

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ
ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ И ПОДДЕРЖКА
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО
РАЦИОНАЛЬНОМУ ВЫБОРУ
АГРОТЕХНОЛОГИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СК-АНАЛИЗА**

**PROGNOSIS OF GRAINS YIELDING
AND SUPPORT OF DECISIONS TAKING
ON RATIONAL CHOICE OF AGRO
TECHNOLOGIES WITH APPLICATION
OF SC-ANALYSIS**

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

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

Лойко Валерий Иванович
д. т. н., профессор

Loiko Valery Ivanovich
Dr. Sci. Tech., professor

Великанова Л.О.
к. э. н., доцент

Velikanova L.O.
Cand. Econ. Sci., assistant professor

*Кубанский государственный аграрный
Университет, Краснодар, Россия*

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Поддержано грантом КубГАУ

Supported by the grant of KSAU

В статье приводятся методики: 1) прогнозирования хозяйственных результатов применения тех или иных агротехнологий; 2) поддержки принятия решений по выбору таких сортов зерновых колосовых и рациональных агротехнологий для их выращивания, которые с наиболее высокой вероятностью дали бы заранее заданный желаемый хозяйственный результат.

Prognosis of industrial results of some or other agro technologies application and support of decision taking by choice of such varieties of grains and rational agro technologies for their cultivation, which with most probability would show the given desirable industrial result in advance are cited in the article.

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

Key words: PROGNOSIS, SUPPORT OF DECISION TAKING, AGRO TECHNOLOGIES, GRAINS, PRODUCTIVITY, SYSTEMIC – COGNITIVE ANALYSIS, PLANT GROWING.

Данная статья является непосредственным продолжением статьи [25] в этом же номере Научного журнала КубГАУ, поэтому в ней продолжена нумерация рисунков, таблиц и рассмотрение решаемых задач.

6. Решение задач идентификации состояний объекта управления, прогнозирования и поддержки принятия управленческих решений по управлению с применением СИМ.

Отметим, что задачи идентификации (распознавания) и прогнозирования в СК-анализе математически ничем не отличаются, кроме того, что в задаче идентификации признаки объекта и принадлежность его состояния к определенному классу практически одновременны (или очень незна-

чительно отстоят друг от друга во времени), тогда как при прогнозировании признаки состояния или детерминирующие его значения факторов (градации описательных шкал) относятся к прошлому или настоящему, а состояния объекта – к будущему.

В нашем случае задача прогнозирования состоит в том, чтобы *по планируемым к применению или уже применяемым агротехнологиям спрогнозировать наиболее вероятные хозяйственные результаты.*

Для решения задачи прогнозирования информация о планируемых к применению агротехнологиях заносится в систему "Эйдос" в режиме ввода анкет распознаваемой выборки. Например, в анкете №2 введена информация о применении следующих агротехнологий (таблица 7).

Таблица 7 – АНКЕТА РАСПОЗНАВАЕМОЙ ВЫБОРКИ №2

23-04-08 12:11:22

г. Краснодар

Код	Наименование описательных шкал и градаций
3	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-Многолетние травы
7	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородия-Средний.
8	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Безотвальная.
14	13. УДОБРЕНИЕ-Отсутствует
15	14. ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ- Бактороденцид 3 кг/га : Фосфид цинка т.п. (5%) 4 кг/га

Универсальная когнитивная аналитическая система

НПП *ЭЙДОС*

Результаты сравнения конкретного образа, описанного данными значениями факторов, приведены в экранной форме на рисунке 3.

