также разработка управляющих воздействий для его перевода в заданные целевые состояния.
3. Углубленный анализ семантической информационной модели предметной области.

Таким образом, система "Эйдос" является инструментарием, решающим проблему данной работы.

Синтез содержательной информационной модели предметной области.

Для разработки информационной модели предметной области необходимо владеть основными принципами ее когнитивной структуризации и формализованного описания. Синтез содержательной информационной модели включает следующие этапы:

1. Когнитивная структуризация и формализация предметной области.
2. Формирование исследуемой выборки и управление ей.
3. Синтез или адаптация модели.
4. Оптимизация модели.
5. Измерение адекватности модели (внутренней и внешней, интегральной и дифференциальной валидности), ее скорости сходимости и семантической устойчивости.

Идентификация и прогнозирование состояния объекта управления, выработка управляющих воздействий

Данный вид работ включает:

1. Ввод распознаваемой выборки.
2. Пакетное распознавание.
3. Вывод результатов распознавания и их оценку.

Углубленный анализ содержательной информационной модели предметной области

Углубленный анализ выполняется в подсистеме "Типология" и включает:

1. Информационный и семантический анализ классов и признаков.
2. Кластерно-конструктивный анализ классов распознавания и признаков, включая визуализацию результатов анализа в оригинальной графической форме когнитивной графики (семантические сети классов и признаков).

3. Когнитивный анализ классов и признаков (когнитивные диаграммы и диаграммы Вольфа Мерлина, нейросетевой анализ, классические и интегральные когнитивные карты).

Обобщенная структура системы "Эйдос"

Данной обобщенной структуре соответствуют структура управления и дерево диалога системы (таблица 1).

Подробнее подсистемы, режимы, функции и операции, реализуемые системой "Эйдос", описаны в работе [1].

Таблица 1 – ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ "ЭЙДОС"
(текущей версии 12.5 от 20.04.2008)

Подсистема	Режим	Функция	Операция
1. Формализация ПО	1. Классификационные шкалы и градации		
	2. Описательные шкалы (и градации)		
	3. Градации описательных шкал (признаки)		
	4. Иерархические уровни систем	1. Уровни классов	
		2. Уровни признаков	
	5. Программные интерфейсы для импорта данных	1. Импорт данных из TXT-файлов стандарта DOS-текст	
		2. Импорт данных из DBF-файлов стандарта проф. А.Н.Лебедева	
		3. Импорт из транспонированных DBF-файлов проф. А.Н.Лебедева	
		4. Генерация шкал и обучающей выборки RND-модели	
		5. Генерация шкал и обучающей выборки для исследования чисел	
6. Транспонирование DBF-матриц исходных данных			
7. Импорт данных из DBF-файлов стандарта Евгения Лебедева			
6. Почтовая служба по НСИ	1. Обмен по классам		
	2. Обмен по обобщенным признакам		
	3. Обмен по первичным признакам		
7. Печать анкеты			
2. Синтез СИМ	1. Ввод–корректировка обучающей выборки		
	2. Управление обучающей выборкой	1. Параметрическое задание объектов для обработки	
		2. Статистическая характеристика, ручной ремонт	
		3. Автоматический ремонт обучающей выборки	
	3. Синтез семантической информационной модели СИМ	1. Расчет матрицы абсолютных частот	
		2. Исключение артефактов (робастная процедура)	
		3. Расчет матрицы информативностей СИМ-1 и сделать ее текущей	
4. Расчет условных процентных распределений СИМ-1 и СИМ-2			
5. Автоматическое выполнение режимов 1–2–3–4		1. Сходимость и устойчивость СИМ	
6. Измерение схо-			

