МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И.Т. ТРУБИЛИНА»

Факультет прикладной информатики Кафедра компьютерных систем и технологий

КУРСОВАЯ РАБОТА

		пьные системы и технологии
на тему: «Сп	ектральный АСЬ	С-анализ степени поражения листьев озимого ячменя
пятнистостям	ми»	
Выполнил ст	удент группы: <u>И</u>	<u> Т31941 Слепченко Александр Юрьевич</u>
Допущен к за Руководитель		к. т. н., профессор Луценко Е.В. ((подпись, расшифровка подписи)
Защищен	13.04.2021	
	(дата)	
Оценка	ОТЛИЧНО	

DOI: 10.13140/RG.2.2.11375.56486

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшегообразования «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.Т. ТРУБИЛИНА»

Факультет прикладной информатики

РЕЦЕНЗИЯ на курсовую работу

Студент Слепченко Александр Юрьевич

курса 2 заочной формы обучения группы ИТз1941

Направление подготовки <u>09.04.02 «Информационные системы и технологии»</u> Наименование темы «Спектральный АСК-анализ степени поражения листьев озимого ячменя пятнистостями»

Рецензент: <u>Луценко Евгений Вениаминович, д.э.н., к.т.н., профессор</u> (Ф.И.О., ученое звание и степень, должность)

Оценка качества выполнения курсовой работы

№ п/п	Показатель	Оценка соответствия («неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»)
1	Степень полноты обзора состояния проблемы и корректность	5
	постановки цели и задач исследования	
2	Уровень и корректность использования в работе различных методов исследований	5
3	Степень комплексности работы, применения в ней знаний общепрофессиональных и специальных дисциплин	5
4	Ясность, четкость, последовательность и обоснованность изложения	5
5	Применение современных технологий обработки информации	5
6	Качество оформления работы (общий уровень грамотности, стиль изложения, качество иллюстраций, соответствие требованиям по оформлению)	5
7	Уровень освоения компетенций в результате выполнения курсовой работы (проекта)	5
8	Ответы на вопросы при защите	5
Дост	гоинства работы	

Достоинства работы		
Недостатки работы		
•		
Итоговая оценка при защите	онрицто	
Рецензент	(Е.В. Луценко)	
«13» 04 2021 г.		
<u> </u>		

РЕФЕРАТ

Курсовая работа содержит: 66 страниц, 40 рисунок, 54 литературных источников.

Ключевые слова: АСК-АНАЛИЗ (Автоматизированный системно-когнитивный спектральный анализ), СИСТЕМА «ЭЙДОС», ОЗИМЫЙ ЯЧМЕНЬ, СЕТЧАТАЯ ПЯТНИСТОСТЬ, ТЕМНО-БУРАЯ ПЯТНИСТОСТЬ

Оценка ячменя на поражение пятнистостями, традиционно осуществляется методом визуального определения степени поражения листа с помощью имеющихся в распоряжении эксперта – фитопатолога шкалами учета, которые позволяют в условиях поля охарактеризовать изучаемый сортообразец на предмет устойчивости или восприимчивости к изучаемой болезни. Этот метод отличается рядом недостатков. Эти недостатки предлагается преодолеть путем разработки нового инструмента фитопалога. Измерительный инструмент фитопатолога должен обеспечивать высокую точность оценки степени поражения растения болезнью, а сама процедура измерения степени поражения должна быть быстрой и нетрудоемкой. Целью работы является разработка мобильного инструмента фитопатолога для количественной экспрессоценки в условиях поля степени поражения листьев озимого ячменя пятнистостями. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи: Задача 1: сформулировать идею и концепцию решения проблемы; Задача 2: обосновать выбор метода и инструмента решения проблемы; Задача 3: применить выбранный метод и инструмент для решения проблемы, т.е. выполнить следующие этапы: – когнитивная структуризация предметной области; - формализация предметной области; – синтез и верификация модели; – повышение качества модели и выбор наиболее достоверной модели - решение в наиболее достоверной модели задач диагностики (классификации, распознавания, идентификации), поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели. Задача 4: описать эффективность предложенного решения проблемы. Задача 5: рассмотреть ограничения и недостатки предложенного решения проблемы и перспективы его развития путем их преодоления этих ограничений и недостатков. Приводится развернутый численный пример решения поставленных задач на реальных данных путем применения АСК-анализа и системы «Эйдос»

СОДЕРЖАНИЕ

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТТ	1
КУРСОВАЯ РАБОТА	1
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЙ ИНФОРМАТИКИ	
РЕЦЕНЗИЯ	2
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ	
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	
РЕФЕРАТ	3
1. ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	5
2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ	6
3. ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТОДУ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ	7
4. ТРАДИЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ	
5. НЕДОСТАТКИ ТРАДИЦИОННОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ И ОЦЕНКА СТІ ЕГО СООТВЕТСТВИЯ ОБОСНОВАННЫМ ТРЕБОВАНИЯМ	ЕПЕНИ
6. АКТУАЛЬНОСТЬ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ	8
7. ПРЕДЛАГАЕМОЕ РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ПРОБЛЕМЫ	
7.1. Идея и концепция решения проблемы (ЗАДАЧА 1)	
7.2. Обоснование выбора метода и инструмента решения проблемы (задача 2)	10
7.3. ПРИМЕНЕНИЕ ВЫБРАННОГО МЕТОДА И ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ (ЗАДАЧА 3)	
7.3.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области	
7.3.2. Формализация предметной области и описание исходных данных	
7.3.3. Синтез и верификация статистических и системно-когнитивных моделей	
7.3.3.1. Синтез моделей	20
7.3.3.2. Верификация моделей	
7.3.4. Повышение качества модели и выбор наиболее достоверной модели	
7.3.5. Диагностика степени поражения пятнистостью листьев озимого ячменя	26
7.3.5.1. Спектры исходных изображений	
7.3.5.2. Обобщенные спектры классов	
7.3.5.3. Экранные формы с результатами диагностики	
7.3.6. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели	
7.3.6.1. Информационные портреты классов и признаков	
7.3.6.2. SWOT-анализ	
7.3.6.3. Нелокальная нейронная сеть и нейроны	
7.3.6.3. Кластерно-конструктивный анализ	
7.3.6.5. Когнитивные функции	
8. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ (ЗАДАЧА 4)	60
9. ОГРАНИЧЕНИЯ И НЕДОСТАТКИ ПРЕДЛОЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ ПУТЕМ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ ЭТИХ ОГРАНИЧЕНИЙ И НЕДОСТАТКОВ (ЗАДАЧА 5)	61
10. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
ΠΙΤΕΡΔΤΥΡΔ	61
IIVIIEEMITEM	n I

1. Описание предметной области

Данная работа основана на [52].

Одной из важных зернофуражных культур в Краснодарском крае является озимый ячмень. Обладая высоким потенциалом продуктивности, имея сравнительно короткий вегетационный период и быстрый темп развития озимый ячмень, является незаменимой культурой в севообороте каждого сельхозпроизводителя. Ежегодно в России валовой сбор зерна ячменя составляет от 18 до 20 млн. тонн. В целом по Краснодарскому краю площади под озимым ячменем занимают 250-300 тыс. га (Шевцов, 2008).

Потребность сельского хозяйства в кормах, а пищевой и пивоваренной промышленности в сырье ставит задачи по созданию новых высокоадаптивных сортов, которые при неблагоприятных погодных условиях способны формировать достаточно высокую урожайность и отличаться хорошими показателями качества зерна (Жученко, 2001).

Одним из лимитирующих факторов получения высоких урожаев качественного зерна кормового и пивоваренного ячменя в основных зонах его возделывания являются болезни, вызываемые гемибиотрофными патогенами. К их числу относятся гельминтоспориозные пятнистости: сетчатая (возбудитель - аскомицет *Pyrenophora teres* Drechs. (анаморфа: *Drechslera teres* Sacc. (Shoem.) = *Helminthosporium teres*) и темно-бурая (возбудитель - аскомицет *Cochliobolus sativus* (Itoet Kurib.) Drechsler ex Dastur., и анаморфа: *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker. = *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. et P.C. Jain, *Helminthosporium sorokinianum* Sacc., *H. sativum* Pammel, C.V. King et Bakke (Дьяков, 2003).

Снижение урожайности при сильном развитии пятнистостей может достигать 36,8–50% и более, количества колосьев — до 15%, количества зерен в колосе — 20%, а сбора соломы — 32% и более (Jayasena et al., 2007; Murray, Brennan, 2009; Саладунова О.А. и др., 2011; www3.syngenta.com). Эпифитотии сетчатой и темно-бурой пятнистостей в Ленинградской области происходят с частотой 1 раз в 3-4 года (Афанасенко, 2010).

Вредоносность пятнистостей листьев ячменя проявляется в резком уменьшении фотосинтетической активности и - как следствие этого - в уменьшении размера и количества зерен в колосе (Smedegard-Petersen, 1974; Кушниренко, 1987; Кhan, 1989; Хасанов, 1992; Кашемирова, 1995), а также в токсигенном действии возбудителей на растение (Piening, Kaufmann, 1969). Потери урожая на восприимчивых сортах достигают 40–45 % (Steffenson, 1988; Хасанов, 1992; Кашемирова, 1995; Jayasena et al., 2007).

Наиболее чёткие симптомы, соответствующие названию «сетчатая» пятнистость проявляются на проростках. Обычно на вершине листа или посредине появляется типичное сетчатое пятно, когда коричневые штрихи образуют на зелёном или хлоротичном фоне рисунок сетки. В период кущения ячменя, пятна обнаруживаются в основном на нижних листьях, на верхних же они единичны.

На взрослых растениях симптомы сетчатой пятнистости сильно варьируют в зависимости от сорта. На некоторых из них проявление заболевания возможно в виде коричневых с боковыми ответвлениями чёрточек. Такие множественные, локальные повреждения дают общую картину сетки на всём листе. На листьях большинства сортов образуются преимущественно коричневые полоски 1-3 см длины и 0,3-0,5 см ширины, сливающиеся при сильном поражении. Нижние листья поражаются сильнее и быстро отмирают (рис.1) (Афанасенко, 1997; Ишкова, Чумаков, 2005).



Рис. 1 – Пораженный сетчатой пятнистостью лист озимого ячменя net-форма (оригинал) и spot-форма (Текауз, 2011)

Тёмно-бурой пятнистостью поражаются все части растения. На листьях болезнь проявляется в виде округлых или продолговатых коричневых некрозов с хлоротичным окаймлением или без него. Проявление болезни в виде продолговатых пятен часто приводит к ошибочной диагностике её как сетчатой пятнистости. Характерной особенностью тёмно-бурой пятнистости является наличие тёмного (почти чёрного) участка в центре полоски (рис.2), (Афанасенко, 1987, 1997).

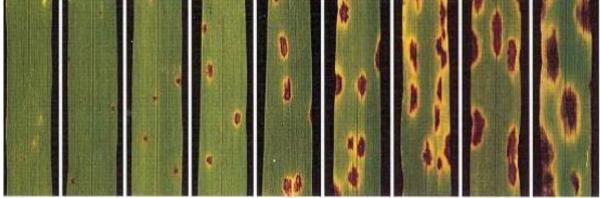


Рис.2 Пораженные листья ячменя темно-бурой пятнистостью (Fetch, Steffenson, 1999)

2. Постановка проблемы

Проблема — это *несоответствие* желаемого и действительного, т.е. *противоречие* между фактическим и целевым положением дел.

Из приведенного выше краткого описания исследуемой предметной области ясно, что фитопатологу *необходим* современный удобный, надеж-

ный и точный измерительный инструмент, обеспечивающий в условиях поля экспресс-оценку степени устойчивости/восприимчивости сортообразца к изучаемой болезни, однако в настоящее время такой инструмент *отсумствует*.

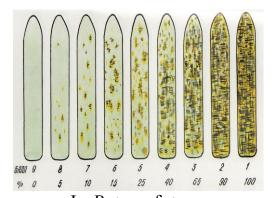
В этом и состоит проблема, решаемая в данной работе.

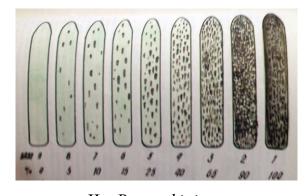
3. Обоснование требований к методу решения проблемы

Очевидно, *измерительный инструмент фитопатолога* должен обеспечивать *высокую точность* оценки степени поражения растения болезнью, а сама процедура измерения степени поражения должна быть быстрой и нетрудоемкой.

4. Традиционный подход к решению проблемы

Оценка ячменя на поражение пятнистостями, осуществляется методом визуального определения степени поражения листа с помощью имеющихся в распоряжении эксперта — фитопатолога шкалами учета (рис. 3, таблица 1), которые позволяют в условиях поля охарактеризовать изучаемый сортообразец на предмет устойчивости или восприимчивости к изучаемой болезни.





I - P. teres f. teres

II - B. sorokiniana

Рисунок 3. Шкала оценок интенсивности поражения листьев ячменя (Л. Бабаянц и др. 1988);

Таблица 1 — Шкала оценок интенсивности поражения листьев ячменя сетчатым гельминтоспориозом по Бабаянц и др.

% пораже-		Характеристика
ния	Характер проявления болезни	устойчивости,
кип		восприимчивости
0	Точечные некрозы без хлороза	Очень высокая
5	Точечные некрозы с очень малозаметными признаками хлороза	и высокая
		устойчивость
10	Некротические коричневые пятна с хлоротичным окаймлением или без хлороза, не распространя-	
	ющиеся по отрезку листа	Устойчивость - <u>У</u>
15	Некротические коричневые пятна с хлоротичным окаймлением или без хлороза, с очень малоза-	устоичивость
	метными признаками распространения по листу	
25	Некротические пятна, активно распространяющиеся по листу с хлоротичным окаймлением	Слабая
		восприимчивость
40	Некротические пятна, начинающие распространяться по листу с хлоротичным окаймлением	
65	Коричневый некроз занимает третью часть листа	Восприимчивость
90	Коричневый некроз занимает половину листа	Высокая и очень
100	Коричневый некроз занимает почти весь лист	высокая
		восприимчивость

Из таблицы 1 мы видим, что традиционная шкала относится к порядковым шкалам и имеет 5 интервальных значений, границы которых количественно не определены [12].

5. Недостатки традиционного подхода к решению проблемы и оценка степени его соответствия обоснованным требованиям

- 1. <u>Высокая трудоемкость</u> (значительные затраты труда и времени для измерения).
 - 2. Низкая точность:
- из-за применения порядковой шкалы, включающей всего 5 градаций (интервальных значений), границы которых количественно не определены;
- из-за человеческого фактора, т.е. явных субъективных ошибок при определении степени поражения, что приводит к неприемлемо сильной зависимости результатов оценки не только от степени поражения риса, но и от опыта эксперта;
- 3. <u>Отсутствие адаптивности</u>, т.е. возможности самостоятельного совершенствования традиционной методики как с целью преодоления названных выше недостатков, а так для ее районирования и настройки на различные типы поражений (болезни) и сорта риса и других растений.

6. Актуальность, цель и задачи исследования

Мы видим, что недостатки традиционного решения довольно существенные, а значит *актуальными* является усилия исследователей и разработчиков по их преодолению. Этим самым и будет решена поставленная в работе *проблема*.

Поэтому **целью работы** является разработка мобильного инструмента фитопатолога для количественной экспресс-оценки в условиях поля степени поражения листьев озимого ячменя пятнистостями.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие залачи:

Задача 1: сформулировать идею и концепцию решения проблемы;

Задача 2: обосновать выбор метода и инструмента решения проблемы;

Задача 3: применить выбранный метод и инструмент для решения проблемы, т.е. выполнить следующие этапы:

- когнитивная структуризация предметной области;
- формализация предметной области;
- синтез и верификация модели;
- повышение качества модели и выбор наиболее достоверной модели
- решение в наиболее достоверной модели задач диагностики (классификации, распознавания, идентификации), поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

<u>Задача 4:</u> описать эффективность предложенного решения проблемы.

<u>Задача 5:</u> рассмотреть ограничения и недостатки предложенного решения проблемы и перспективы его развития путем их преодоления этих ограничений и недостатков.

Ниже рассмотрим решение этих задач.

7. Предлагаемое решение поставленной проблемы

7.1. Идея и концепция решения проблемы (задача 1)

Идея решения проблемы состоит в применении для этой цели современных IT-технологий, которых просто не существовало в период разработки традиционного подхода.

В последнее время эти технологии все шире применяются в различных сферах сельского хозяйства, например, такие как спектральный анализ полей (), беспилотные летательные аппараты с различной специализацией (), виртуальные приборы для определения площади листовой поверхности (Дмитриев, 2016), определение по контурам листа сорта винограда (Луценко, 2015), анализ по контурам видов насекомых (Луценко, 2016) др.

Концепция решения проблемы конкретизирует сформулированную выше идею и заключается в применении технологий искусственного интеллекта для создания мобильного инструмента фитопатолога для количественной экспресс-оценки в условиях поля степени поражения листьев озимого ячменя пятнистостями на основе спектрального анализа изображений листьев.

В качестве виртуального прибора предлагается применить *планшет на MS Windows*, позволяющий запускать любое программное обеспечение под Windows и имеющий камеру для получения в условиях поля качественных (с высоким разрешением и хорошей глубиной цвета) изображений листьев, а также обеспечивающий доступ в Internet (рисунок 4).



Рисунок 4. Планшет и его возможности

Если в точке поля, где фитопатологу необходимо провести измерения, есть доступ в Internet, то планшет может быть использован в качестве фотоаппарата для съемки листьев и передачи их изображений на основной компьютер, а также в качестве терминала для удаленного управления основным компьютером с помощью программы *Team Viewer*. Эта программа обеспечивает удобную работу на удаленном компьютере с мобильного устройства.

Если в точке поля, где фитопатологу необходимо провести измерения, нет доступа в Internet, то планшет обеспечивает запуск и использование для измерения необходимых программ локально.