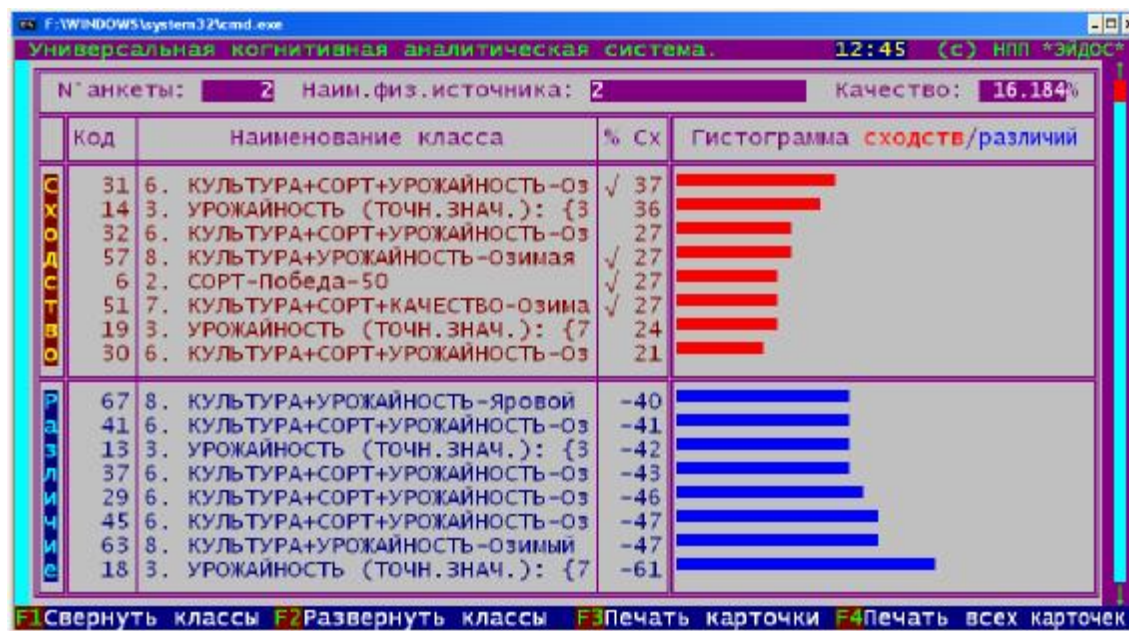
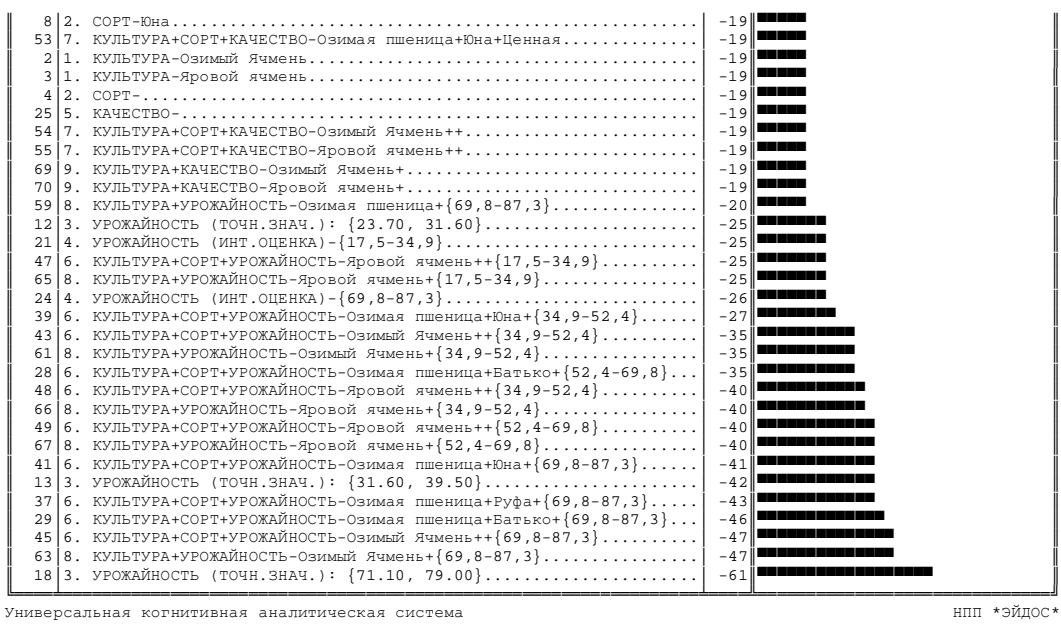


Рисунок 3 – Экранная форма с результатами прогнозирования для анкеты №2

В экранной форме наименования классов видны не полностью и показаны только те классы, с которыми данная конкретная ситуация наиболее сходна или наиболее различна. Полная информация о результатах прогнозирования представлена в распечатке (таблица 8).