¹ <http://lc.kubagro.ru/aidos/>

		димости и устойчивости модели	2. Зависимость валидности модели от объема обучающей выборки
		7. Расчет матрицы информативностей СИМ-2 и сделать ее текущей	
	4. Почтовая служба по обучающей информации		
3. Оптимизация СИМ	1. Формирование ортонормированного базиса классов		
	2. Исключение признаков с низкой селективной силой		
	3. Удаление классов и признаков, по которым недостаточно данных		
	4. Разделение классов на типичную и нетипичную части		
	5. Генерация сочетанных признаков и перекодирование обучающей выборки		
4. Распознавание	1. Ввод–корректировка распознаваемой выборки		
	2. Пакетное распознавание		
	3. Вывод результатов распознавания	1. Разрез: один объект – много классов	
		2. Разрез: один класс – много объектов	
	4. Почтовая служба по распознаваемой выборке		
	5. Построение функций влияния		
6. Докодирование сочетаний признаков в распознаваемой выборке			
5. Типология	1. Типологический анализ классов распознавания	1. Информационные (ранговые) портреты (классов)	
		2. Кластерный и конструктивный анализ классов	1. Расчет матрицы сходства образов классов
			2. Генерация кластеров и конструкторов классов
			3. Просмотр и печать кластеров и конструкторов
			4. Автоматическое выполнение режимов: 1,2,3
	5. Вывод 2d семантических сетей классов		
	3. Когнитивные диаграммы классов		
	2. Типологический анализ первичных признаков	1. Информационные (ранговые) портреты признаков	
		2. Кластерный и конструктивный анализ признаков	1. Расчет матрицы сходства образов признаков
			2. Генерация кластеров и конструкторов признаков
3. Просмотр и печать кластеров и конструкторов			
4. Автоматическое выполнение режимов: 1,2,3			
5. Вывод 2d семантических сетей признаков			
3. Когнитивные диаграммы признаков			
6. СК-анализ СИМ	1. Оценка достоверности заполнения объектов		
	2. Измерение адекватности семантической информационной модели		
	3. Измерение независимости классов и признаков		
	4. Просмотр профилей классов и признаков		
	5. Графическое отображение нелокальных нейронов		
	6. Отображение Паретто-подмножеств нейронной сети		
	7. Классические и интегральные когнитивные карты		
7. Сервис	1. Генерация (сброс) БД	1. Все базы данных	
		2. НСИ	1. Всех баз данных НСИ
			2. БД классов
			3. БД первичных признаков
			4. БД обобщенных признаков
	3. Обучающая выборка		
	4. Распознаваемая выборка		
	5. Базы данных статистики		
	2. Переиндексация всех баз данных		
	3. Печать БД абсолютных частот		
	4. Печать БД условных процентных распределений СИМ-1 и СИМ-2		
	5. Печать БД информативностей СИМ-1 и СИМ-2		
	6. Интеллектуальная дескрипторная информационно–поисковая система		
7. Копирование основных баз данных СИМ			
8. Сделать текущей матрицу информативностей СИМ-1			
9. Сделать текущей матрицу информативностей СИМ-1			

Метод СК-анализа был успешно применен для решения ряда задач, сходных с решаемыми в данной статье [1, 7–20]².

Задача 4. Описать методику применения выбранного метода для решения поставленной проблемы.

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) [1, 2] представляет собой: метод СК-анализа, технологию, основанную на применении инструментария СК-анализа – системы "Эйдос", и методику применения этой системы для формирования семантической информационной модели предметной области (СИМ) и включает следующие этапы:

1. Когнитивная структуризация, а затем и формализация предметной области.
2. Ввод данных мониторинга в базу прецедентов (обучающую выборку) за период, в течение которого имеется необходимая информация в электронной форме.
3. Синтез семантической информационной модели (СИМ).
4. Оптимизация СИМ.
5. Проверка адекватности СИМ (измерение внутренней и внешней, дифференциальной и интегральной валидности).
6. Решение задач идентификации состояний объекта управления, прогнозирования и поддержки принятия управленческих решений по управлению с применением СИМ.
7. Системно-когнитивный и кластерно-конструктивный анализ СИМ.