Система искусственного интеллекта, обеспечивающая спектральный анализ конкретных изображений и формирование обобщенных спектров может групп изображений (классов), может быть применена для:

- создания моделей, отражающих зависимость спектральных характеристик листьев озимого ячменя от степени их поражения бурой пятнистостью;
- применения этих моделей для диагностики степени поражения конкретных листьев.

По *гипотезе* авторов это обеспечит преодоление всех перечисленных выше недостатков традиционного подхода:

- 1. Понизит затраты труда и времени для измерения.
- 2. Повысит точность измерений за счет:
- применения числовых шкал измерений с любым заданным количеством интервальных значений спектра (численные эксперименты проводились с числом цветов в спектре от 7 до 350);
- исключения человеческого фактора, т.е. субъективных ошибок при определении степени поражения, что обеспечит зависимость результатов оценки только от степени поражения риса и снимет зависимость от опыта фитопатолога;
- 3. Обеспечит адаптивность измерительного инструмента за счет возможности его самостоятельного совершенствования как для его районирования и настройки на различные типы поражений (болезни) и сорта риса, так и для других растений. Это позволит формировать, расширять и совершенствовать базы данных для принятия решений (модели) с учетом потребностей конкретного пользователя (эксперта).

7.2. Обоснование выбора метода и инструмента решения проблемы (задача 2)

Автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) развит проф.Е.В.Луценко в 2002 году для решения широкого класса задач идентификации, прогнозирования, классификации, диагностики, поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели. АСК-анализ имеет программный инструментарий —

универсальную когнитивную аналитическую систему «Эйдос» (система «Эйдос»).

Система «Эйдос» находится в полном открытом бесплатном доступе на сайте автора по адресу: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm и реализована в универсальной постановке, не зависящей от предметной области. На имеет около 30 встроенных локальных учебных приложений и более 70 облачных Эйдос-приложений учебного и научного характера.

Математическая модель системы «Эйдос» основана на системной нечеткой интервальной математике и обеспечивает сопоставимую обработку больших объемов фрагментированных и зашумленных взаимозависимых данных, представленных в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и различных единицах измерения. Система обеспечивает построение информационно-измерительных систем в различных предметных областях (Луценко, 2013), в частности АСК-анализ изображений (Луценко, 2016). В системе «Эйдос» реализован программный интерфейс, обеспечивающий автоматизированный ввод в систему изображений и выявление спектральных характеристик как конкретных изображений, так и обобщенных образов классов, т.е. обобщенных изображений, построенных на основе нескольких конкретных (Луценко, 2017), что позволяет:

- 1. Измерять спектры графических объектов (т.е. точно определять цвета, присутствующие в изображении).
- 2. Формировать обобщенные спектры классов. При этом рассчитывается количество информации в каждом цвете обобщенного спектра класса о принадлежности конкретного объекта с этим цветом в спектре к данному классу.
- 3. Сравнивать конкретные объекты с классами по их спектрам. При этом рассчитывается суммарное количество информации в цветах спектра конкретного объекта о его принадлежности к обобщенному образу класса.
 - 4. Сравнивать классы друг с другом по их спектрам.

В качестве спектра изображения в системе рассматривается доля пикселей разных цветов в общем числе пикселей изображения без учета фона.

Путем многопараметрической типизации в системе создается системно-когнитивная модель, с применением которой, если модель окажется достаточно достоверной, могут решаться задачи системной идентификации, прогнозирования, классификации, поддержки принятия решений и исследования моделируемого объекта путем исследования его модели (Луценко, 2015, 2015).

Всем этим и обусловлен выбор АСК-анализа и системы «Эйдос» в качестве инструментария решения поставленной проблемы.

7.3. Применение выбранного метода и инструмента для решения проблемы (задача 3)

Решение задачи 3 предполагает выполнение следующих этапов, стандартных для АСК-анализа:

- когнитивная структуризация предметной области;
- формализация предметной области;
- синтез и верификация модели;
- повышение качества модели и выбор наиболее достоверной модели
- решение в наиболее достоверной модели задач диагностики (классификации, распознавания, идентификации), поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

Все эти этапы АСК-анализа, за исключением 1-го, автоматизированы в системе «Эйдос».

Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос»,

повышение уровня системности данных, информации и знаний, повышение уровня системности моделей Когнитивно-целевая структуризация предметной области (единственный неавтоматизированный в системе «Эйдос-Х++» этап АСК-анализа) Формализация предметной области (реж.2.3.2.2) Class_Sc, Gr_ClSc Классификационные Inp_data, Inp_data.xls алы и градации (реж. данных - программные Opis_Sc, Gr_OpSc Описательные Исходные данные интерфейсы (АРІ) шкалы и градации (реж.2.2) Обучающая выборка, эвентологическая база данных (реж.2.3.1) Оbi_Kcl
Коды классов объектов обучающей выборки Obi_zag Obi_Krg Коды признаков объектов обучающей выборки Заголовки объектов обучающей выборки Синтез и верификация моделей (реж.3.5) Prc2 **Abs** Матрица абсолютных частот Матрица условных Матрица условных и безусловных процентных и безусловных процентных (матрица сопряженности, корреляционная матрица) распределений, расчитанная по числу признаков классов по числу объектов классов Системно-когнитивные модели (модели знаний) (многопараметрическая типизация) (реж.5.5) INF1 INF4 Решение задач распознавания системной идентификации и прогнозирования (реж.4.1.2) Решение задач принятия решений (управления) (реж. 4.4.8, 6.3) Решение задач исследования предметной области путем исследования ее модели Решение задач (реж.4) О соотношении задач: распознавания, классификации, идентификации и диагностики (это одно и тоже, т.е. синонимы); идентификации и прогнозирования (при идентификации значения свойств и принадлежность объекта к классу относятся к одному моменту времени, а при прогнозировании значения факторов относятся к прошлому, а переход объекта под действием этих факторов в состояние, соответствующее классу относится к прогнозирования и принятия решений (при прогнозировании по значениям факторов, действующих на объект моделирования, определяется в какое будущее состояние он перейдет под их действием. При принятии решений, наоборот, по будущему целевому состоянию объекта моделирования определяются значени: факторов, которые обуславливают его переход в это будущее целевое состояние. Таким образом задача принятия решений является обратной по отношению в задаче прогнозирования); принятия решений и исследования моделируемой предметной области (задача принятия решений является обратной по отношению к задаче прогнозировани только в простейшем случае: в случае использования SWOT-анализа. Однако SWOT-анализ имеет свои ограничения: может быть задано только одно будущее целевое состояние, некоторые рекомендуемые факторы может не быть технологической и финансовой возможности использовать. Поэтому в АСК-анализе и системе «Эйдос» реализован развитый алгоритм принятия решений п.6.3 в котором кроме SWOT-анализа используются также результаты решения задачи прогнозирования и результаты кластерно-конструктивного анализа классов и значений факторов, т.е. некоторые результаты решения задачи исследования

Рассмотрим их в порядке исполнения.

7.3.1. Когнитивно-целевая структуризация предметной области

На этапе когнитивно-целевой структуризации предметной области мы решаем на качественном уровне что будем рассматривать в качестве факторов, действующих на моделируемый объект (причин), а что в качестве результатов действия этих факторов (последствий).

В данной работе мы собираемся на основе оптического спектра листьев озимого ячменя определять степень поражения этих листьев пятнистостью.

Соответственно, для формализации задачи, выполняемой на следующем этапе АСК-анализа, мы будем использовать две шкалы:

- классификационная шкала: «Степень поражения пятнистостью (%)»;
- доля цветов оптического спектра в изображении листьев.

7.3.2. Формализация предметной области и описание исходных данных

Формализация предметной области — это этап АСК-анализа, на котором сначала разрабатываются классификационные и описательные шкалы и градации, а затем с помощью них исходные данные кодируются к такой форме, которая удобна для дальнейшей обработки в системе «Эйдос», т.е. для синтеза и верификации моделей, т.е. формируются обучающая выборка и база событий.

Эта удобная для обработки в системе форма представления данных называется «нормализованные базы данных», а содержание этапа формализации предметной области по сути представляет собой нормализацию исходных баз данных.

В системе «Эйдос» есть много программных интерфейсов с внешними источниками данных (рисунок 5), которые можно объединить в три группы:

- интерфейсы с текстовыми данными;
- интерфейсы с табличными данными;
- интерфейсы с графическими данными.

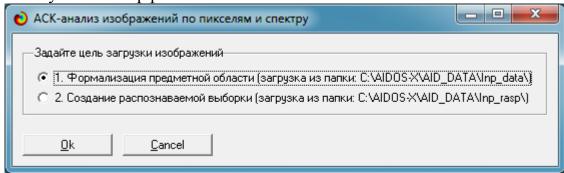
В будущем планируется расширить типы данных для программных интерфейсов.

Для удобства пользователей использование некоторых из интерфейсов с графическими данными дублируются в подсистемах: 4.7. АСК-анализ изображений и 4.8. Геокогнитивная система.

2.3.2.1. Импорт данных из текстовых файлов
2.3.2.2. Универсальный программный интерфейс импорта данных в систему
2.3.2.3. Импорт данных из транспонированных внешних баз данных
2.3.2.4. Оцифровка изображений по внешним контурам
2.3.2.5. Оцифровка изображений по всем пикселям и спектру
2.3.2.6. Импорт данных из DOS-TXT-рядов чисел (цифр) и слов (букв)
2.3.2.7. Транспонирование файлов исходных данных
2.3.2.8. Объединение нескольких файлов исходных данных в один
5.3.2.9. Разбиение ТХТ-файла на файлы-абзацы

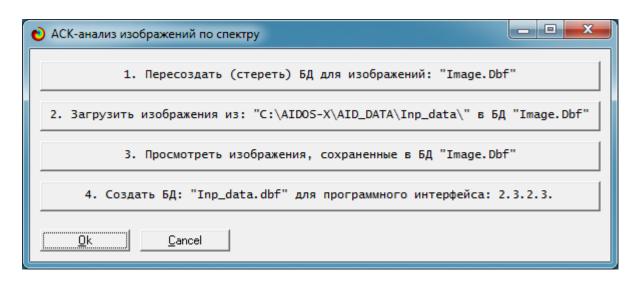
Рисунок 5. Программные интерфейсы, вызываемые в режиме 2.3.2 системы «Эйдос».

Запустим интерфейс 2.3.2.5. и в появившемся окне:



выберем 1-й пункт, обеспечивающий формализацию предметной области. Отметим, что 2-й пункт используется при применении созданных моделей на практике.

Появится окно:



Необходимо выполнить все пункты этого окна по очереди, за исключением 3-го, который является необязательным.

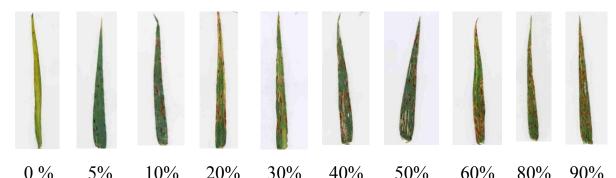
При выполнении 2-го пункта изображения загружаются в базу данных из папки: ..:\Aidos-X\AID_DATA\Inp_data\, в которую они должны быть предварительно помещены.

Фон изображений влияет на результаты их анализа, поэтому его надо предварительно удалить. Удобнее всего это сделать в on-line редакторе:

- инструкция: http://www.liveinternet.ru/users/karina-1952/post367506106;
- сам редактор: https://pixlr.com/editor/.

Для обработки удобнее всего загружать сразу все изображения, а потом после удаления фона записывать их и закрывать.

Для решения поставленной задачи использовались 30 сканированных на светлом фоне с одинаковым разрешением изображения листьев озимого ячменя сорта Павел, пораженных сетчатой пятнистостью (в естественных условиях) от 0 до 90 %, по 3 листа на каждый процент, который определили по шкале учета самостоятельно (рисунок 6).



0 % 5% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 80% 90% Рисунок 6 Пораженные листья озимого ячменя сетчатой пятнистостью (поле УЧХОЗ Кубань 2017г.)

В качестве спектра изображения в системе рассматривается доля пикселей разных цветов в общем числе пикселей изображения без учета фона (Луценко, 2017).

Данный режим обеспечил:

- ввод изображений в систему по пикселям (для этого выполнить первые два режима подготовки данных);
- измерение спектров изображений с заданным числом цветовых диапазонов (цветовых интервалов) (выполнить 4-й режим подготовки данных);
- рассмотрение характеристик спектра конкретных изображений как их признаков при формировании моделей (наряду с пикселями);
- вывод исходных изображения с их спектрами на экран и запись в виде файлов в папку: ..\AID_DATA\InpSpectrPix\.
- формирование обобщенных спектров изображений, относящихся к различным группам, классам (обобщенные спектры классов);
- количественное сравнение конкретных изображений по их спектрам с обобщенными спектрами классов, т.е. решение задачу идентификации (классификации, диагностики, распознавания, прогнозирования);
- количественное сравнение обобщенных спектров классов друг с другом и решение задач кластерно-конструктивного анализа;

Исходные изображения должны быть в формате jpg или bmp и находиться непосредственно в папке: ../Aid_data/Inp_data/, если ставится формализации предметной области и синтеза модели, и в папке: ../Aid_data/Inp_rasp/, если ставится цель формирования распознаваемой выборки.

Для режимов спектрального анализа изображений не важно, как они масштабированы и повернуты, но желательно, чтобы они были без фона. Пакетные on-line сервисы, обеспечивающие "оконтуриване и удаление фона" изображений можно найти в Internet по запросу, который в кавычках.

Система работает с графическими файлами jpg и bmp. Желательно, чтобы файлы имели не более 400 пикселей по горизонтали и вертикали, т.к. иначе они могут неверно отображаться на экране и время обработки может сильно затянуться, т.к. идет попиксельный анализ графических файлов.

Имена графических файлов должны иметь следующий вид:

- ячмень 00%-01.jpg, ячмень 00%-02.jpg, ячмень 00%-03.jpg, ячмень 00%-04.jpg, ячмень 00%-05.jpg, ячмень 00%-06.jpg;
- ячмень 05%-01.jpg, ячмень 05%-02.jpg, ячмень 05%-03.jpg, ячмень 05%-04.jpg, ячмень 05%-05.jpg, ячмень 05%-06.jpg;
- ячмень 10%-01.jpg, ячмень 10%-02.jpg, ячмень 10%-03.jpg, ячмень 10%-04.jpg;
 - ячмень 15%-01.jpg, ячмень 15%-02.jpg;
- ячмень 20%-01.jpg, ячмень 20%-02.jpg, ячмень 20%-03.jpg, ячмень 20%-04.jpg;
 - ячмень 30%-01.jpg;
 - ячмень 40%-01.jpg, ячмень 40%-02.jpg;
 - ячмень 50%-01.jpg;
 - ячмень 60%-01.jpg;
 - ячмень 70%-01.jpg;
 - ячмень 80%-01.jpg».

Часть имени файла до тире рассматривается системой «Эйдос» как наименования класса, т.е. группы, к которой относится файл.

После тире идет *внутренняя* нумерация файлов внутри класса, т.е. это номер реализации или наблюдения.

Например, обобщенный образ класса: «ячмень 00%» будет формироваться системой на основе 6 примеров листьев, относящихся к этому классу, а образ класса: «ячмень 15%» лишь на основе 2-х примеров. Если тире в имени файла отсутствует, то все имя файла рассматривается как имя класса.

При выборе 4-го пункта изображения из базы данных изображений анализируются и формируется база данных: «Inp_data.xls» для продолжения формализации предметной области. При выборе этого пункта появляется окно, приведенное на рисунке 7, в котором можно указать различные параметры для анализа изображений. Мы выберем параметры, указанные на рисунке, которые являются параметрами по умолчанию.

Затем идет процесс анализа графических файлов отображением стадии этого анализа. По окончании анализа изображений выводится информация о том, как продолжить работу.

Далее выполним режим 2.3.2.3 с параметрами по умолчанию (рисунок 8), которые формируются автоматически на предыдущем этапе.

Данный режим и формирует классификационные и описательные шкалы и градации (рисунки 9 и 10) и обучающую выборку (рисунок 11), чем завершается формализация предметной области.

Обратим внимание на то, что система «Эйдос» сортирует текстовые градации классификационных шкал, т.е. классы, по алфавиту. Поэтому, чтобы их порядок был правильный и шкала была не просто номинальной, но порядковой, в наименованиях графических файлов исходных данных используются ведущие нули при нумерации реализаций внутри класса (00 вместо 9,

01 вместо 1). Количество этих ведущих нулей берется таким, чтобы разрядов хватило для нумерации всех файлов.

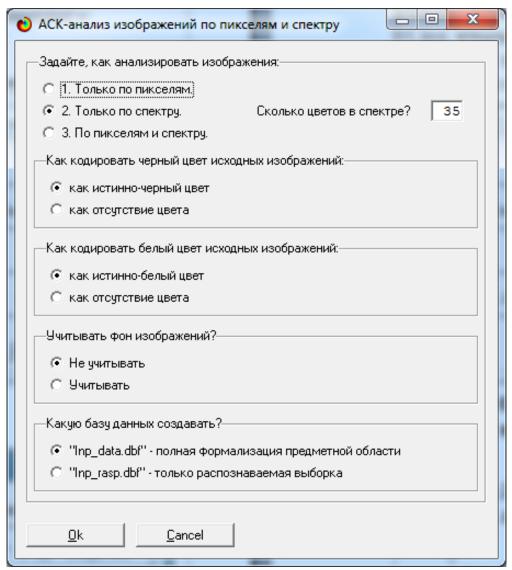
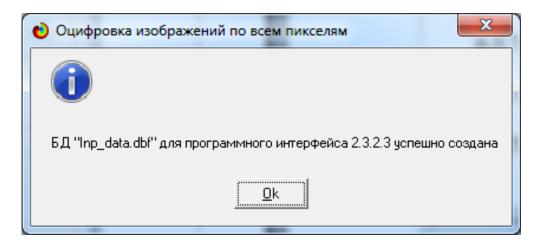


Рисунок 7. Параметры для анализа изображений в режиме 2.3.2.5. системы «Эйдос».