Таблица 8 – РЕЗУЛЬТАТ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ НАБОРА АГРОТЕХНОЛОГИЙ ИЗ ТАБЛИЦЫ 7

Код	Наименование класса распознавания	% Сх	Гистограмма сходств/различий
31	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{34,9-52,4}	37	Сходство (Red bars)
14	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {39.50, 47.40}.....	36	
32	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{52,4-69,8}	27	
57	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{34,9-52,4}.....	27	
6	2. СОРТ-Победа-50.....	27	
51	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Победа-50+Ценная.....	27	
19	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {79.00, 86.90}.....	24	
30	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{00,0-17,5}	21	
16	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {55.30, 63.20}.....	20	
15	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {47.40, 55.30}.....	17	
9	3. УРОЖАЙНОСТЬ (ТОЧН.ЗНАЧ.): {0.00, 7.90}.....	17	
20	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{00,0-17,5}.....	17	
56	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{00,0-17,5}.....	16	
1	1. КУЛЬТУРА-Озимая пшеница.....	14	
26	5. КАЧЕСТВО-Ценная.....	14	
68	9. КУЛЬТУРА+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Ценная.....	14	
58	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+{52,4-69,8}.....	14	
33	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}	13	
22	4. УРОЖАЙНОСТЬ (ИНТ.ОЦЕНКА)-{34,9-52,4}.....	6	
34	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Руфа+{00,0-17,5}.....	-12	
5	2. СОРТ-Ватько.....	-14	
50	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Ватько+Ценная.....	-14	
38	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Юна+{00,0-17,5}.....	-14	
7	2. СОРТ-Руфа.....	-16	
52	7. КУЛЬТУРА+СОРТ+КАЧЕСТВО-Озимая пшеница+Руфа+Ценная.....	-16	
40	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Юна+{52,4-69,8}.....	-17	
44	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень+{52,4-69,8}.....	-17	
62	8. КУЛЬТУРА+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимый Ячмень+{52,4-69,8}.....	-17	
36	6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Руфа+{52,4-69,8}.....	-18	



Классы, к которым объект (ситуация) действительно относится, отмечены символом: " $\sqrt{\quad}$ ".

Важно, что инструментарий СК-анализа система "Эйдос" не только обеспечивает прогнозирование, но и оценивает достоверность этого прогнозирования. Это делается на нескольких уровнях:

1. На рисунке 3 и в таблице 8 в карточке идентификации есть параметр: "% Сх", обозначающий процент сходства конкретного образа объекта и обобщенного образа класса.

2. В таблице 6 [25] есть информация о степени достоверности идентификации, посчитанной для каждого класса по всем объектам, действительно относящимся к нему, а также с учетом ошибочно к нему отнесенных.

3. В карточке идентификации на рисунке 3 и в таблице 8 есть параметр: "Качество результата распознавания:" (в примере он равен 16.184 %).

1-й и 2-й параметры используются совместно: если мы знаем что по данному классу результаты идентификации в данной модели обычно недостоверны, то не следует доверять такому результату, даже если этот класс первый в карточке идентификации и с ним высокий уровень сходства. 3-й параметр представляет собой эвристический критерий, сходный по

форме со средне-квадратичным отклонением, но с весовым коэффициентом, увеличивающим роль первых строк гистограммы и отражает результаты идентификации *по всей карточке в целом*: он увеличивается при увеличении уровня сходства с классами в начале гистограммы и увеличением разницы в уровне сходства между разными классами.

Задача поддержки принятия решений является *обратной* по отношению к задаче прогнозирования: если в задаче прогнозирования требуется по значениям факторов определить, в какие состояния может под их влиянием перейти объект управления, то в задаче поддержки принятия решений, *наоборот*, по заданному будущему состоянию объекта управления (обычно целевому) определить значения факторов, которые с наибольшей вероятностью переведут объект управления в это состояние.

Примечание: мы называем задачу выработки научно обоснованных рекомендаций по выбору агротехнологий задачей поддержки принятия решений, а не задачей принятия решений, т.к. считаем, что в нашем случае компьютер и интеллектуальная система не принимают решений, что является прерогативой специалиста, а лишь *консультируют* специалиста о наиболее вероятных последствиях тех или иных решений. Таким образом, компьютер и интеллектуальная система являются лишь *инструментом*, помогающим специалисту выполнять работу, за результаты которой именно он и несет ответственность.