На первых двух этапах АСК-анализа, детально рассмотренных в работах [1, 2], числовые величины сводятся к интервальным оценкам, как и информация об объектах нечисловой природы (фактах, событиях). Этот этап реализуется и в методах интервальной статистики.

На третьем этапе СК-анализа всем этим величинам по единой методике, основанной на системном обобщении семантической теории информации А. Харкевича, сопоставляются количественные величины, с которыми в дальнейшем и производятся все операции моделирования.

Последовательное выполнение всех этих этапов и представляет собой решение сформулированной в данной статье проблемы.

Рассмотрим эти этапы.

1. Когнитивная структуризация, а затем и формализация предметной области.

Подробно типовая методика когнитивной структуризации и формализации предметной области приведена в работе [23], поэтому здесь мы не будем давать определения этих понятий и приводить теоретическую часть, а сразу опишем результаты применения этой методики при решении проблемы, сформулированной в данной статье.

На этапе когнитивной структуризации предметной области в качестве классификационных шкал выберем результирующие состояния объекта управления:

1. **Культура**
2. **Сорт**
3. **Урожайность (точн. знач)**
4. **Урожайность (инт. оценка)**
5. **Качество**
6. **Культура + сорт + урожайность**
7. **Культура + сорт + качество**

² <http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=11>.
<http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=242>.
<http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=138>.

- 8. Культура + урожайность (округленная)
- 9. Культура + качество

В качестве факторов (т.е. описательных шкал), обуславливающих переход объекта управления в эти результирующие состояния, выберем следующие:

- 1. Предшественники
- 2. Уровень плодородия
- 3. Обработка почвы
- 4. Удобрение
- 5. Защита растений

На этапе формализации предметной области **конкретизируем** градации классификационных и описательных шкал (таблицы 2 и 3).

Таблица 2 – КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ШКАЛЫ И ГРАДАЦИИ

Код	Наименование классификационных шкал и градаций
1	1. КУЛЬТУРА-Озимая пшеница
2	1. КУЛЬТУРА-Озимый Ячмень
3	1. КУЛЬТУРА-Яровой ячмень
4	2. СОРТ-
5	2. СОРТ-Батько
6	2. СОРТ-Победа-50
7	2. СОРТ-Руфа
8	2. СОРТ-Юна
9	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {0.00, 7.90}
10	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {7.90, 15.80}
11	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {15.80, 23.70}
12	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {23.70, 31.60}
13	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {31.60, 39.50}
14	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {39.50, 47.40}
15	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {47.40, 55.30}
16	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {55.30, 63.20}
17	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {63.20, 71.10}
18	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {71.10, 79.00}
19	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {79.00, 86.90}
20	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{00,0-17,5}
21	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{17,5-34,9}
22	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{34,9-52,4}
23	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{52,4-69,8}
24	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{69,8-87,3}
25	5. КАЧЕСТВО-
26	5. КАЧЕСТВО-Ценная
27	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Батько+{00,0-17,5}
28	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Батько+{52,4-69,8}
29	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Батько+{69,8-87,3}
30	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{00,0-17,5}
31	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{34,9-52,4}
32	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{52,4-69,8}
33	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}
34	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Руфа+{00,0-17,5}
35	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Руфа+{34,9-52,4}
36	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Руфа+{52,4-69,8}
37	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Руфа+{69,8-87,3}
38	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Юна+{00,0-17,5}
39	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Юна+{34,9-52,4}
40	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Юна+{52,4-69,8}