адайте параметры работы программного интерфейса:		
—Задайте тип файла исходных данных: "Inp_data":	—Считать нули и пробелы отсутствием даннь	ix?
C XLS - MS Excel-2003	⊙ Да	
C XLSX- MS Excel-2007 (2010 и более поздние)	С Нет	Help
◆ DBF - DBASE IV (DBF/NTX)		
—Шкалы и градации в файле: "Inp_data.xls" (xlsx, dbf)————————————————————————————————————		
Задайте номер ПЕРВОЙ строки с классификационными шкал	ами (заголовок не нумеруется):	1
Задайте номер ПОСЛЕДНЕЙ строки с классификационными	шкалами (заголовок не нумеруется):	1
Задайте номер ПЕРВОЙ строки с описательными шкалами (з	аголовок не нумеруется):	2
Задайте номер ПОСЛЕДНЕЙ строки с описательными шкала	ми (заголовок не нумеруется):	36
Задайте число градаций в числовой классификационной шкал	ne:	1
Задайте число градаций в числовой описательной шкале:		1
—Какие наименования ГРАДАЦИЙ числовых шкал использоват	ь:	
 Только интервальные числовые значения 	("1/3-{59.000, 178.667}")	
С Только наименования интервальных числовых значений	("Минимальное")	
С И интервальные числовые значения, и их наименования	("Минимальное: 1/3-{59.000, 178.667}")	
Что формировать:		
 Классификационные и описательные шкалы и градации и 	обучающую выборку	
С Только распознаваемую выборку		

Рисунок 8. Экранная форма режима 2.3.2.3 системы «Эйдос».

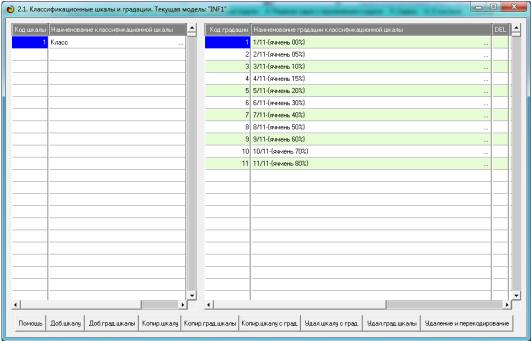


Рисунок 9. Классификационная шкала и градации

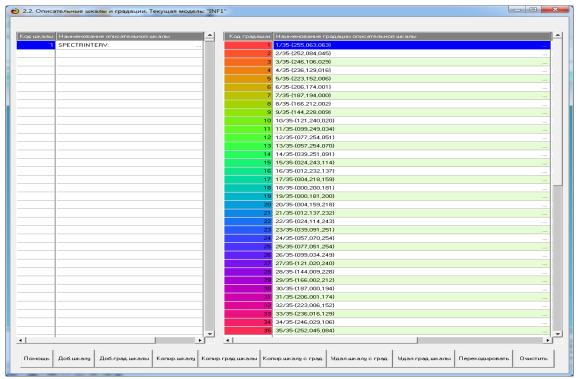


Рисунок 10. Описательная шкала и градации (спектральные диапазоны)

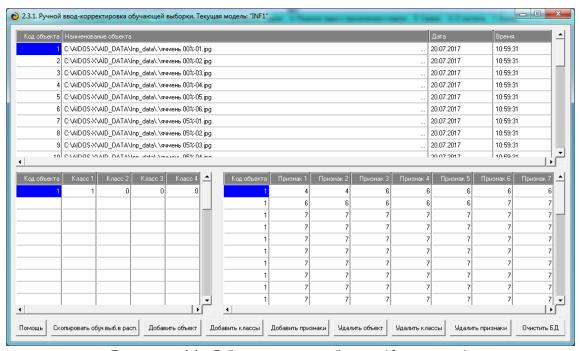


Рисунок 11. Обучающая выборка (фрагмент)

В результате формализации предметной области создаются все условия для синтеза и верификации (оценки достоверности) моделей.

7.3.3. Синтез и верификация статистических и системнокогнитивных моделей

7.3.3.1. Синтез моделей

Синтез и верификация моделей осуществляется в режиме 3.5 системы «Эйдос» (рисунок 12):

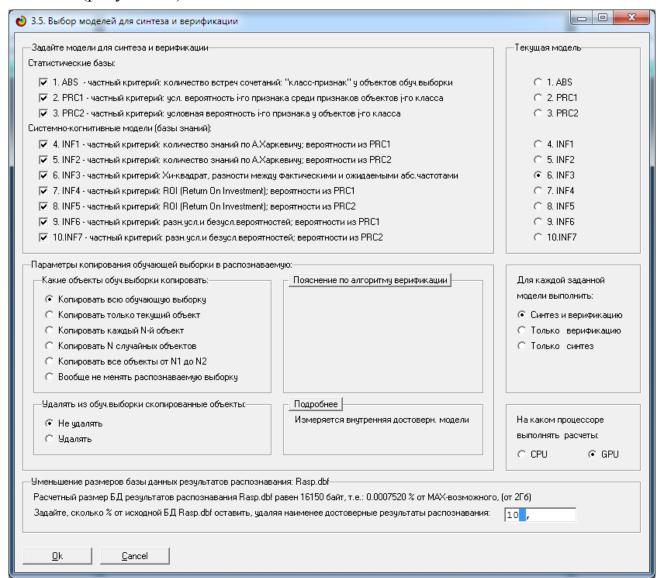


Рисунок 12. Экранная форма режиме синтеза и верификации моделей

Стадия процесса исполнения и прогноз времени его окончания отображается на экранной форме (рисунок 12a):

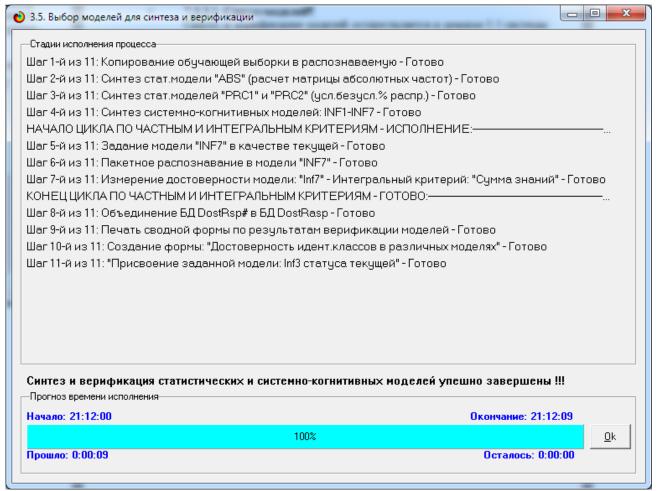


Рисунок 12а. Экранная форма с отображением стадии синтеза и верификации моделей и прогнозом времени его окончания

Из рисунка 12а видно, что весь процесс синтеза и верификации моделей занял 9 секунд. В результате работы режима 3.5 созданы 3 статистические и 7 системно-когнитивных моделей (рисунки 13):

1 изнака	Наименование описательной шкалы и градации	1. КЛАСС 1/11 {ЯЧМЕНЬ	2. КЛАСС 2/11 (ЯЧМЕНЬ	3. КЛАСС 3/11 (ЯЧМЕНЬ	4. КЛАСС 4/11 {ЯЧМЕНЬ	5. КЛАСС 5/11 {ЯЧМЕНЬ	6. КЛАСС 6/11 (ЯЧМЕНЬ	7. КЛАСС 7/11 (ЯЧМЕНЬ	8. КЛАСС 8/11 (ЯЧМЕНЬ	9. КЛАСС 9/11 {ЯЧМЕНЬ	10. КЛАСС 10/11	11. КЛАСС 11/11	Сумма	Среднее
											{ЯЧМЕНЬ 70%}	{ЯЧМЕНЬ 80%}		
1	SPECTRINTERV:-1/35-{255,063,063}									İ				
2	SPECTRINTERV:-2/35-{252,084,045}		1	2	1	5	3	4	2	1	2		21	1.91
3	SPECTRINTERV:-3/35-{246,106,029}	1	3	6	9	22	8	12	5	7	5	2	80	7.27
4	SPECTRINTERV:-4/35-{236,129,016}	12	20	36	40	115	18	53	20	30	36	23	403	36.64
5	SPECTRINTERV:-5/35-{223,152,006}		2	4	25	29	1	6		10	7	8	92	8.36
6	SPECTRINTERV:-6/35-{206,174,001}	17	27	15	54	80	9	38	14	28	28	28	338	30.73
7	SPECTRINTERV:-7/35-{187,194,000}	240	185	74	109	173	24	86	41	39	58	66	1095	99.55
8	SPECTRINTERV:-8/35-{166,212,002}	143	101	35	50	99	8	46	30	20	44	38	614	55.82
9	SPECTRINTERV:-9/35-{144,228,009}	45	57	6	21	29	2	6	2	9	2	6	185	16.82
10	SPECTRINTERV:-10/35-(121,240,020)	388	257	116	51	173	41	74	37	21	46	23	1227	111.55
11	SPECTRINTERV:-11/35-(099,249,034)	239	268	119	38	114	45	42	17	14	19	16	931	84.64
12	SPECTRINTERV:-12/35-(077,254,051)	27	39	15	1	10	3	2	1	1	1	1	101	9.18
	SPECTRINTERV:-13/35-(057,254,070)	158	255	250	50	57	42	34	17	2	5	1	871	79.18
14	SPECTRINTERV:-14/35-(039,251,091)			7									7	0.64
15	SPECTRINTERV:-15/35-(024,243,114)	9	22	32	24	4	2	4	2	1	1		101	9.18
	SPECTRINTERV:-16/35-(012,232,137)			2									2	0.18
	SPECTRINTERV:-17/35-(004,218,159)													
_	SPECTRINTERV:-18/35-(000,200,181)		1	1									2	0.18
_	SPECTRINTERV:-19/35-(000,181,200)	2	2	2	2	5	1	1		1		1	17	1.55
	SPECTRINTERV:-20/35-(004,159,218)													
	SPECTRINTERV:-21/35-(012,137,232)													
	SPECTRINTERV:-22/35-(024,114,243)	1	1		1	1						1	5	0.45
	SPECTRINTERV:-23/35-(039,091,251)													
24	SPECTRINTERV:-24/35-{057,070,254}												1	1

Рисунок 13a. Статистическая модель ABS (фрагмент)

од	Наименование описательной	1. КЛАСС	2. КЛАСС	3. КЛАСС			6. КЛАСС			9. КЛАСС	10.	11.	Безусл.	Среднее	Средн.
				3/11			6/11	7/11		9/11 {ЯЧМЕНЬ					квадр. откл.
		{ЯЧМЕНЬ		{ЯЧМЕНЬ	(ЯЧМЕНЬ		(ячмень	(ячмень			10/11				
				10%}	15%}		30%}	40%}	50%}	60%}	(ЯЧМЕНЬ	(ЯЧМЕНЬ			
											70%}	80%}			
1	SPECTRINTERV:-1/35-(255,063,063)														
2	SPECTRINTERV:-2/35-{252,084,045}		0.080	0.274	0.207	0.541	1.429	0.969	1.053	0.535	0.772		5.859	0.533	0.4
3	SPECTRINTERV:-3/35-{246,106,029}	0.078	0.240	0.823	1.867	2.378	3.810	2.906	2.632	3.743	1.931	0.930	21.337	1.940	1.30
4	SPECTRINTERV:-4/35-{236,129,016}	0.930	1.597	4.938	8.299	12.432	8.571	12.833	10.526	16.043	13.900	10.698	100.768	9.161	4.9
5	SPECTRINTERV:-5/35-{223,152,006}		0.160	0.549	5.187	3.135	0.476	1.453		5.348	2.703	3.721	22.730	2.066	2.0
6	SPECTRINTERV:-6/35-{206,174,001}	1.318	2.157	2.058	11.203	8.649	4.286	9.201	7.368	14.973	10.811	13.023	85.046	7.731	4.7
7	SPECTRINTERV:-7/35-{187,194,000}	18.605	14.776	10.151	22.614	18.703	11.429	20.823	21.579	20.856	22.394	30.698	212.627	19.330	5.7
8	SPECTRINTERV:-8/35-{166,212,002}	11.085	8.067	4.801	10.373	10.703	3.810	11.138	15.789	10.695	16.988	17.674	121.125	11.011	4.5
9	SPECTRINTERV:-9/35-{144,228,009}	3.488	4.553	0.823	4.357	3.135	0.952	1.453	1.053	4.813	0.772	2.791	28.190	2.563	1.6
10	SPECTRINTERV:-10/35-{121,240,020}	30.078	20.527	15.912	10.581	18.703	19.524	17.918	19.474	11.230	17.761	10.698	192.404	17.491	5.5
11	SPECTRINTERV:-11/35-{099,249,034}	18.527	21.406	16.324	7.884	12.324	21.429	10.169	8.947	7.487	7.336	7.442	139.275	12.661	5.7
12	SPECTRINTERV:-12/35-{077,254,051}	2.093	3.115	2.058	0.207	1.081	1.429	0.484	0.526	0.535	0.386	0.465	12.379	1.125	0.9
13	SPECTRINTERV:-13/35-{057,254,070}	12.248	20.367	34.294	10.373	6.162	20.000	8.232	8.947	1.070	1.931	0.465	124.090	11.281	10.1
14	SPECTRINTERV:-14/35-{039,251,091}			0.960									0.960	0.087	0.2
15	SPECTRINTERV:-15/35-{024,243,114}	0.698	1.757	4.390	4.979	0.432	0.952	0.969	1.053	0.535	0.386		16.151	1.468	1.6
16	SPECTRINTERV:-16/35-{012,232,137}			0.274									0.274	0.025	0.0
17	SPECTRINTERV:-17/35-{004,218,159}														
18	SPECTRINTERV:-18/35-{000,200,181}		0.080	0.137									0.217	0.020	0.0
19	SPECTRINTERV:-19/35-{000,181,200}	0.155	0.160	0.274	0.415	0.541	0.476	0.242		0.535		0.465	3.263	0.297	0.2
20	SPECTRINTERV:-20/35-{004,159,218}														
21	SPECTRINTERV:-21/35-{012,137,232}														
22	SPECTRINTERV:-22/35-{024,114,243}	0.078	0.080		0.207	0.108						0.465	0.938	0.085	0.1
23	SPECTRINTERV:-23/35-{039,091,251}														
24	SPECTRINTERV:-24/35-{057,070,254}														

Рисунок 13б. Статистическая модель PRC1 (фрагмент)

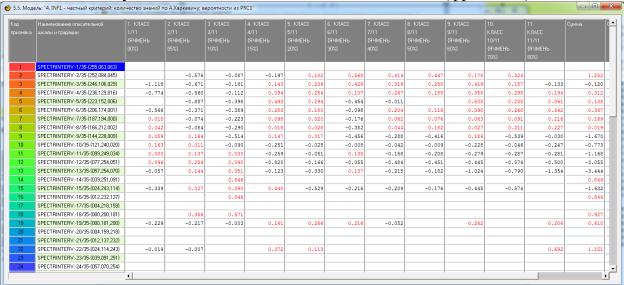


Рисунок 13в. Системно-когшнитивная модель INF1 (фрагмент)



Рисунок 13г. Системно-когшнитивная модель INF3 (фрагмент)

7.3.3.2. Верификация моделей

Оценка достоверности моделей осуществляется путем решения задачи классификации исходных изображений по обобщенным образам классов и подсчета количества истинных положительных и отрицательных, а также ложных положительных и отрицательных решений по F-мере Ван Ризбергена.

Классическая количественная мера достоверности моделей: F-мера Ван Ризбергена основана на подсчете суммарного количества верно и ошибочно классифицированных и не классифицированных объектов обучающей выборки. В мультиклассовых системах классификации объект может одновременно относится ко многим классам. Соответственно, при синтезе модели его описание используется для формирования обобщенных образов многих классов, к которым он относится. При использовании модели для классификации определяется степень сходства-различия объекта со всеми классами, причем истинно-положительным решением может являться принадлежность объекта сразу к нескольким классам. В результате такой классификации получается, что объект не просто правильно или ошибочно относится или не относится к различным классам, как в классической F-мере, но правильно или ошибочно относится или не относится к ним в различной степени.

Однако классическая F-мера не учитывает того, что объект может, фактически, одновременно относится ко многим классам (мультиклассовость) и того, что в результате классификации может быть получена различная степень сходства-различия объекта с классами (нечеткость). На численных примерах автором установлено, что при истинно-положительных и истинно-отрицательных решениях модуль сходства-различия объекта с классами значительно выше, чем при ложно-положительных и ложно-отрицательных решениях.

Поэтому была предложена L1-мера достоверности моделей (Луценко, 2017), учитывающая не просто сам факт истинно или ложно положительного или отрицательного решения, но и степень уверенности классификатора в этих решениях. При классификации больших данных было обнаружено большое количество ложно-положительных решений с низким уровнем сходства, которые, однако, суммарно вносят большой вклад в снижение достоверности модели.