Предположим нас, как руководителя или специалиста хозяйства, интересует вопрос о том, ***какие необходимо применить агротехнологии, чтобы получить очень высокую урожайность озимой пшеницы сорта Победа-50.***

Для ответа на это вопрос необходимо в системе "Эйдос" войти в подсистему "Типология" и выбрать режим: _511 "Информационные портреты классов", а затем в нем выбрать класс, система детерминации которо-

го нас интересует, в данном случае класс с кодом 33. После нажатия клавиши Enter, появится экранная форма, приведенная на рисунке 4.

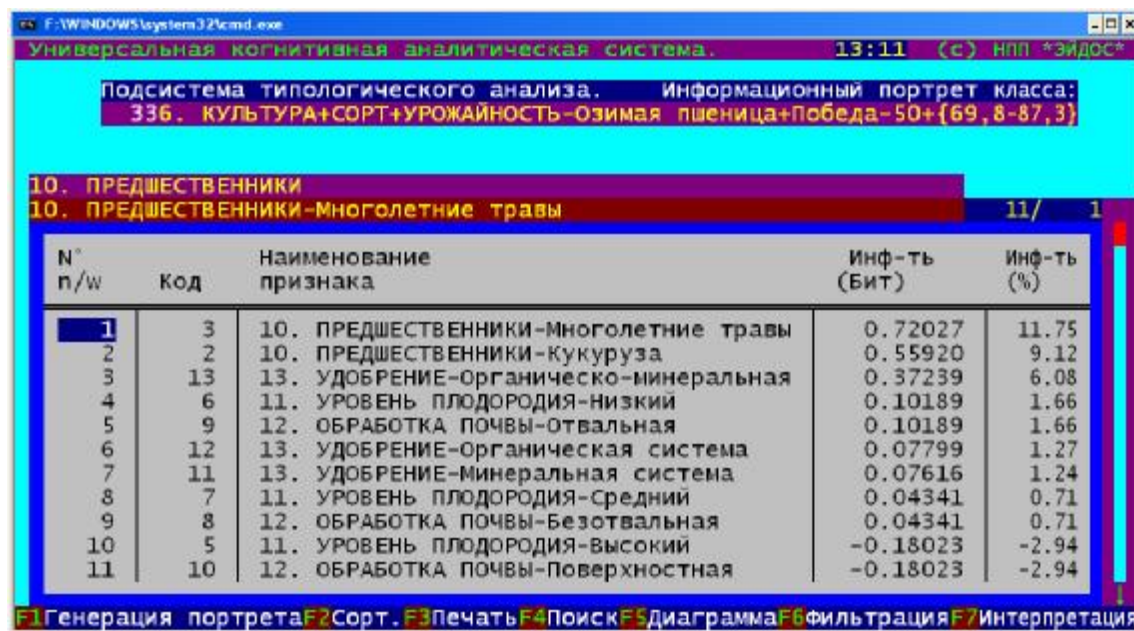


Рисунок 4 – Экранная форма, отображающая систему детерминации класса 33

Распечатка информационного портрета данного класса (с более подробной и полной информацией) приведена в таблице 9.

Таблица 9 – ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОРТРЕТ КЛАССА

Код класса: 33

Классификационная шкала: 6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ

Градации классификационной шкалы: -Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}

№	Код	Наименование фактора и его значения	Количество информации	
			Бит	% от теоретически максимально возможного
1	3	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-Многолетние травы	0,72027	11,75
2	2	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ-Кукуруза	0,55920	9,12
3	13	13. УДОБРЕНИЕ-Органическо-минеральная	0,37239	6,08
4	6	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородИЯ-Низкий	0,10189	1,66
5	9	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Отвальная	0,10189	1,66
6	12	13. УДОБРЕНИЕ-Органическая система	0,07799	1,27
7	11	13. УДОБРЕНИЕ-Минеральная система	0,07616	1,24
8	7	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородИЯ-Средний	0,04341	0,71
9	8	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Безотвальная	0,04341	0,71

10	5	11. УРОВЕНЬ ПЛОДородИЯ-Высокий	-0,18023	-2,94
11	10	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ-Поверхностная	-0,18023	-2,94

Теоретически максимально возможная информативность – это количество информации, которое мы в принципе можем получить из факта действия некоторого значения фактора, который *однозначно* переводит объект управления в заранее заданное состояние. Это количество информации определяется только количеством классов (градаций классификационных шкал) по формуле: $I_{\max} = \text{Log}_2(70)$ и в нашем случае, когда у нас в модели 70 классов (см. таблицу 2), равно: **6,129** бита.