41	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Юна+{69,8-87,3}
42	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень++{00,0-17,5}
43	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень++{34,9-52,4}
44	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень++{52,4-69,8}
45	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень++{69,8-87,3}
46	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень++{00,0-17,5}
47	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень++{17,5-34,9}
48	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень++{34,9-52,4}
49	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень++{52,4-69,8}
50	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Батько+Ценная
51	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Победа-50+Ценная
52	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Руфа+Ценная
53	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Юна+Ценная
54	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимый Ячмень++
55	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Яровой ячмень++
Код	Наименование классификационных шкал и градаций
56	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{00,0-17,5}
57	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{34,9-52,4}
58	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{52,4-69,8}
59	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{69,8-87,3}
60	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень+{00,0-17,5}
61	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень+{34,9-52,4}
62	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень+{52,4-69,8}
63	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень+{69,8-87,3}
64	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень+{00,0-17,5}
65	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень+{17,5-34,9}
66	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень+{34,9-52,4}
67	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Яровой ячмень+{52,4-69,8}
68	9. КУЛЬТУРА+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Ценная
69	9. КУЛЬТУРА+КАЧЕСТВО-Озимый Ячмень+
70	9. КУЛЬТУРА+КАЧЕСТВО-Яровой ячмень+

Таблица 3 – ОПИСАТЕЛЬНЫЕ ШКАЛЫ И ГРАДАЦИИ

Код	Наименование описательных шкал и градаций
[1]	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ
1	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-
2	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-Кукуруза.
3	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-Многолетние травы
4	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-Сахарная свекла
[2]	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородия
5	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородия-Высокий.
6	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородия-Низкий
7	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородия-Средний.
[3]	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ
8	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Безотвальная.
9	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Отвальная
10	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Поверхностная
[4]	13. УДОБРЕНИЕ
11	13. УДОБРЕНИЕ-Минеральная система
12	13. УДОБРЕНИЕ-Органическая система.
13	13. УДОБРЕНИЕ-Органическо-минеральная
14	13. УДОБРЕНИЕ-Отсутствует
[5]	14. ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ
15	14. ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ- Бактороденцид 3 кг/га : Фосфид цинка т.п. (5%) 4 кг/га

2. Ввод данных мониторинга в базу прецедентов (обучающую выборку) за период, в течение которого имеется необходимая информация в электронной форме.

Этот ввод осуществлялся с помощью специально предназначенного для подобных случаев универсального программного интерфейса между внешними базами данных и системой "Эйдос" (рисунок 2).



Рисунок 2 – Экранная форма универсального программного интерфейса между внешними базами данных и системой "Эйдос"

Данный программный интерфейс обеспечивает автоматическое формирование классификационных и описательных шкал и градаций и обучающей выборки на основе DBF-файла с сходными данными приведенного ниже стандарта.

Этот DBF-файл должен иметь имя: Inp_data.dbf и может быть получен в Excel, если выбрать "Сохранить как" и задать тип файла: DBF 4, dBASE IV. Каждая строка файла содержит данные об одном объекте обучающей выборки. Все столбцы этого файла могут быть как текстового, так и числового типа

1-й столбец содержит наименование источника данных длиной < 16 символов.

Столбцы со 2-го по N-й являются классификационными шкалами и содержат информацию о классах, к которым принадлежат объекты обучающей выборки.

Столбцы с N+1 по последний являются описательными шкалами и содержат информацию о признаках, характеризующих эти объекты.

Русские наименования классификационных и описательных шкал должны быть строками в файле с именем Inp_name.txt стандарта: MS DOS (кириллица).

Система автоматически находит минимальное и максимальное числовые значения в каждом столбце классов или признаков и формирует заданное в диалоге количество ОДИНАКОВЫХ для каждой шкалы числовых интервалов. Затем числовые значения заменяются их интервальными значениями. Каждое УНИКАЛЬНОЕ текстовое или интервальное значение считается градацией классификационной или описательной шкалы, характеризующей объект.

Затем с использованием этой информации генерируется обучающая выборка, в которой каждой строке DBF-файла исходных данных соответствует одна физическая анкета, содержащая столько логиче-

ских анкет, сколько уникальных классов в диапазоне столбцов классов, и коды признаков, которые соответствуют попаданиям числовых значений признаков в интервалы.