Чтобы преодолеть эту проблему предлагается L2-мера (Луценко, 2017), в которой вместо сумм уровней сходства используется средние уровни сходства по различным вариантам классификации. Таким образом, в данной работе предлагаются меры достоверности моделей, названые L1-мера и L2-мера, смягчающие и преодолевающие недостатки F-меры, эти меры описаны математически и их применение продемонстрировано на простом численном примере. В интеллектуальной системе «Эйдос», которая является программным инструментарием автоматизированного системно-когнитивного анализа (АСК-анализ), реализованы все эти меры достоверности моделей: F, L1 и L2

В режиме 3.4 на мы видим (рисунок 14), что по L2-мере наивысшую

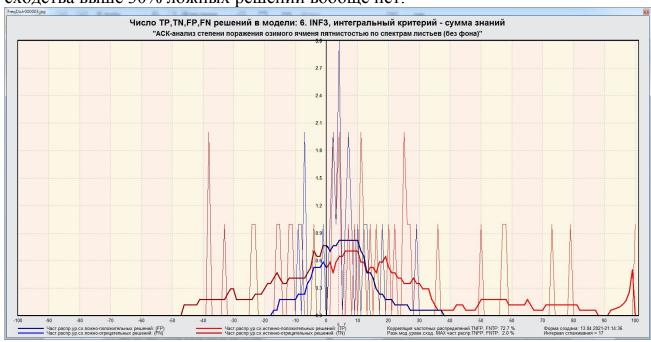
достоверность имеет модель INF3

	Интегральный критерий		Число ложно-		Полнота		Сумма моду	Сумма моду			S-Точность		
								истино-отри	ложно-поло	ложно-отриц			
. ABS - частный критерий; количество встреч сочетаний; "клас	Корреляция абс.частот с обр	28		0.509	1,000	0.674	решений (ST 25,884	решений (ST	решений (SFP) 17,299	решений (SF	0.599	1,000	0.750
. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "клас	Сумма абс.частот по признак	28		0.509	1.000	0.674	11.370		5.333		0.681	1.000	0.810
. РВС1 - частный критерий: усл. вероятность і-го признака сред	Корреляция усл.отн.частот с о	28		0.509	1.000	0.674	25.884		17.299		0.599	1.000	0.750
. РВС1 - частный критерий: усл. вероятность і-го признака сред	Сумма усл.отн.частот по приз	28		0.509	1.000	0.674	16.536		13.835		0.544	1.000	0.705
. РRC2 - частный критерий: условная вероятность і-го признака	Корреляция усл.отн.частот с о	28		0.509	1.000	0.674	25.884		17.299		0.599	1.000	0.750
. РВС2 - частный критерий: условная вероятность і-го признака	Сумма усл.отн.частот по приз	28		0.509	1.000	0.674	16.323		13.651		0.545	1.000	0.705
. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в	Семантический резонанс зна	12	4	0.676	0.862	0.758	10.084	6.464	2.662	0.906	0.791	0.918	0.850
. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в	Сумма знаний	14	5	0.632	0.828	0.716	6.279	6.555	2.513	0.335	0.714	0.949	0.815
. INF2 - частный критерий: количество знаний по A.Харкевичу; в	Семантический резонанс зна	14	4	0.641	0.862	0.735	9.921	6.723	2.757	0.712	0.783	0.933	0.851
. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; в	Сумма знаний	12	5	0.667	0.828	0.738	5.624	6.446	2.603	0.424	0.684	0.930	0.788
. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич	Семантический резонанс зна	16	4	0.610	0.862	0.714	13.176	5.750	5.111	0.853	0.720	0.939	0.815
. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактич	Сумма знаний	16	4	0.610	0.862	0.714	6.934	2.308	1.274	0.238	0.845	0.967	0.902
. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно	Семантический резонанс зна	8	5	0.750	0.828	0.787	10.222	5.416	1.778	0.936	0.852	0.916	0.883
. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно	Сумма знаний	16	1	0.636	0.966	0.767	10.649	3.832	3.504	0.027	0.752	0.998	0.858
. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно	Семантический резонанс зна	9	4	0.735	0.862	0.794	10.047	5.374	1.753	0.754	0.851	0.930	0.889
. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятно	Сумма знаний	15	2	0.643	0.931	0.761	9.230	3.712	3.473	0.041	0.727	0.996	0.840
. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вер	Семантический резонанс зна	16	4	0.610	0.862	0.714	13.137	5.797	5.094	0.862	0.721	0.938	0.815
. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вер	Сумма знаний	16	4	0.610	0.862	0.714	9.281	5.497	4.536	0.381	0.672	0.961	0.791
0.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; ве	Семантический резонанс зна	15	5	0.615	0.828	0.706	12.391	6.453	5.435	0.193	0.695	0.985	0.815
0.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; ве	Сумма знаний	16	3	0.619	0.897	0.732	7.977	5.579	4.734	0.119	0.628	0.985	0.767
		1			-						1		

Рисунок 14. Экранная форма с оценками достоверности моделей согласно F-критерию Ван Ризбергена и его нечетким мультиклассовым обобщениям, инвариантным, относительно объемов выборки

Из этой формы мы видим, что по L1-критерию достоверность наиболее достоверной модели INF3 с интегральным критерием «Сумма знаний» составляет 0,902, что очень неплохо для подобных задач.

Из экранных форм на рисунке 14а мы видим, что истинных отрицательных решений всегда значительно больше, чем ложных, а для положительных решений начиная с уровня сходства примерно 20% доля истинных решений значительно превышает долю ложных решений, а при уровнях сходства выше 30% ложных решений вообще нет.



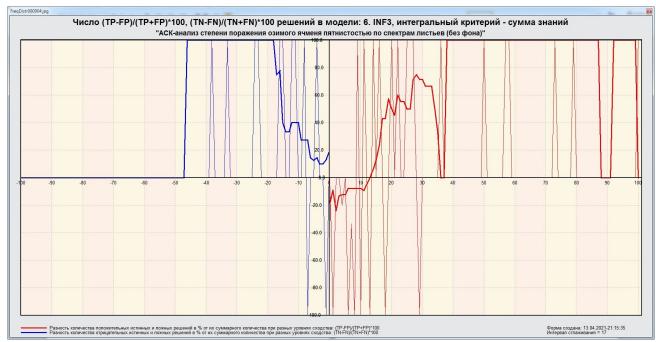


Рисунок 14а. Экранные формы количества ложных и истинных положительных и отрицательных решений в зависимости от уровня сходства

Это означает, что созданные модели обладают высокой достоверностью и их корректно применять для решения задач идентификации уровня повреждений листьев ячменя по их спектру и для решения задач исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели.

7.3.4. Повышение качества модели и выбор наиболее достоверной модели

Достоверность моделей может быть повышена путем проведения ряда специальных мероприятий, которые мы в данной работе рассматривать не будем в связи с ограничением на ее объем. Отметим лишь, что в системе «Эйдос» есть целая подсистема 3.7.6. Повышение качества моделей, включающая 8 режимов, предназначенных для этих целей (рисунок 15):

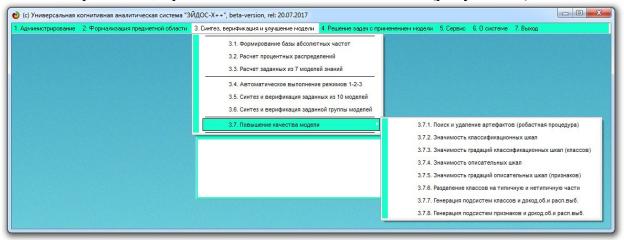


Рисунок 15. Подсистема повышения качества моделей

После выполнения этих режимов наиболее достоверной может стать другая модель, чем была до этого, а может и остаться та же самая.

Из предыдущего раздела мы видели, что наиболее достоверной по L2критерию является модель INF3. Поэтому придадим ей статус текущей модели. Для этого выполним предназначенный для этого режим 5.6 (рисунок 16):

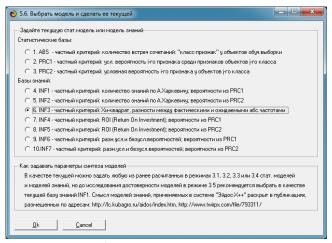
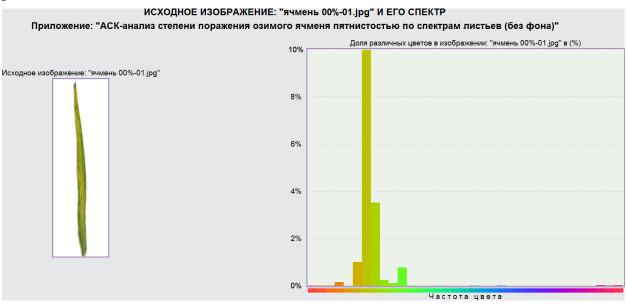


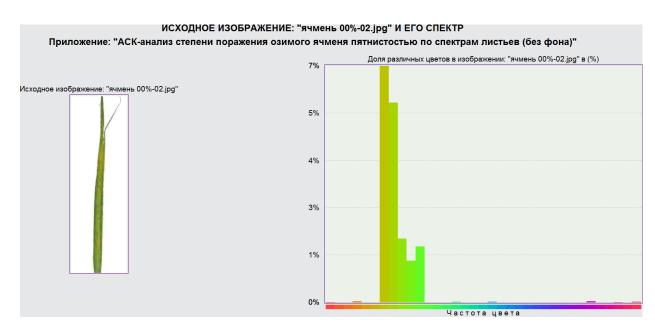
Рисунок 16. Экранная форма режима выбора текущей модели

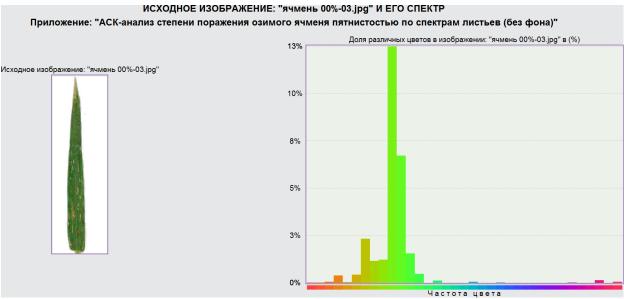
7.3.5. Диагностика степени поражения пятнистостью листьев озимого ячменя

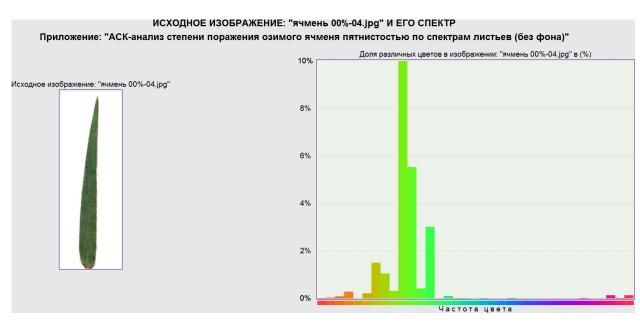
7.3.5.1. Спектры исходных изображений

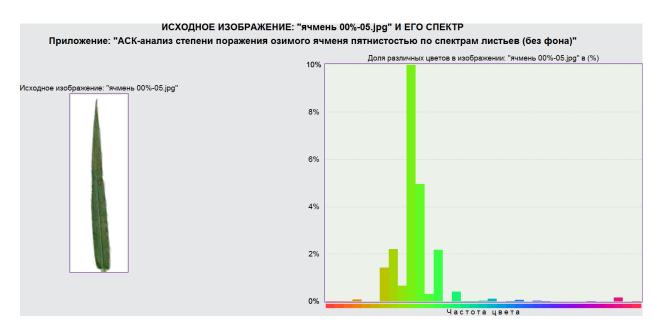
Спектры исходных изображений формируются при формализации предметной области, т.к. они представляют собой один из этапов процесса формализации. Но приводятся они в данном разделе (рисунки 17), т.к. так их удобнее сравнивать с обобщенными спектрами классов, которые формируются на этапе синтеза модели и которые будут рассматриваться в следующем разделе.