Данные таблицы 9 средствами системы "Эйдос" могут быть представлены в форме круговой диаграммы и нелокального нейрона (рисунки 5 и 6).

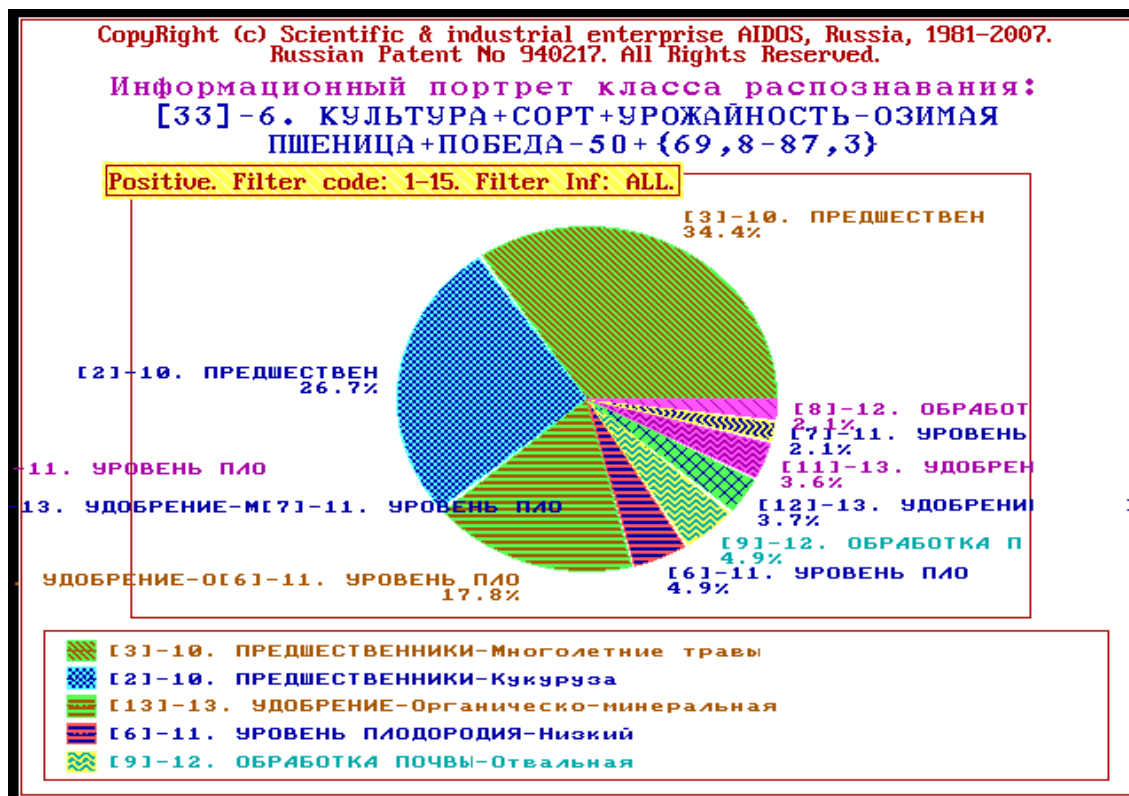
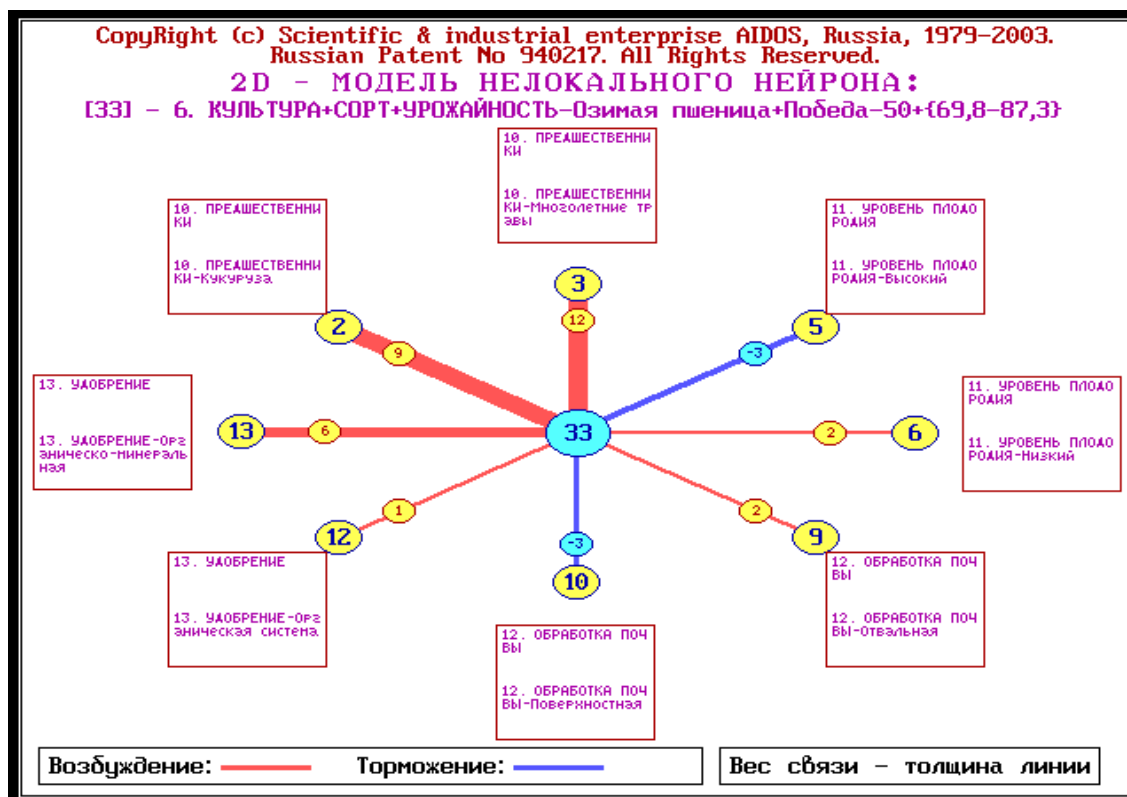