В таблице 4 представлен фрагмент исходного Excel-файла. Файл Inp_data.dbf по структуре не отличается от экселевского за исключением того, что наименования полей в нем вида: N1, N2, ..., N15. Для того чтобы исключить длинные текстовые кириллические наименования полей из экселевского файла, нужно перед записью выделить блоком часть таблицы с латинскими наименованиями полей и нужными данными. Интервальные значения и сочетания классов в Excel-файле образованы средствами Excel.

В результате работы данного программного интерфейса (см. рисунок 1) на основе файлов Inp_data.dbf и Inp_name.txt автоматически формируются классификационные и описательные шкалы и градации (см. таблицы 2 и 3), обучающая выборка (таблица 5).

Таблица 5 – ОБУЧАЮЩАЯ ВЫБОРКА (ФРАГМЕНТ)

Код	Наименование	Классы									Признаки				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5
1	1	1	6	15	22	26	31	51	57	68	3	6	9	14	15
2	2	1	6	15	22	26	31	51	57	68	3	7	8	14	15
3	3	1	6	14	22	26	31	51	57	68	3	5	10	14	15
4	4	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	6	9	11	15
5	5	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	7	8	11	15
6	6	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	5	10	11	15
7	7	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	6	9	12	15
8	8	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	7	8	12	15
9	9	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	5	10	12	15
10	10	1	6	9	20	26	30	51	56	68	3	6	9	13	15
11	11	1	6	9	20	26	30	51	56	68	3	7	8	13	15
12	12	1	6	9	20	26	30	51	56	68	3	5	10	13	15
13	13	1	6	14	22	26	31	51	57	68	3	6	9	14	15
14	14	1	6	15	22	26	31	51	57	68	3	7	8	14	15
15	15	1	6	14	22	26	31	51	57	68	3	5	10	14	15
16	16	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	6	9	11	15
17	17	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	7	8	11	15
18	18	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	5	10	11	15
19	19	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	6	9	12	15
20	20	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	7	8	12	15
21	21	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	5	10	12	15
22	22	1	6	18	24	26	33	51	59	68	3	6	9	13	15
23	23	1	6	17	23	26	32	51	58	68	3	7	8	13	15
24	24	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	5	10	13	15
25	25	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	6	9	14	15
26	26	1	6	16	23	26	32	51	58	68	3	7	8	14	15
27	27	1	6	15	23	26	32	51	58	68	3	5	10	14	15
28	28	1	6	19	24	26	33	51	59	68	3	6	9	11	15
29	29	1	6	19	24	26	33	51	59	68	3	7	8	11	15
30	30	1	6	18	24	26	33	51	59	68	3	5	10	11	15

Обучающая выборка включает описания 308 случаев выращивания озимой пшеницы нескольких сортов, а также озимого и ярового ячменя и в полном виде здесь не приводится из-за большого объема.

3. Синтез семантической информационной модели (СИМ).

Стандартными средствами системы "Эйдос" (режим: _235) был выполнен синтез семантической информационной модели (СИМ).

4. Оптимизация СИМ.

В системе "Эйдос" реализовано несколько различных методов оптимизации (в смысле улучшения адекватности) модели: это и исключение из

модели статистически малопредставленных классов и факторов (артефактов), и исключение незначимых факторов, и ремонт (взвешивание) данных, что обеспечивает не только классическую, но и структурную репрезентативность исследуемой выборки по отношению к генеральной совокупности, и итерационное разделение классов на типичную и нетипичную части, и генерация моделей больших размерностей с сочетанными признаками.

Однако проведенные численные эксперименты с применением этих методов оптимизации модели показали, что их использование нецелесообразно по двум причинам:

1. Полученная исходная модель и так обладает достаточно хорошими характеристиками адекватности.