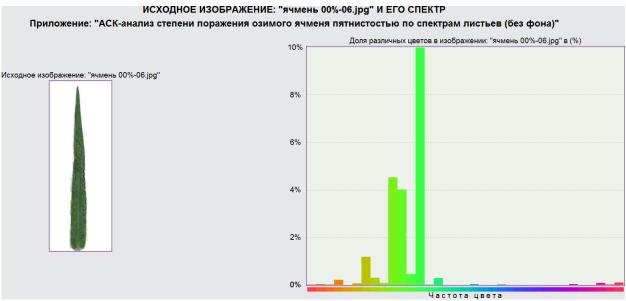


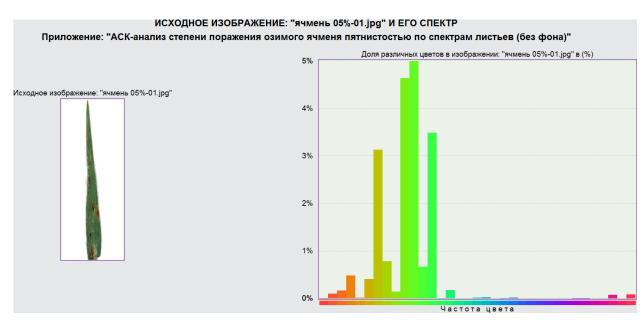


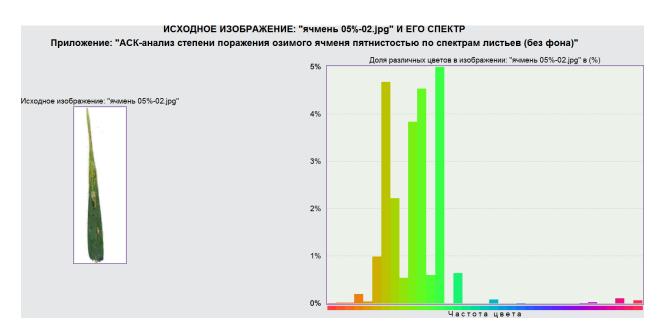


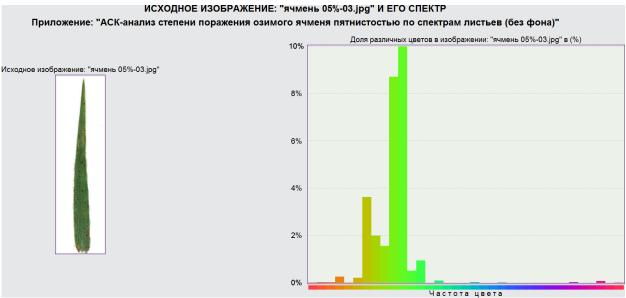


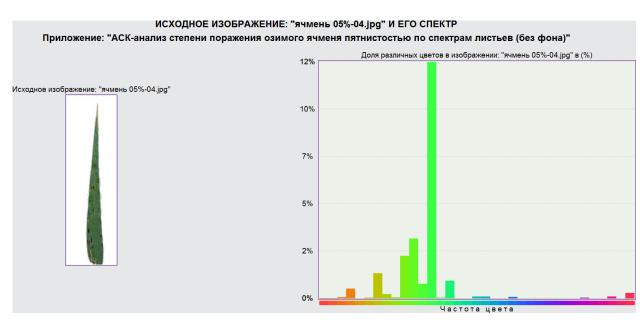


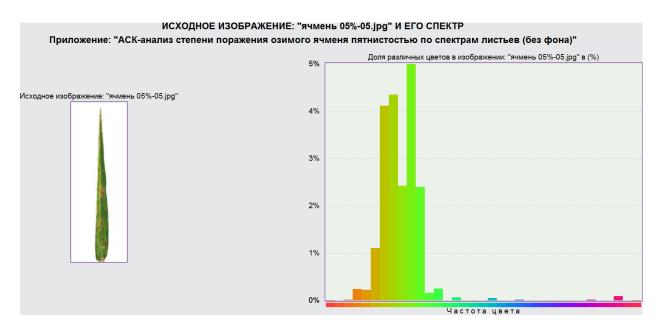


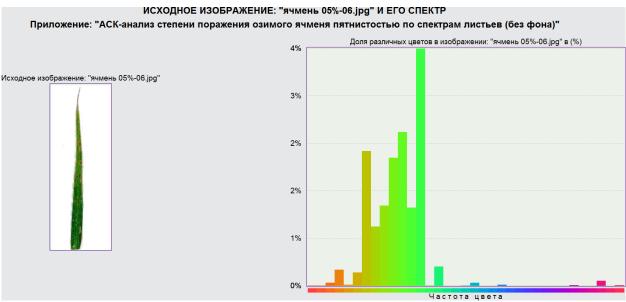


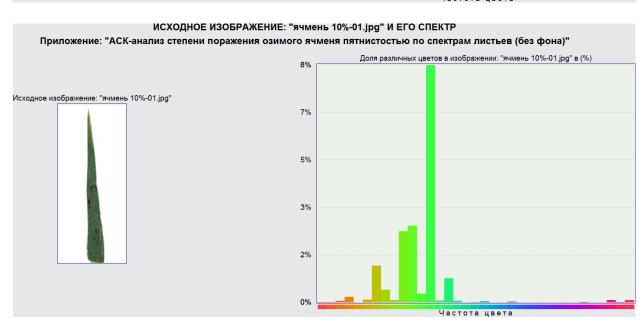


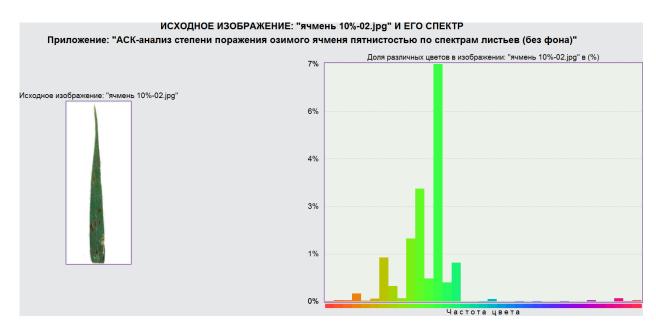


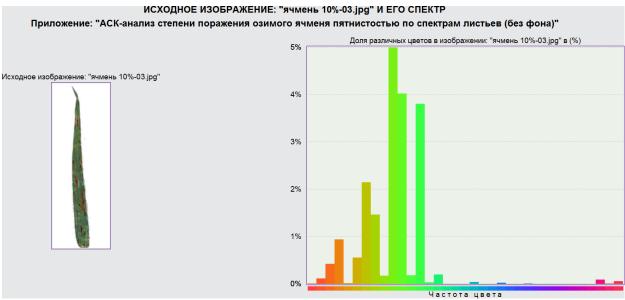


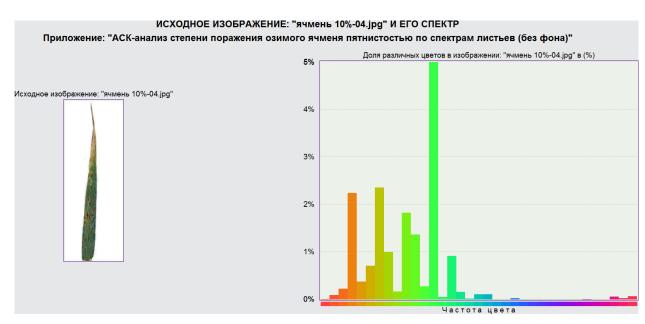


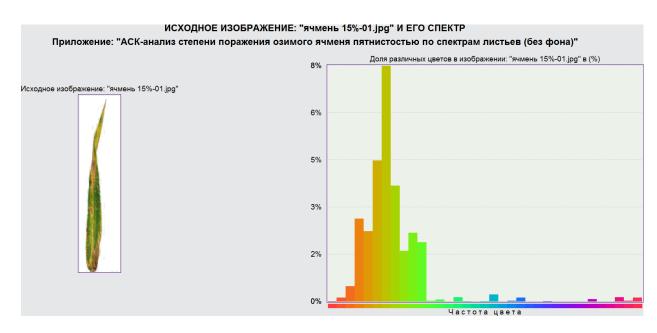


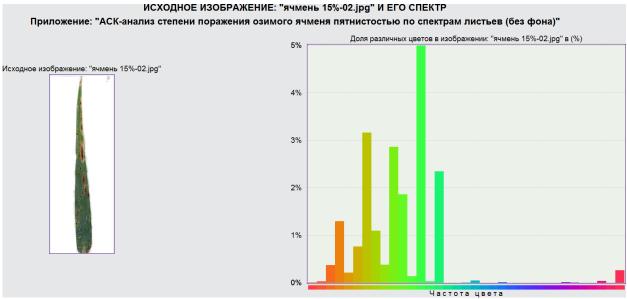


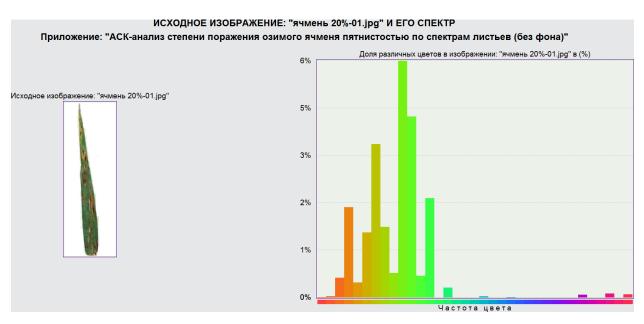


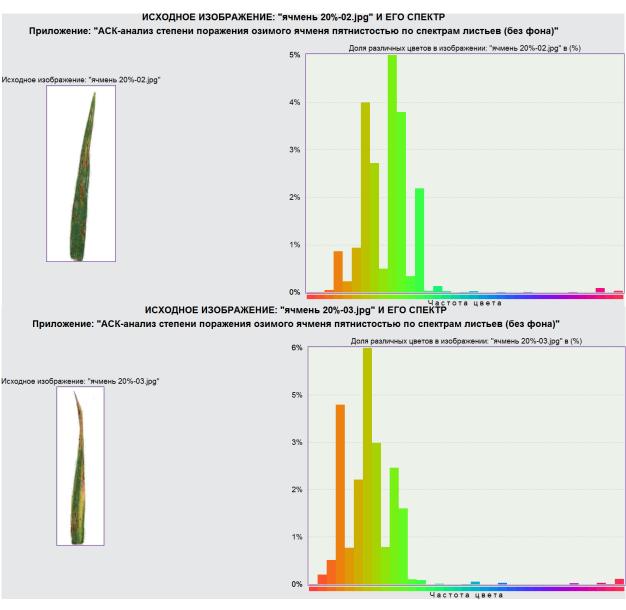


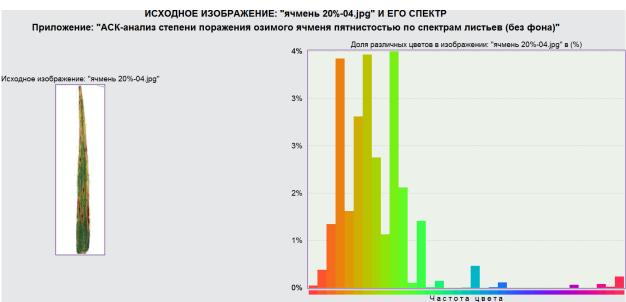


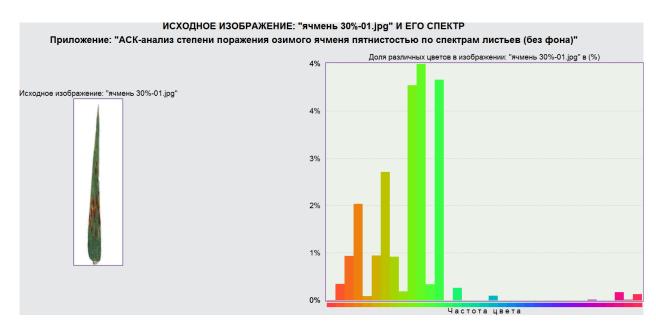


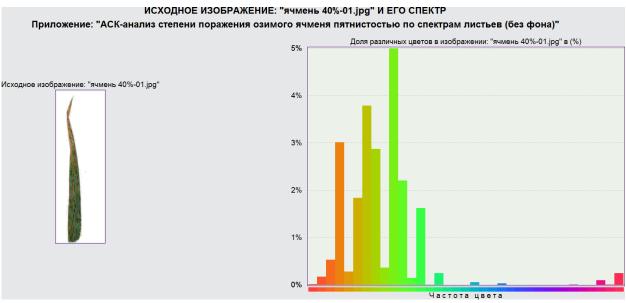


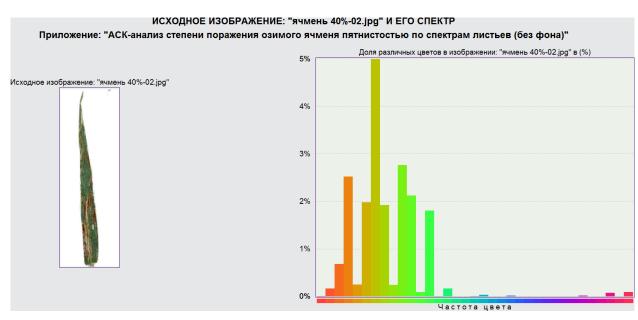


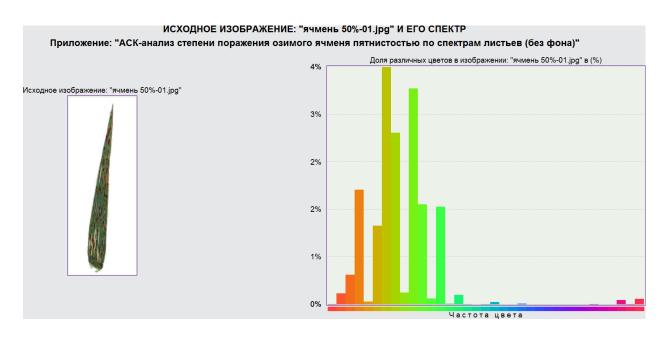


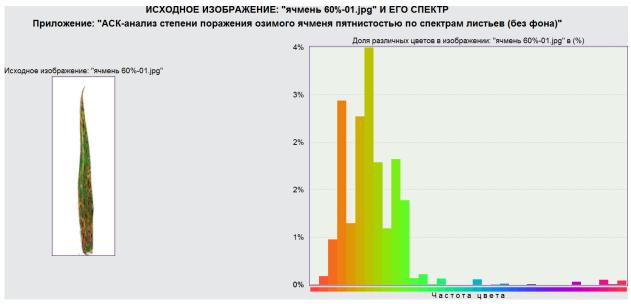


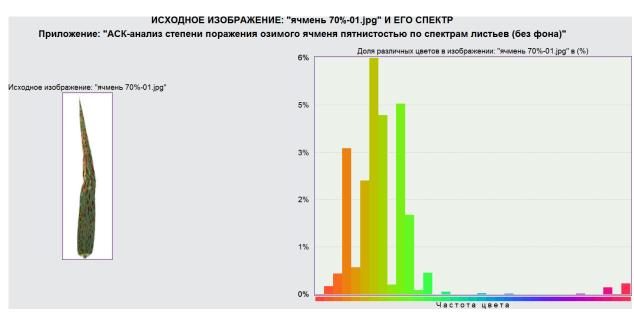


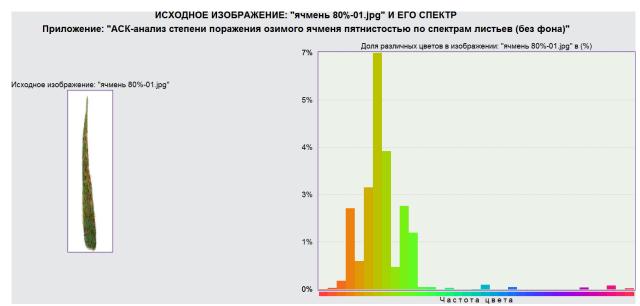








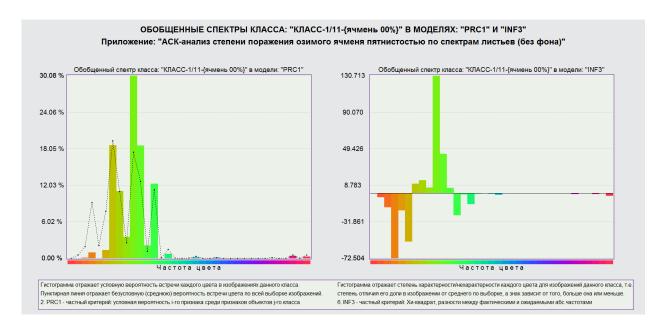


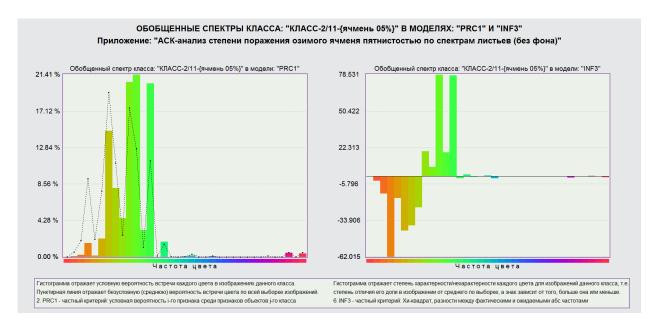


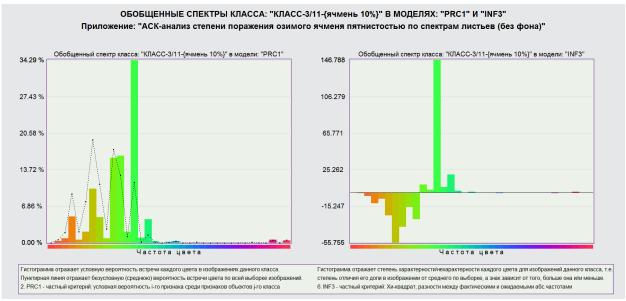
Рисунки 17. Примеры спектров исходных изображений листьев ячменя, в различной степени пораженных сетчатой пятнистостью.

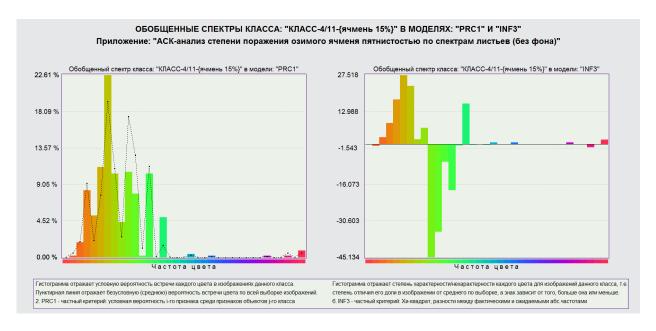
7.3.5.2. Обобщенные спектры классов

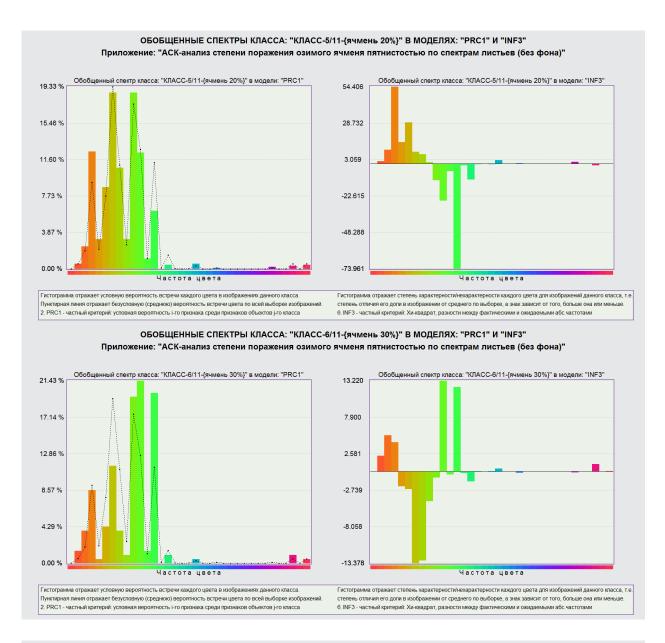
Из изображений спектров исходных изображений, приведенных на рисунка 17, видно, что чем выше степень поражения пятнистостью, тем меньше доля зеленого цвета и выше красного. Но это видно так сказать на качественном уровне. Количественное сравнение проведено в системе путем формирования обобщенных спектров классов, которые и сравнивались друг с другом (рисунки 18):

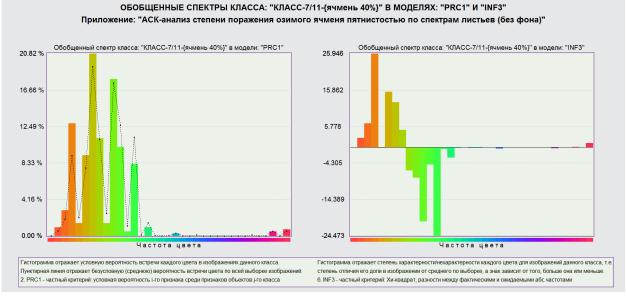


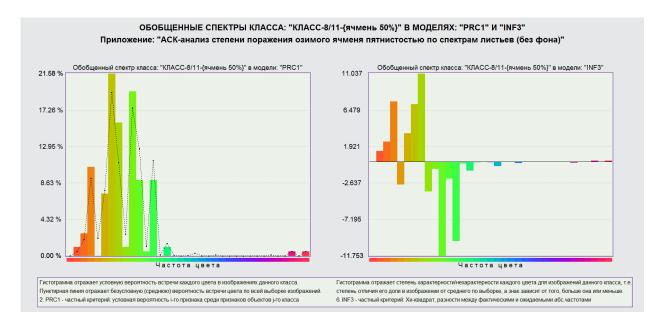


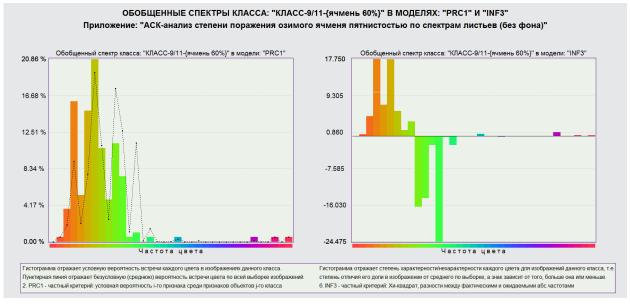


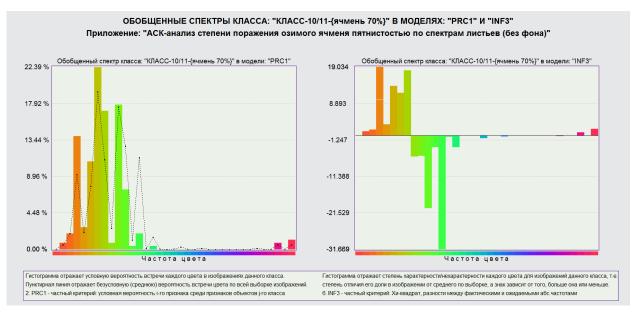


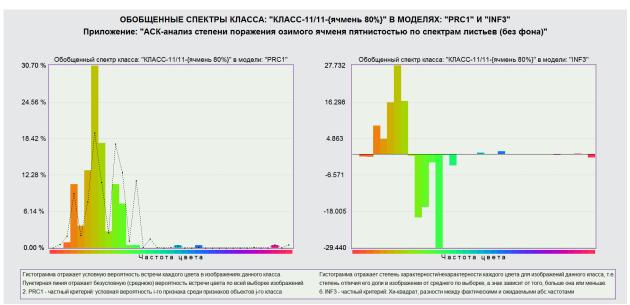












Рисунки 18. Примеры обобщенных спектров классов изображений листьев ячменя, в различной степени пораженных сетчатой пятнистостью.

Из рисунков 18 можно понять, каким образом производилось сравнение обобщенных спектров классов друг с другом.

На левом рисунке мы видим относительную частоту, т.е. упрощенно говоря *условную вероятность* встречи цветов оптического спектра в каждом классе (обозначено высотой колонки цвета в гистограмме) и в среднем по всей выборке исходных изображений, т.е. безусловную вероятность (обозначено пунктиром).

Видно, что в каждом классе некоторые цвета встречаются чаще, чем в среднем по выборке, а некоторые реже.

На правом рисунке показан результат сравнения условного спектра класса с безусловным спектром всей выборки. Для каждого цвета спектра этот результат сравнения включает знак и модуль.