Рисунок 5 – Круговая диаграмма информационного портрета класса: "Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}"



**Рисунок 6 – Нелокальный нейрон класса:
"Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}"**

Из информационного портрета, приведенного на рисунках 5 и 6, а также в таблице 9, видно, что более 3/4 суммарного влияния на получение хозяйственного результата: "Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}" обеспечивается системным (т.к. СИМ учитывает взаимодействие факторов) действием всего трех факторов: предшественники многолетние травы и кукуруза и органическо-минеральная система удобрений. При этом обработка почвы не играет особой роли, но желательна отвальная, а не поверхностная (которая препятствует этому результату). Возможно, это несколько парадоксально, но данный хозяйственный результат получается на почвах низкого или среднего плодородия, а не на плодородных почвах, как можно было бы ожидать. По-видимому, это связано с тем, что на плодородных почвах не применяются интенсивные технологии, в основном обуславливающие этот результат.

7. Системно-когнитивный и кластерно-конструктивный анализ СИМ.

Необходимо отметить, что в системе "Эйдос" возможности исследования СИМ в системе "Эйдос" весьма разнообразны: достаточно сказать, что система генерирует 50 видов текстовых форм (отформатированных для MS Word и MS Excel) и 52 вида графических форм, подавляющее большинство которых не имеет аналога в Excel и других системах обработки данных и предложена автором [8]. В данном разделе мы рассмотрим лишь некоторые из них, чтобы не перегружать работу излишними деталями.

Задача выявления силы и направления влияния факторов

Прежде всего, обратим внимание на то, что значения разных агротехнологических факторов имеют разные силу и направление влияния на различные хозяйственный результаты. Информацию об этом можно получить из матрицы информативностей, приведенной в таблице 10.