2. Применение методов улучшения адекватности модели не дает ощутимых результатов.

Пункт 2 можно объяснить тем, что когда модель хорошая, то дальше ее улучшать сложнее, чем модель с низкой адекватностью.

5. Проверка адекватности СИМ (измерение внутренней и внешней, дифференциальной и интегральной валидности).

Контрольное измерение адекватности СИМ было проведено на исходной выборке, включающей 308 случаев, т.е. физических анкет, состоящих из 2774 логических анкет. Каждый случай выращивания описан в одной физической анкете (строке Excel-файла), но используется для формирования нескольких классов, в среднем 9, т.е. каждая физическая анкета включает в среднем 9 логических анкет.

При этом были получены результаты, представленные в таблице 6.

Итоговые средневзвешенные показатели адекватности модели приведены ниже:

11. Среднее количество и % логических анкет, правильно отнесенных к классу: 81.547, т.е. 85.306 %.

12. Среднее количество и % логических анкет, ошибочно не отнесенных к классу: 14.047, т.е. 14.694 %.

13. Среднее количество и % логических анкет, ошибочно отнесенных к классу: 60.461, т.е. 28.465 %.

14. Среднее количество и % логических анкет, правильно не отнесенных к классу: 151.945, т.е. 71.535 %.

15. Средневзвешенная вероятность случайного угадывания принадлежности объекта к классу: 31.037 %.

16. Средневзвешенная эффективность применения модели по сравнению со случайным угадыванием: 7.095 раз.

Например, класс: "1. КУЛЬТУРА-Озимый Ячмень" в исследуемой выборке встретился 48 раз, значит, вероятность случайного угадывания того, что случай выращивания относится именно к данному классу, составляет: $48/308 \cdot 100 = 15,584(\%)$, с использованием же модели к этому классу были отнесены *все* случаи, в действительности к нему относящиеся, т.е. 100 %, что в 6.417 раз выше вероятности случайного угадывания. Напомним, что уже при вероятности правильной идентификации в 2.5 раз выше, чем вероятность случайного угадывания, считается, что с достоверностью 95 % в модели обнаружена закономерность.

В общем, эти показатели адекватности модели можно считать достаточными для решения проблемы, сформулированной в данной статье, т.е. для решения задач прогнозирования и поддержки принятия решений. Кроме того, поскольку модель адекватна, т.е. верно отражает предметную область, то исследование модели можно считать исследованием самой предметной области (таблица 6).

Выводы

1. Как видно из приведенной в таблице 6 информации, созданная семантическая информационная модель обладает довольно высокой степенью достоверности, т.е. достаточно адекватно отражает исследуемую предметную область.

2. Это означает, что эту модель можно корректно использовать для:

– решения задачи прогнозирования урожайности озимой пшеницы исследованных сортов и озимого ячменя;

– для решения задач поддержки принятия решений по рациональному выбору агротехнологий, с наиболее высокой вероятностью приводящих к заранее заданному желаемому хозяйственному и экономическому результату;

– исследование данной модели корректно считать исследованием самой моделируемой (отраженной в модели) предметной области.

Заключение

В заключение авторы выражают благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору Малюге Николаю Григорьевичу за предоставленную исходную информацию. В связи с большим объемом материала продолжим рассмотрение решения поставленных задач в работе [25].

Список литературы

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.
2. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности: 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". – Краснодар: КубГАУ. 2004. – 633 с.
3. Луценко Е.В., Лойко В.И., Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2005. – 480 с.