Если вероятность встречи цвета в классе выше, чем средняя, то мы видим соответствующий цвет спектра в виде колонки *выше нуля*.

Если вероятность встречи цвета в классе ниже, чем средняя, то мы видим соответствующий цвет спектра в виде колонки *ниже нуля*.

Модуль колонки каждого цвета отражает степень отличия условной вероятности встречи этого цвета в данном классе от безусловной вероятности его встречи по всей выборке.

Положительные цвета на картинке справа можно считать характерными для данного класса, а отрицательные – не характерными, степень отличия от нуля – отражает степень этой характерности или не характерности.

_

¹ При неограниченном увеличении объема выборки относительная частота стремится к вероятности, как пределу.

Из сравнения обобщенных спектров классов на рисунках 18 видно, что чем ниже степень поражения листьев пятнистостью, тем более характерными является зеленый цвет листьев и менее характерным – красный, чем выше степень поражения, тем выше характерность красного цвета и ниже характерность зеленого.

Справа показано количество информации в цвете каждого спектрального диапазона о принадлежности объекта с этим цветом к данному классу. Если в данном классе условная вероятность встретить пиксели этого цвета выше, чем безусловная вероятность его встречи в среднем по всей выборке, то данный спектральный диапазон является характерным для данного класса, если ниже, чем по всей выборке – то нехарактерным, если же условная вероятность встречи пикселей данного спектрального диапазона близка к безусловной (средней по всей выборке), то обнаружение данного цвета у конкретного изображения ничего не говорит о принадлежности или непринадлежности данного изображения к этому классу.

По полученным результатам, видно, что программа четко разграничивает по встречаемым цветам листья на разные проценты поражения, определяет вероятность встречи цвета по изучаемому классу, сохраняет в базе данных, после чего, можно загружать десятки и сотни отсканированных листьев, и программа безошибочно и быстро отнесет к определенному классу поражения, что значительно ускоряет и облегчает процесс для исследователя. При большой изучаемой выборке, в будущем, можно будет легко создавать базу данных для каждого конкретного сорта и болезни и проводить анализ устойчивости или восприимчивости сорта в разных агро - климатических условиях по годам исследования.

По сути это означает, что система «Эйдос» в определенной степени автоматизирует те методы анализа, которые применяет эксперт - фитопаталог, чем существенно повышает качество его работы и уменьшает ее трудоемкость.

Количественные оценки этих параметров делаются на основе аналитических выражений для частных критериев, на основе которых рассчитываются модели в системе «Эйдос» (таблица 2):

Таблица 2. Частные критерии знаний, используемые в АСК-анализе и системе «Эйлос-Х++»

	Выражение для частного критерия					
Наименование модели знаний и частный критерий	через относительные часто- ты	через абсолютные частоты				
INF1, частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета относительных частот: <i>Nj</i> — суммарное количество признаков по <i>j</i> -му классу. Относительная частота того, что если у объекта j-го класса обнаружен признак, то это i-й признак	$I_{ij} = \Psi \times Log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times Log_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$				

INF2, частный критерий: количество знаний по A.Харкевичу, 2-й вариант расчета относительных частот: Nj — суммарное количество объектов по j -му классу. Относительная частота того, что если предъявлен объект j -го класса, то у него будет обнаружен i -й признак.	$I_{ij} = \Psi \times Log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times Log_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
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: Nj – суммарное количество признаков по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
INF5 , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета относительных частот: Nj — суммарное количество объектов по j -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
INF6 , частный критерий: разность условной и безусловной относительных частот, 1-й вариант расчета относительных частот: Nj — 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: Nj — 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:

і – значение прошлого параметра;

ј - 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_i – 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 A.Харкевича в биты и обеспечивающий для нее соблюдение принципа соответствия с формулой P.Xартли;

 P_i — безусловная относительная частота встречи і-го значения прошлого параметра в обучающей выборке;

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

7.3.5.3. Экранные формы с результатами диагностики

Для выполнения диагностики, т.е. определения степени сходства конкретных листьев с обобщенными образами классов по их спектрам необходимо выполнить режим 4.1.2 в наиболее достоверной модели INF3, которая ранее была сделана текущей. Результаты диагностики могут быть выведены

во многих экранных формах и таблицах, которые сгруппированы в режиме 4.1.3. Вывод результатов распознавания (рисунок 19):

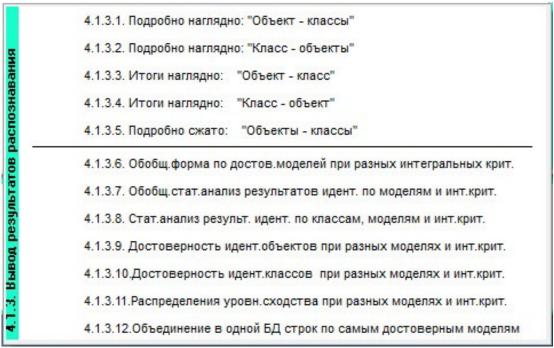


Рисунок 19. Экранных формы и таблицы режима: 4.1.3. Вывод результатов распознавания

На рисунках 20 и 21 приведены экранные выходные формы 4.1.3.1 и 4.1.3.2 соответственно:

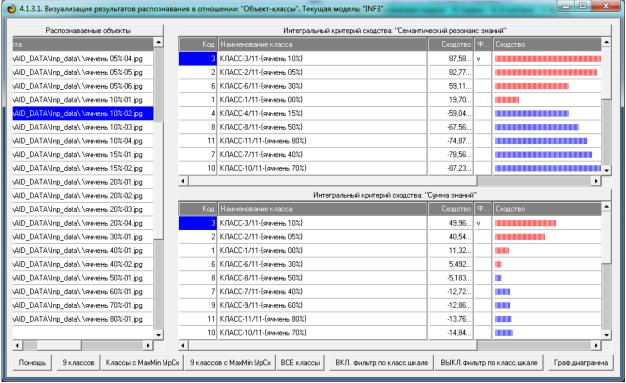


Рисунок 20. Экранная форма 4.1.3.1 с результатами диагностики в разрезе: «Объект - классы»

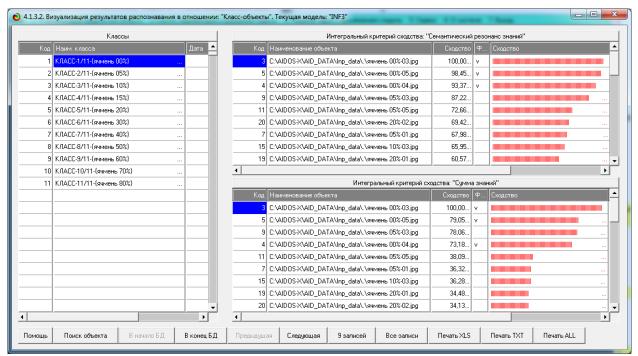


Рисунок 21. Экранная форма 4.1.3.2 с результатами диагностики в разрезе: «Класс - объекты»

«Птичками» обозначены результаты диагностики, соответствующие факту.

Задача идентификации решается с применением интегральных критериев. В настоящее время в системе «Эйдос» применяется два интегральных критерия: «Сумма знаний» и «Семантический резонанс знаний».

<u>Интегральный критерий «Сумма знаний»</u> 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, представленных в help режима 3.3:

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

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

$$I_{j} = \sum_{i=1}^{M} I_{ij} L_{i},$$

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

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

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

$$\vec{L}_{i} = \begin{cases} 1, ecлu \ i - \breve{u} \ \phi \ a\kappa mop \ \partial e\breve{u} \ cm \ eyem; \\ n, \ r \ \partial e: n > 0, \ ecлu \ i - \breve{u} \ \phi \ a\kappa mop \ \partial e\breve{u} \ cm \ eyem \ c \ ucmuhhocm \\ 0, \ ecлu \ i - \breve{u} \ \phi \ a\kappa mop \ he \ \partial e\breve{u} \ cm \ eyem. \end{cases}$$

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

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

Интегральный критерий представляет собой аддитивную функцию от частных критериев знаний, представленных в help режима 3.3 и имеет вид:

$$I_{j} = \frac{1}{\sigma_{i}\sigma_{I}A} \sum_{i=1}^{M} \left(I_{ij} - \bar{I}_{j}\right) \left(L_{i} - \bar{L}\right),$$

где:

М - количество градаций описательных шкал (признаков);

 $ar{\mathbf{I}}_{\mathbf{j}}$ — средняя информативность по вектору класса;

 \overline{L} — среднее по вектору объекта;

 $\sigma_{\rm j} -$ среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

• — среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

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

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

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

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

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

$$I_{ij} o rac{I_{ij} - \overline{I}_j}{\sigma_j}, \ L_i o rac{L_i - \overline{L}}{\sigma_l}.$$

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

7.3.6. Исследование моделируемой предметной области путем исследования ее модели

Система «Эйдос» включает много различных возможностей исследования моделируемого объекта путем исследования его модели. Естественно, результаты этих исследований можно считать результатами исследования самого объекта моделирования в той степени, в какой модель верно отражает его свойства, т.к. в какой она адекватна.

В частности это следующие возможности исследования:

- информационные портреты классов;
- нелокальные нейроны и нейронная сеть;
- кластерно-конструктивный анализ;
- -автоматизированный SWOT-анализ;
- когнитивные функции

и другие. Кратко рассмотрим ниже эти возможности.

7.3.6.1. Информационные портреты классов и признаков

Информационный портрет класса представляет собой список признаков, ранжированный в порядке убывания степени их характерности для данного класса (Луценко Е.В., 1987) (рисунок 22):

Из этой экранной формы на рисунке 22 видно, что зеленые цвета являются наиболее характерными для листьев ячменя с отсутствием поражения пятнистостью.

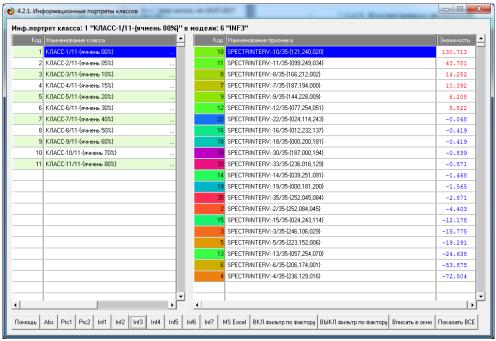


Рисунок 22. Экранная форма режима 4.2.1 с информационным портретом класса: «ячмень 00%»

Информационный портрет признака представляет собой список классов, ранжированный в порядке убывания количества информации в признаке

и принадлежности объектов к классам (рисунок 23):

þ.пор	трет признака: 12 "SPECTRINTER	V:-12	35-	{077,254,051	}" в модели: 6 "INF3"	
Код	Наименование признака			Код	Наименование класса	Значимость
1	SPECTRINTERV:-1/35-{255,063,063}			2	КЛАСС-2/11-{ячмень 05%}	18.445
2	SPECTRINTERV:-2/35-{252,084,045}			1	КЛАСС-1/11-{ячмень 00%}	5.822
3	SPECTRINTERV:-3/35-{246,106,029}			3	КЛАСС-3/11-{ячмень 10%}	3.032
4	SPECTRINTERV:-4/35-{236,129,016}			- 6	КЛАСС-6/11-{ячмень 30%}	-0.448
	SPECTRINTERV:-5/35-{223,152,006}		П	9	КЛАСС-9/11-{ячмень 60%}	-2.070
Ε	SPECTRINTERV:-6/35-{206,174,001}			8	КЛАСС-8/11-{ячмень 50%}	-2.119
7	SPECTRINTERV:-7/35-{187,194,000}			11	КЛАСС-11/11-{ячмень 80%}	-2.530
٤	SPECTRINTERV:-8/35-{166,212,002}			10	КЛАСС-10/11-{ячмень 70%}	-3.252
9	SPECTRINTERV:-9/35-{144,228,009}			7	КЛАСС-7/11-{ячмень 40%}	-4.780
10	SPECTRINTERV:-10/35-{121,240,020}			5	КЛАСС-5/11-{ячмень 20%}	-5.186
11	SPECTRINTERV:-11/35-{099,249,034}			4	КЛАСС-4/11-{ячмень 15%}	-6.913
12	SPECTRINTERV:-12/35-{077,254,051}					
13	SPECTRINTERV:-13/35-{057,254,070}					
14	SPECTRINTERV:-14/35-{039,251,091}					
15	SPECTRINTERV:-15/35-{024,243,114}					
16	SPECTRINTERV:-16/35-{012,232,137}					
17	SPECTRINTERV:-17/35-{004,218,159}					
18	SPECTRINTERV:-18/35-{000,200,181}					
19	SPECTRINTERV:-19/35-{000,181,200}					
20	SPECTRINTERV:-20/35-{004,159,218}					
21	SPECTRINTERV:-21/35-{012,137,232}					
22	SPECTRINTERV:-22/35-{024,114,243}					
23	SPECTRINTERV:-23/35-{039.091.251}	- 1	✓			

Рисунок 23. Экранная форма режима 4.3.1 с информационным портретом признака: «Спектральный диапазон 1/12-зеленый»

Из рисунка 23 видно, что наличие этого цвета в листе несет информацию о том, что у него низкая степень поражения пятнистостью либо оно вообще отсутствует.

7.3.6.2. SWOT-анализ

Автоматизированный swot-анализ предложен и реализован проф.Е.В.Луценко в 2014 году.

Он представляет ту же информацию, что и в информационных портретах, классов и признаков, но в более традиционной и привычной для многих форме: в форме SWOT-таблиц (рисунки 23 и 24) и SWOT-диаграмм (рисунки 25 и 26):

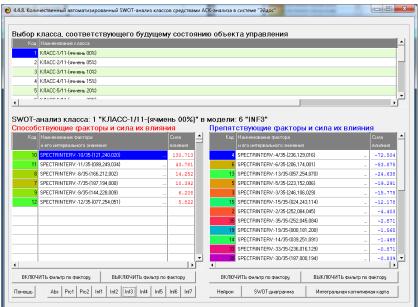


Рисунок 23. SWOT-таблица спектральных диапазонов, способствующих и препятствующих принадлежности листа ячменя к классу:

«поражение пятнистостью отсутствует». Выбор значения фактора, оказывающего влияние на переход объекта управления в будущие состояния SPECTBINTERV-14/35-(039-251-091) SPECTRINTERV:-15/35-(024,243,114) SPECTRINTERV:-16/35-(012,232,137) SWOT-анализ значения фактора: 12 "SPECTRINTERV:-12/35-{077,254,051}" в модели: 6 "INF3" 18.445 КЛАСС-1/11-{ячмень 00%} КЛАСС-5/11-{ячмень 20%} -5.186 КЛАСС-3/11-{ячмень 10%} КЛАСС-7/11-{ячмень 40%} 3.032 10 КЛАСС-10/11-(ячмень 70%) -3.252 -2.530 11 КЛАСС-11/11-{ячмень 80% 8 КЛАСС-8/11-{ячмень 50%} -2.119 6 КЛАСС-6/11-{ячмень 30%} -0.448 1 ВЫКЛЮЧИТЬ фильтр по кл.шкале ВКЛЮЧИТЬ фильтр по кл.шкале ВЫКЛЮЧИТЬ фильтр по кл.шкале Abs Prc1 Prc2 Inf1 Inf2 Inf3 Inf4 Inf5 Inf6 Inf7 SW0T-диаграмма

Рисунок 24. Инвертированная SWOT-таблица (Луценко Е.В., 2014), отражающая влияние спектрального диапазона 12/35-зеленый на принадлежность листьев ячменя с этим цветом к классам, соответствующим различной степенью поражения пятнистостью

В SWOT-диаграммах отражена та же информация, что в SWOT-

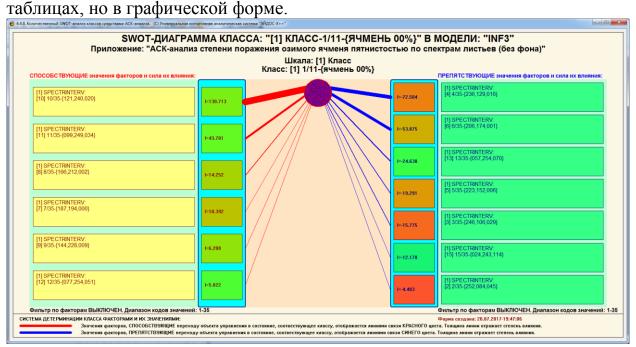


Рисунок 25. SWOT-диаграмма спектральных диапазонов, способствующих и препятствующих принадлежности листа ячменя к классу: «поражение пятнистостью отсутствует».

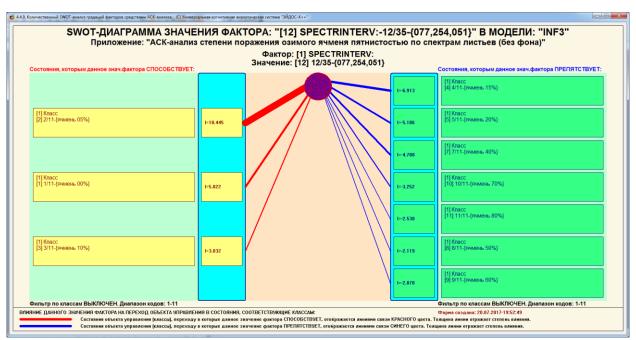


Рисунок 26. Инвертированная SWOT-диаграмма (Луценко Е.В., 2014), отражающая влияние спектрального диапазона 12/35-зеленый на принадлежность листьев ячменя с этим цветом к классам, соответствующим различной степенью поражения пятнистостью

7.3.6.3. Нелокальная нейронная сеть и нейроны

В системе «Эйдос» используется оригинальная (Луценко Е.В., 1979) нечеткая декларативная гибридная модель знаний, имеющая наибольшее сходство с фреймовой и нейросетевой моделями.