Таблица 10 – МАТРИЦА ИНФОРМАТИВНОСТЕЙ (ФРАГМЕНТ, Бит ´ 100)

	Код	Коды классов																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Коды признаков	1	-49	50	50	50	50	0	0	0	26	0	0	50	14	6	-26	-34	-73	-19	-139	26
	2	24	0	0	0	0	40	84	0	-39	0	0	0	30	-15	35	16	35	20	-34	-39
	3	24	0	0	0	0	94	0	0	-107	0	0	0	0	39	18	62	33	-25	64	-107
	4	24	0	0	0	0	0	0	119	-4	0	0	0	0	-50	-46	-46	14	19	71	-4
	5	-0	0	0	0	0	0	-2	0	26	0	0	0	0	-9	-49	-13	-43	-29	-29	26
	6	-0	-0	-0	-0	-0	-0	1	-0	-246	0	0	70	60	49	43	30	33	43	15	-246
	7	0	-0	-0	-0	-0	-0	1	-0	25	0	0	0	-55	0	-35	-35	-14	-60	6	25
	8	0	-0	-0	-0	-0	-0	1	-0	25	0	0	0	-55	0	-35	-35	-14	-60	6	25
	9	-0	-0	-0	-0	-0	-0	1	-0	-246	0	0	70	60	49	43	30	33	43	15	-246
	10	-0	0	0	0	0	0	-2	0	26	0	0	0	0	-9	-49	-13	-43	-29	-29	26
	11	0	-1	-1	-1	3	-1	0	-1	-5	0	0	44	34	-81	-77	-18	19	28	24	-5
	12	0	-1	-1	-1	3	-1	1	-1	9	0	0	0	0	-11	20	13	-2	-30	-56	9
	13	-1	3	3	3	-12	3	-2	3	0	0	0	0	0	-33	-73	-73	13	23	50	0
	14	0	-1	-1	-1	3	-1	1	-1	-5	0	0	44	52	52	44	33	-47	-56	0	-5
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Каждое значение фактора имеет некоторую вариабельность в матрице информативностей, количественное значение которой (среднеквадратичное отклонение) принято в СК-анализе за ценность этого признака для решения задач прогнозирования и поддержки принятия решений. На рисунке 7 приведена Паррето-кривая (накопительная) ценности градаций факторов.