4. Луценко Е.В. Теоретические основы и технология адаптивного семантического анализа в поддержке принятия решений (на примере универсальной автоматизированной системы распознавания образов "ЭЙДОС-5.1"): Монография (научное издание). – Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1996. – 280 с.
5. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов: Монография (научное издание). – Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. – 318 с.
6. Симанков В.С., Луценко Е.В., Лаптев В.Н. Системный анализ в адаптивном управлении: Монография (научное издание) /Под науч. ред. В.С. Симанкова. – Краснодар: ИСТЭК КубГТУ, 2001. – 258 с.
7. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Луценко Н.Е., Лопатина Л.М. Применение автоматизированного системного анализа для прогноза продуктивности плодовых культур на Юге страны // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: СКЗНИИСВ, 2002. – С. 8–11.
8. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М., Луценко Н.Е. Применение системного анализа для прогнозирования успешности выращивания сельскохозяйственных культур (на примере плодовых) // Формы и методы повышения эффективности координации исследований для ускорения процесса передачи реальному сектору экономики завершенных разработок: Сборник. – Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2002. – С. 62–67.
9. Луценко Е.В., Лопатина Л.М. Создание автоматизированной системы мониторинга, анализа, прогноза и управления продуктивностью сельскохозяйственных культур // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №02(2). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/02/07/p07.asp>.
10. Луценко Е.В., Егоров Е.А., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. и др. Интенсивные технологии возделывания плодовых культур: Монография (научное издание): СКЗНИИСИВ. – Краснодар. – 2004. – 394 с.
11. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Концептуальная постановка задачи: "Прогнозирование количественных и качественных результатов выращивания заданной культуры в заданной точке" // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/08/p08.asp>.
12. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Автоматизация системного анализа продуктивности плодовых культур Юга России // Научные труды Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – №4. – С. 11–14.
13. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Автоматизированная система мониторинга, анализа и прогнозирования развития сельхозкультур "ПРОГНОЗ-АГРО". Пат. № 2003610433 РФ. Заяв. № 2002611927 РФ. Оpubл. от 18.02.2003.
14. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. База данных автоматизированной системы мониторинга, анализа и прогнозирования развития сельхозкультур "ПРОГНОЗ-АГРО". Пат. № 2003620035 РФ. Заяв. № 2002620178 РФ. Оpubл. от 20.02.03.
15. Луценко Е.В., Драгавцева И. А., Лопатина Л.М., Немоляев А.Н. Подсистема агрометеорологической типизации лет по успешности выращивания плодовых и оценки соответствия условий микрорзон выращивания ("АГРО-МЕТЕО-ТИПИЗАЦИЯ"). Пат. № 2006613271 РФ. Заяв. № 2006612452 РФ. Оpubл. от 15.09.2006.
16. Луценко Е.В., Калустов А.А. Применение автоматизированного системно-когнитивного анализа для совершенствования методов компьютерной селекции подсолнечника // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №02(10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/02/10/p10.asp>.

17. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Совершенствование методов компьютерной селекции подсолнечника путем применения АСК-анализа // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3–11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 397–411.
18. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Прогнозирование селекционных свойств растений подсолнечника на основе их фенотипических признаков путем применения АСК-анализа // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3-11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 463–464.
19. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Кластерно-конструктивный и системно-когнитивный анализ результатов выращивания подсолнечника и факторов // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3–11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 476–478.
20. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Поддержка принятия решений по отбору растений для селекции на основе анализа их фенотипических признаков методом АСК-анализа // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3–11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 492–496.
21. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1997. – 389 с.
22. Денисов А.А.. Информационное поле. – СПб.: Изд-во "Омега", 1998. – 3,9 п.л.
23. Луценко Е.В. Типовая методика и инструментарий когнитивной структуризации и формализации задач в СК-анализе / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №01(3). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/01/pdf/16.pdf>.
24. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ как развитие концепции смысла Шенка – Абельсона / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №03(5). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/03/pdf/04.pdf>.
25. Луценко Е.В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование урожайности зерновых колосовых и поддержка принятия решений по рациональному выбору агротехнологий с применением СК-анализа. // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №04(38). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/04/pdf/07.pdf>.

Для удобства читателей некоторые из этих работ размещены по адресу:
<http://lc.kubagro.ru/aidos/Eidos.htm>.