Поэтому результаты анализа могут быть представлены в графических образах нейросетевой интерпретации (рисунки 27 и 28):

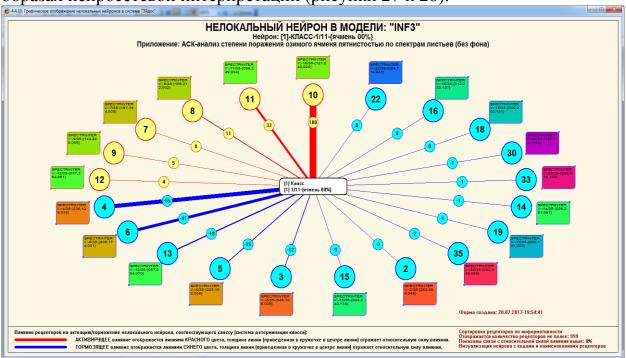


Рисунок 27. Пример нелокального нейрона

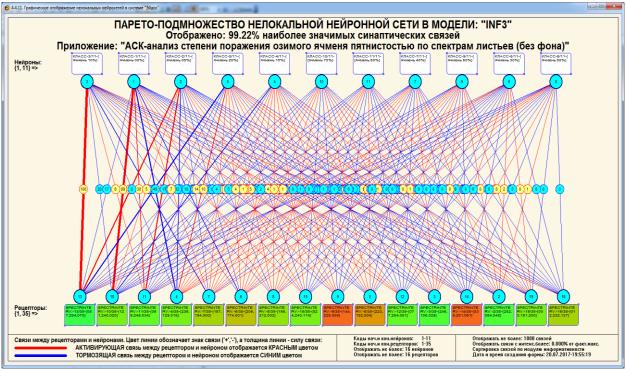


Рисунок 28. Парето-подмножество нелокальной нейронной сети

7.3.6.3. Кластерно-конструктивный анализ

Результаты сравнения друг с другом обобщенных образов классов могут быть представлены в форме матрицы сходства (таблица 3), а также экранных форм и когнитивных диаграмм (рисунки 29 и 30):

T ()) (_	U	TATES
$120\pi \mu \mu 3 = 1/12\pi \mu$	ια αναπάτρα κπάασα	в паисопее	ποςτορεήμου Μοπεπί	17 IINH 4
Таблица 3 – Матри	ца слодства классов	B Handonce,	достоверной модель	

Код	Наименование											
класса	класса	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11
1	1/11-{ячмень 00%}	100,00	37,47	-21,35	-73,47	-36,91	-8,51	-49,57	-23,46	-61,83	-31,41	-39,29
2	2/11-{ячмень 05%}	37,47	100,00	67,71	-67,91	-89,47	62,86	-96,56	-89,62	-86,98	-95,53	-82,72
3	3/11-{ячмень 10%}	-21,35	67,71	100,00	-29,53	-75,75	69,32	-62,73	-64,72	-61,32	-77,37	-72,43
4	4/11-{ячмень 15%}	-73,47	-67,91	-29,53	100,00	56,73	-52,70	67,77	53,24	80,95	62,95	79,42
5	5/11-{ячмень 20%}	-36,91	-89,47	-75,75	56,73	100,00	-43,73	91,71	72,28	92,83	90,16	75,49
6	6/11-{ячмень 30%}	-8,51	62,86	69,32	-52,70	-43,73	100,00	-48,97	-72,13	-45,84	-69,43	-77,32
7	7/11-{ячмень 40%}	-49,57	-96,56	-62,73	67,77	91,71	-48,97	100,00	86,44	90,85	93,28	82,19
8	8/11-{ячмень 50%}	-23,46	-89,62	-64,72	53,24	72,28	-72,13	86,44	100,00	68,31	92,95	81,18
9	9/11-{ячмень 60%}	-61,83	-86,98	-61,32	80,95	92,83	-45,84	90,85	68,31	100,00	86,12	83,71
10	10/11-{ячмень 70%}	-31,41	-95,53	-77,37	62,95	90,16	-69,43	93,28	92,95	86,12	100,00	88,75
11	11/11-{ячмень 80%}	-39,29	-82,72	-72,43	79,42	75,49	-77,32	82,19	81,18	83,71	88,75	100,00

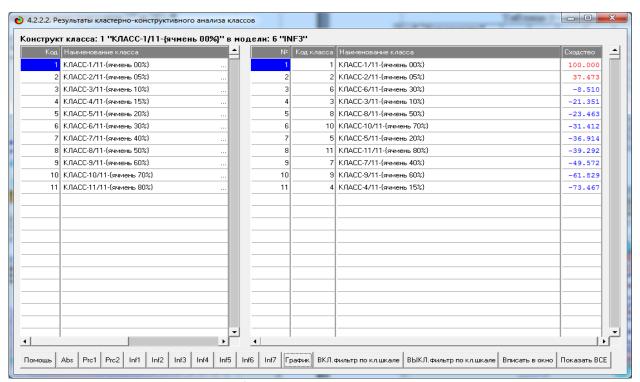


Рисунок 29. Экранная форма режима кластерно-конструктивного анализа классов (режим 4.2.2.2 системы «Эйдос»)

Матрица сходства может быть представлена в графической форме когнитивной диаграммы:

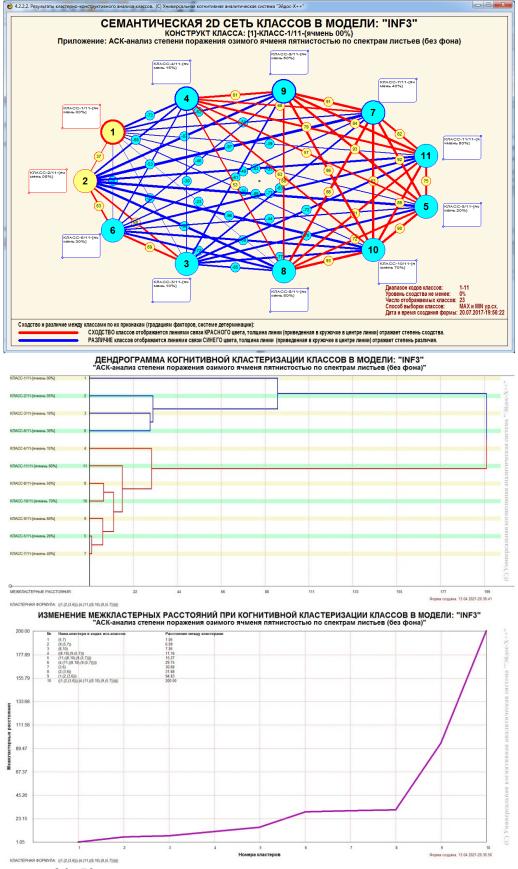


Рисунок 30. Когнитивная диаграмма и агломеративная дендрограмма сходства-различия обобщенных образов классов, а также график изменения межкластернных расстояний

Из диаграмм на рисунке 30 видно, что классы образуют конструкт, на одном полюсе которого находится кластер из классов с низким уровнем поражения листьев озимого ячменя сетчатой пятнистостью: 0%, 5% и 10%, а также 30% (что вероятно связано с неточностями в экспертных оценках исходных данных, т.к. понятно, что вместо 30% должно быть 15%), а на другом полюсе кластер классов с высоким уровнем поражения: 15-80%.

Результаты сравнения друг с другом обобщенных образов признаков могут быть представлены в форме матрицы сходства (таблица 4), а также экранных форм и когнитивных диаграмм (рисунки 31 и 32):

Таблица 4 – Матрица сходства признаков: спектральных диапазонов в наиболее достоверной модели INF3 (фрагмент)

Наименование Кол спектрального спектрального диапазона (RGB) N2 N9 N10 N11 диапазона 1/35-{255,063,063 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 2/35-{252,084,045} 100,00 93.57 88,24 59,12 75.03 19.60 12,96 3/35-{246,106,029} 93,57 100,00 96,91 82,07 90,50 35,54 21,69 -46,21 -65,90 -83,70 4 4/35-{236,129,016} 88,24 96,91 100,00 85,70 93,39 39,85 29,43 -47,67 -67,07 -88,35 5/35-{223,152,006} 59,12 82,07 85,70 100,00 94,65 52,91 32,11 -16,57 75,03 59,12 6 6/35-{206,174,001} 90,50 93.39 94,65 100,00 42,22 19,60 39,85 93,13 11,52 7/35-{187,194,000} 35,54 52,91 59,12 100,00 6,53 -60,75100,00 8 8/35-{166,212,002} 12,96 21,69 29,43 32,11 42,22 93,13 7.55 26,33 -47.409/35-{144,228,009 -59,70 -58,72 11,52 -46,21 -65,90 -16,57 -68,68 100,00 10/35-{121,240,020} -67.07 -70.00 26,33 27,87 10 6,53 56.05 100,00 11 11/35-{099,249,034} -70,00 -88,35 51,10 56,05 100,00 12/35-{077,254,051} 53,56 40,60 12 -70.10 -82,13 -83,45 -81,53 -65,68 -52.49 97,03 13/35-{057,254,070} 53,26 13 -14,06 14/35-{039,251,091} 14 9,05 1,44 4,35 -7,63 -13,69 -63,51 -63.89 -69.91 -34,57 -7.52 -25,98 15 15/35-{024,243,114} -2,58-3,6013,45 1,03 -46,98 -0.66-64,66 -58,02 -9.2716 16/35-{012,232,137} 9.05 1,44 4,35 $-63,\overline{51}$ -69,91 -13.69-63.89 -7.63 34.57 17/35-{004,218,159} 17 0.00 0.00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0.00 0,00 0.00 18/35-{000,200,181} 19,79 18 31,82 30,70 36,68 86,03 -9,11 35,80 44,75 19/35-{000,181,200} 59,22 79.33 75,29 24,54 6,70 19 81,23 83,32 -66,98 20 20/35-{004,159,218} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0.00 0.00 21 21/35-{012,137,232} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 22 22/35-{024,114,243} 5,99 13,23 62,27 44,84 18,89 48,06 38,55 45,58 15,37 26,36 23 23/35-{039,091,251} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0.00 0,00 0,00 0.00 24 24/35-{057,070,254} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0.00 0,00 0.00 25 25/35-{077,051,254} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0.00 0.00 0.00 26 26/35-{099,034,249} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 27 27/35-{121,020,240} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 28 28/35-{144,009,228} 0.00 0,00 0,00 0,00 0,00 0.00 0,00 0,00 0,00 0,00 29 29/35-{166,002,212} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 30 30/35-{187,000,194} 49,58 75,26 77,17 88,74 79,71 40,38 24,78 -0,80 48,74 69,43 0,00 31/35-{206,001,174} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 32 32/35-{223,006,152} 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 33/35-{236,016,129} 33 28,22 1,09 48,49 20,85 0,00 34/35-{246,029,106} 0.00 0.00 0.00 0.00 0,00 34 0.00 0.00 0.00 35/35-{252,045,084} 65,72 66,30 64,35 64,59 70,77 18,81 5,56

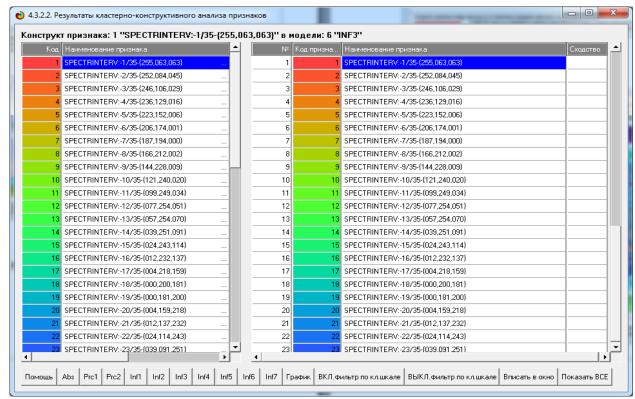


Рисунок 31. Экранная форма режима кластерно-конструктивного анализа признаков (режим 4.3.2.2 системы «Эйдос»)

Матрица сходства может быть представлена в графической форме когнитивной диаграммы:

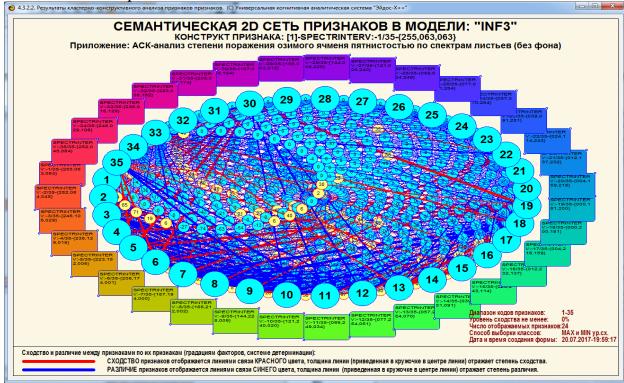


Рисунок 32. Когнитивная диаграмма сходства-различия обобщенных образов признаков (спектральных диапазонов)

Конечно, линии сходства-различия спектральных диапазонов по их смыслу на рисунке 32 плохо различимы. Но этот рисунок интересен не линями связи, а тем, что спектральные диапазоны явно расположены в порядке оптического спектра и, таким образом, образуют осмысленную числовую измерительную шкалу, которая может быть использована для диагностики листьев ячменя. Видно, что весь цветовой диапазон делится на 4 основных кластера, внутри которых цвета имеют сходный смысл:

- зеленый кластер;
- фиолетовый кластер;
- красный кластер;
- синий кластер.

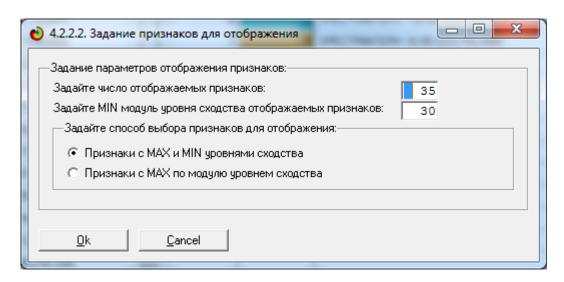
Эти 4 кластера образуют полюса 2 конструктов (полюса конструктов имеют противоположный смысл):

- зелено-фиолетовый конструкт;
- красно-синий конструкт.

Полюса конструктов имеют противоположный смысл: зеленые цвета противоположны по смыслу фиолетовым, а красные — синим.

Обратимся теперь к линиям связи, отражающим знак и величину сходства-различия спектральных диапазонов (признаков) по их смыслу.

Для уменьшения числа связей, отображаемых на когнитивной диаграмме кликнем на экранной форме, представленной на рисунке 31, на кнопке: «Вписать в окно» и на появившемся окне зададим ограничение на величину отображаемых связей: 30:



Тогда экранная форма, показанная на рисунке 31 примет вид (рисунок 33):

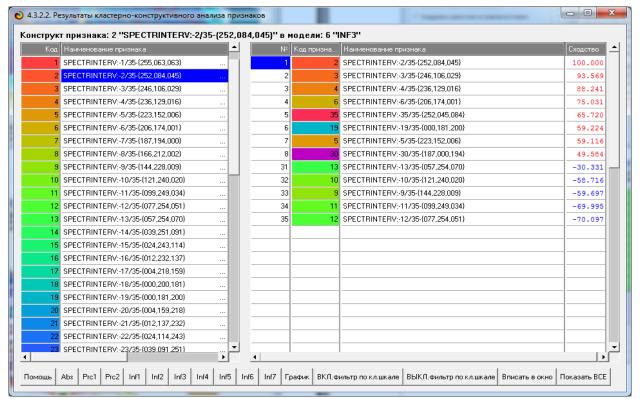


Рисунок 33. Экранная форма режима ластерно-конструктивного анализа признаков 4.3.2.2. с фильтром по силе связей

Соответствующая когнитивная диаграмма представлена на рисунке 34:

**CEMAHTIVECKAЯ 2D CET Б ПРИЗНАКА: [1]-SPECTRINTERV:-1/35-[255,083,083]
Приложение: АСК-анализ степени поражения озимого ячменя пятнистостью по спектрам листьев (без фона)

**CEMAHTIVECKAЯ 2D CET Б ПРИЗНАКА: [1]-SPECTRINTERV:-1/35-[255,083,083]
Приложение: АСК-анализ степени поражения озимого ячменя пятнистостью по спектрам листьев (без фона)

**CEMAHTIVECKAЯ 2D CET Б ПРИЗНАКА: [1]-SPECTRINTERV:-1/35-[255,083,083]
Приложение: АСК-анализ степени поражения озимого ячменя пятнистостью по спектрам листьев (без фона)

**CEMAHTIVECKAЯ 2D CET Б ПРИЗНАКА: [1]-SPECTRINTERV:-1/35-[255,083,083]

Рисунок 34. Когнитивная диаграмма сходства-различия обобщенных образов признаков (спектральных диапазонов) 4.3.2.2. с фильтром по силе связей

Из этой когнитивной диаграммы видно, что спектральные диапазоны группируются в два кластера, образующих противоположные по смыслу полюса конструкта:

- зеленый кластер;
- красно-оранжевый и (в меньшей степени) сине-фиолетовый кластер.

На рисунках 34а приведены агломеративная дендрограмма когнитивной кластеризации признаков по их смыслу, т.е. спектральным диапазонам и тому смыслу, который в них содержится о степени повреждения пятнистостью листьев ячменя: Кроме того на этом рисунке есть график изменения межкластерных расстояний.

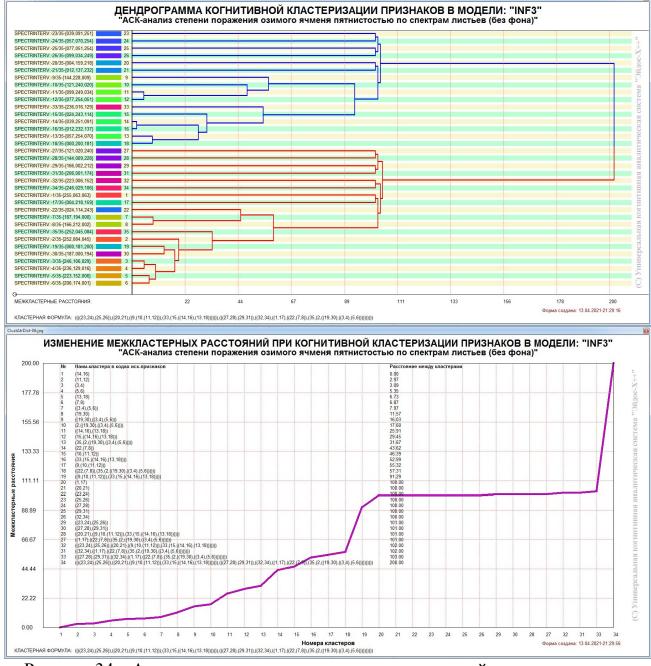


Рисунок 34а. Агломеративная дендрограмма когнитивной кластеризации признаков по их смыслу и график изменения межкластерных расстояний

7.3.6.5. Когнитивные функции

Когнитивные функции — это мощный метод выявления и визуализации причинно-следственных зависимостей (Луценко Е.В., 2005). Они наглядно демонстрируют знак и степень влияния значений фактора (т.е. градаций описательной шкалы) на принадлежность моделируемого объекта к классам одной классификационной шкалы.

На рисунке 35 показана экранная форма задания параметров визуализации когнитивных функций, а на рисунках 36-38 сами когнитивные функции:

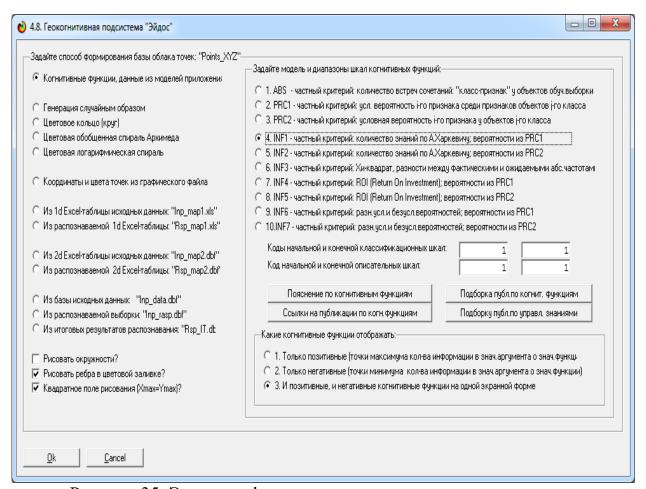


Рисунок 35. Экранная форма задания параметров визуализации когнитивных функций

Эта экранная форма появляется, если войти в режим 4.7. ACK-анализ изображений и кликнуть по кнопке: «Формирование облака точек».

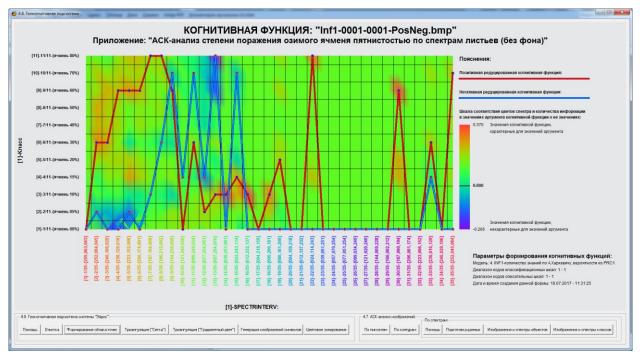


Рисунок 36. Позитивная и негативная когнитивные функции в модели INF1

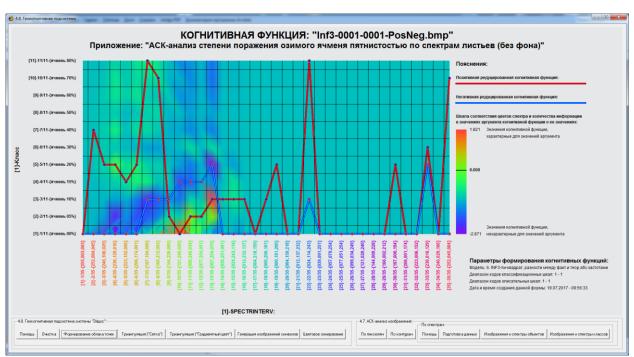


Рисунок 37. Позитивная и негативная когнитивные функции в модели INF3

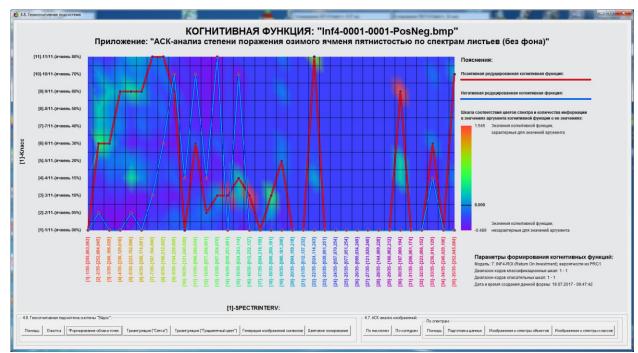


Рисунок 38. Позитивная и негативная когнитивные функции в модели INF4

Из этих когнитивных функций мы видим, как влияет каждый цветовой диапазон на принадлежность (для позитивных функций) и не принадлежность (для негативных функций) листа озимого ячменя с этим цветом к различным классам по степени поражения сетчатой пятнистостью.

Всю когнитивную функцию можно условно разделить на три части по характеру поведения функции:

- красно-оранжевые цвета;
- зеленые цвета;
- сине-фиолетовые цвета.

Видно, что:

- чем для красно-оранжевых цветов в листе характерна высокая степень их поражения пятнистотью;
 - для зеленых цветов низкая степень поражения;
 - для сине-фиолетовых четкой картины по степени поражения нет.

Полученные результаты в общем согласуются с экспертными оценками, но, по-видимому, указывают на недостаточный объем исходных данных и неточности в их классификации экспертами на этапе обучения системы.

8. Эффективность предложенного решения проблемы (за-дача 4)

Как показывает анализ результатов численного эксперимента предложенное и реализованное в системе «Эйдос» решение поставленных задач является вполне эффективным, что позволяет обоснованно утверждать, что цель работы достигнута.

9. Ограничения и недостатки предложенного решения проблемы и перспективы его развития путем их преодоления этих ограничений и недостатков (задача 5)

Вместе с тем, было обнаружено, что некоторые классы оказались относящимися не к тем кластерам, к которым ожидалось.

Например, как видно из когнитивной диаграммы на рисунке 30, класс 30% поражения оказался в кластере: «Низкая степень поражения», а классы 15% и 20% в кластере: «Высокая степень поражения». Причины этого мы видим в определенной некорректности подбора исходных данных и их оценки экспертами. Для преодоления этого недостатка рекомендуется:

- увеличить объем исходных данных;
- для оценки исходных данных использовать группу экспертов;
- уменьшить число градаций в классификационной шкале;
- использовать специально сконструированную классификационную шкалу.

Но сделать это планируется уже в последующих работах.

10. Заключение

В результате проделанной работы, с помощью системы «Эйдос» были измерены спектры графических изображений пораженных сетчатой пятнистостью листьев озимого ячменя сорта Павел (т.е. очень точно определены цвета, присутствующие в изображении); Сформированы обобщенные спектры классов. Были сравнены конкретные объекты с классами по их спектрам. При этом было рассчитано суммарное количество информации в цветах спектра конкретного объекта о его принадлежности к обобщенному образу класса.

Установка системы «Эйдос» с разработанным и описанным в данной статье приложением на планшет, оснащенный фотокамерой, превращает его в мобильную информационно-измерительную систему, которую можно использовать в полевых условиях для автоматизированного определения степени поражения озимого ячменя пятнистостью. Использование этой системы не трудоемко и она обеспечивает высокую точность, объективность и сопоставимость фитопалогических измерений.

Таким образом поставленные задачи решены, цель достигнута, проблема решена.

С данным интеллектуальным облачным Эйдос-приложением можно ознакомиться, если установить систему «Эйдос» скачав ее по ссылке: <u>http://lc.kubagro.ru/aidos/ Aidos-X.htm</u>, а затем в диспетчере приложений (режим 1.3) скачать и установить облачное приложение №285.

Литература

1. Афанасенко, О. С. Методические указания по диагностике и методам полевой оценки устойчивости ячменя к возбудителям пятнистостей листьев / О. С. Афанасенко; РАСХН, ВИЗР. - Л. - Пушкин, 1987. - 20с.

- 2. Афанасенко, О. С. Диагностика гельминтоспориозных пятнистостей листьев ячменя О.С. Афанасенко Агро XXI. -1997. №3. С. 10-11.
- 3. Афанасенко, О. С. Устойчивость районированных и перспективных для районирования сортов ячменя и пшеницы к листовым болезням на Государственных сортоучастках (ГСУ) в Северо-Западном регионе РФ / О.С. Афанасенко [и др.] // Технология создания и использования сортов и гибридов с групповой и комплексной устойчивостью к вредным организмам в защите растений. СПб., 2010. С. 199-211.
- 4. Бабаянц, Л. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах членах СЭВ [Текст] / Л. Бабаянц, А. Мештерхази, Ф. Вехтер, Н. Неклеса и др. Прага, 1988 c. 270-277.
- 5. Дмитриев Н.Н. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии / Хуснидинов Ш.К. // В е с т н и к К р а с Γ А V. 2 016. №7
- 6. Дьяков Ю. Т. Новое в систематике и номенклатуре грибов. [Текст] / Под ред. Ю. Т. Дьякова, Ю. В. Сергеева. М.: «Национальная академия микологии»; «Медицина для всех», 2003- 496 с.
- 7. Жученко А.А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы): Монография в 2 т. А.А. Жученко. Т.2 /– М.: Изд-во РУНД, 2001. 780 с..
- 8. Ишкова, Т. И. Болезни зерновых и крупяных культур / Т.И. Ишкова, А.Е. Чумаков // Болезни культурных растений. СПб., 2005. С. 21-38.
- 9. Кашемирова Л.А. Фитосанитарные диагностические системы защиты ярового ячменя от темно-бурого и сетчатого "гельминтоспориозов". [Текст]: Автореф. канд. дис. Большие Вяземы, 1995. 33 с.
- 10. Кушниренко, И. Ю. Сетчатая пятнистость ячменя на Южном Урале и исходный материал для создания болезнеустойчивых сортов: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Кушниренко И.Ю. Л., 1987. 19с.
- 11. 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
- 12. 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.
- 13. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений по их пикселям (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2015. №07(111). С. 334 362. IDA [article ID]: 1111507019. Режим доступа:http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/19.pdf, 1,812 у.п.л.
- 14. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ изображений по их внешним контурам (обобщение, абстрагирование, классификация и идентификация) / Е.В. Луценко, Д.К. Бандык // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2015. №06(110). С. 138 167. IDA [article ID]: 1101506009. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/09.pdf, 1,875 у.п.л.

- 15. 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.
- 16. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный спектральный анализ конкретных и обобщенных изображений в системе "Эйдос" (применение теории информации и когнитивных технологий в спектральном анализе) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2017. №04(128). С. 1 64. IDA [article ID]: 1281704001. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/01.pdf, 4 у.п.л.
- 17. Саладунова, О. А. Прогноз фитосанитарного состояния с.-х. культур в Московской области на 2011 год / О.А. Саладунова [и др.]; ФГУ Россельхозцентр по Моск. обл. Москва, 2011. 87c.
- 18. Хасанов Б.А. Несовершенные грибы как возбудители основных заболеваний злаков в Средней Азии и Казахстане. [Текст]: Автореф. докт. дисс. М., 1992. 44 с
- 19. Шевцов, В.М. Селекция и агротехника озимого ячменя на Кубани, Краснодар, 2008.-137c
- 20. Fetch, T. G. Jr. Rating scales for assessing infection responses of barley infected with Cochliobolus sativus / T.G.Jr. Fetch, B.J. Steffenson // Plant Dis. 1999. Vol. 83. P. 213-217.
- 21. Jayasena, K.W. Yield reduction in barley in relation to spot-type net blotch / K.W. Jayasena [e.a.] // Australasian Plant Pathol. 2007. Vol. 36. P. 429-433.
- 22. Khan, T. N. Effect of spot-type net blotch (Drechslera teres (Sacc.) Shoem) infection on barley yield in short season environment of northern cereal belt of Western Australia / T.N. Khan // Austr. J. Agric. Res. 1989. Vol. 40. P. 745-752.
- 23. Murray, G. M. Estimating disease losses to the Australian barley industry / G.M. Murray, J.P. Brennan // Australasian Plant Pathol. 2009. Vol. 39, N 1. P. 85-96.
- 24. Smedegård-Petersen, V. Isolation of two toxins produced by Pyrenophora teres and their significance in disease development of 164 net-spot blotch of barley / V. Smedegård-Petersen // Physiol. Plant Pathol. 1977. Vol. 10. P. 203-208.
- 25. Tekauz, A. Re-emergence of spotted net blotch in Manitoba. / Desjardins, M. // Can. J. Plant Pathol. 2011, 33:293.
 - 26. www3.syngenta.com
- 27. 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.
- 28. Луценко Е.В. Инвариантное относительно объемов данных нечеткое мультиклассовое обобщение F-меры достоверности моделей Ван Ризбергена в АСК-анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2017. №02(126). С. 1 32. IDA [article ID]: 1261702001. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/02/pdf/01.pdf, 2 у.п.л.
- 29. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный

- научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2003. №01(001). С. 79 91. IDA [article ID]: 0010301011. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf, 0,812 у.п.л.
- 30. 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.
- 31. Луценко Е.В. Универсальная автоматизированная система распознавания образов "Эйдос" (версия 4.1).-Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1995.-76c. http://elibrary.ru/item.asp?id=18630282
- 32. Луценко Е.В. Теоретические основы и технология адаптивного семантического анализа в поддержке принятия решений (на примере универсальной автоматизированной системы распознавания образов "ЭЙДОС-5.1"). Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1996. 280c. http://elibrary.ru/item.asp?id=21745340
- 33. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. Монография (научное издание). Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. 318с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18828433
- 34. 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. 258c. http://elibrary.ru/item.asp?id=21747625
- 35. 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
- 36. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". Краснодар: КубГАУ. 2004. 633 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632737
- 37. Луценко Е.В., Лойко В.И., Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом. Монография (научное издание). Краснодар: Куб Γ AУ. 2005. 480 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21720635
- 38. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд., перераб. и доп.— Краснодар: КубГАУ, 2006. 615 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18632602
- 39. Луценко Е.В. Лабораторный практикум по интеллектуальным информационным системам: Учебное пособие для студентов специальности "Прикладная информатика (по областям)" и другим экономическим специальностям. 2-е изд.,перераб. и доп. Краснодар: КубГАУ, 2006. 318с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683721
- 40. Луценко Е. В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта: Монография (научное издание). Краснодар: КубГАУ, 2008. 257 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683725
- 41. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Лаптев В.Н. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (АСОИУ) (на примере АСУ вузом): Под науч. ред.д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). Майкоп: АГУ. 2009. 536 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=18633313

- 42. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Ермоленко В.В. Интеллектуальные системы в контроллинге и менеджменте средних и малых фирм: Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). Майкоп: АГУ. 2011. 392 с. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683734
- 43. Трубилин А.И., Барановская Т.П., Лойко В.И., Луценко Е.В. Модели и методы управления экономикой АПК региона. Монография (научное издание). Краснодар: КубГАУ. 2012. 528 с. ISBN 978-5-94672-584-2. http://elibrary.ru/item.asp?id=21683702
- 44. Горпинченко К.Н., Луценко Е.В. Прогнозирование и принятие решений по выбору агротехнологий в зерновом производстве с применением методов искусственного интеллекта (на примере СК-анализа). Монография (научное издание). Краснодар,КубГАУ. 2013. 168 с. ISBN 978-5-94672-644-3. http://elibrary.ru/item.asp?id=20213254
- 45. 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
- 46. 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
- 47. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Перспективные математические и инструментальные методы контроллинга. Под научной ред. проф.С.Г.Фалько. Монография (научное издание). Краснодар, КубГАУ. 2015. 600 с. ISBN 978-5-94672-923-9. http://elibrary.ru/item.asp?id=23209923
- 48. Орлов А.И., Луценко Е.В., Лойко В.И. Организационно-экономическое, математическое и программное обеспечение контроллинга, инноваций и менеджмента: монография / А. И. Орлов, Е. В. Луценко, В. И. Лойко; под общ. ред. С. Г. Фалько. Краснодар: КубГАУ, 2016. 600 с. ISBN 978-5-00097-154-3. http://elibrary.ru/item.asp?id=26667522
- 49. Луценко Е.В. АСК-анализ как метод выявления когнитивных функциональных зависимостей в многомерных зашумленных фрагментированных данных / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2005. №03(011). С. 181 199. IDA [article ID]: 0110503019. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2005/03/pdf/19.pdf, 1,188 у.п.л.
- 50. Луценко Е.В. Когнитивные функции как адекватный инструмент для формального представления причинно-следственных зависимостей / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2010. №09(063). С. 1 23. Шифр Информрегистра: 0421000012\0233, IDA [article ID]: 0631009001. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2010/09/pdf/01.pdf, 1,438 у.п.л.
- 51. 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.
- 52. Астапчук И.Л. Мобильный инструмент фитопатолога для количественной экспресс-оценки в условиях поля степени поражения листьев озимого ячменя пятнистостями на основе спектрального АСК-анализа и системы «Эйдос» / И.Л. Астапчук // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2017. №07(131). С. 325 386. IDA [article ID]: 1311707031. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/31.pdf, 3,875 у.п.л.

- 53. 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.
- 54. Луценко Е.В. Системная теория информации и нелокальные интерпретируемые нейронные сети прямого счета / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2003. №01(001). С. 79 91. IDA [article ID]: 0010301011. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2003/01/pdf/11.pdf, 0,812 у.п.л.