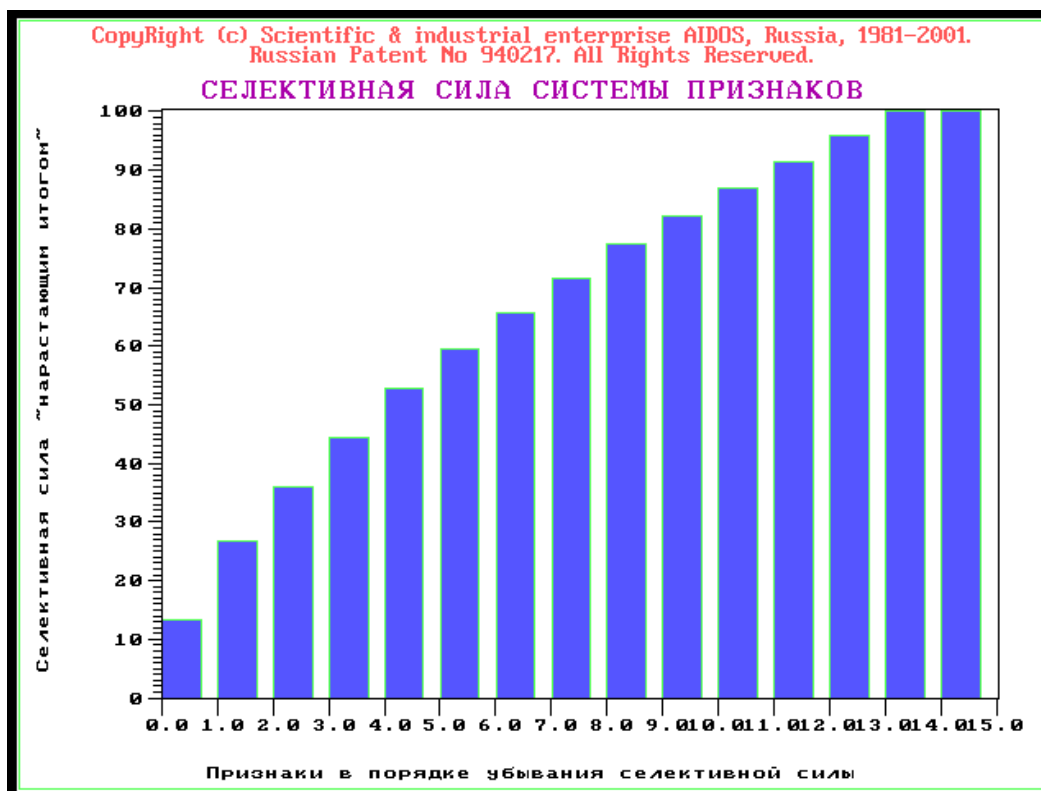


Рисунок 7 – Парето-кривая ценности градаций факторов

Однако есть в СК-анализе и характеристика силы влияния описательной шкалы (фактора) *в целом*: это среднее от силы влияния всех градаций этой описательной шкалы. В таблице 11 приведены описательные шкалы с количественной оценкой силы их влияния.

Таблица 11 – ОПИСАТЕЛЬНЫЕ ШКАЛЫ С КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКОЙ СИЛЫ ИХ ВЛИЯНИЯ

№ п/п	Код шкалы	Наименования описательных шкал	Значимость шкалы	Коды градаций			
				1	2	3	4
1	1	10. ПРЕДШЕСТВЕННИКИ	0.36735	1	2	3	4
2	2	11. УРОВЕНЬ ПЛОДОРОДИЯ.	0.33853	5	6	7	
3	3	12. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ	0.33853	8	9	10	
4	4	13. УДОБРЕНИЕ	0.26107	11	12	13	14
5	5	14. ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ	0.00000	15			

Из таблицы 11 мы видим, что наибольшее влияние на результат имеют предшественники и уровень плодородия почвы.

Возникает закономерный вопрос о том, почему фактор: "14. ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ" имеет *нулевое влияние*. Ответ на этот вопрос прост: "Потому, что у него одна единственная градация, и она есть *во всех* приведенных примерах выращивания, т.е. *по градациям этой шкалы нулевая вариабельность*".

Если бы в обучающей выборке были указаны разные варианты защиты растений, т.е. *были бы контрольные группы по этому параметру, как они есть по остальным*¹, то тогда появилась бы возможность определить, каким образом каждый из этих вариантов защиты растений влияет на хозяйственные результаты, т.е. определить *силу и направление влияния* значений этого фактора на все исследуемые в модели результаты применения агротехнологий.

Аналогично, если посчитать влияние на урожайность зерновых колосовых фактора "*Наличие солнечного освещения*", то получится тоже *ноль*, если не сравнить результаты с контрольной группой, выращиваемой в условиях абсолютной темноты, например, в какой-нибудь пещере, причем не обязательно при всех прочих равных условиях.

Отметим, что если бы в исходных данных была вариабельность по *качеству* пшеницы (в исследованных данных была *только ценная* пшеница), то модель позволила бы определить силу и направление влияния технологических факторов и на этот показатель, а *если бы в исходных данных были указаны предшественники не только прошлого года, как сейчас, но и позапрошлого, и 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 и более лет назад, то семантическая информационная модель позволила бы исследовать их влияние на количество и качество урожая зерновых колосовых, а также количественно выявить и использовать для автоматизированного прогнозирования и поддержки принятия решений в растениеводстве законы севооборота.*

Семантические сети классов и факторов.

Система "Эйдос" в режимах кластерно-конструктивного анализа позволяет исследовать классы по сходству их системы детерминации и факторы по их влиянию на поведение объекта управления.

Состояния объекта управления, соответствующие классам, сходным по их системам детерминации *могут быть достигнуты одновременно*, а различные (образующие полюса конструкта) являются *альтернативными* и одновременно получены быть не могут.

Значения факторов, сходные по их влиянию на поведение объекта управления могут быть использованы в качестве *замены* друг друга, если они имеют разную стоимость или какой-то из них нет возможности или нерационально использовать, а другой есть возможность или более рационально.

¹ Луценко Е.В. Системно-когнитивный и факторный анализ. СК-анализ, как метод вариабельных контрольных групп. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos06_lec/index.htm [10].

По этим причинам результаты кластерно-конструктивного анализа модели представляют не только научный, но и вполне прагматический интерес.

В таблицах 12 и 13 приведены фрагменты матриц сходства классов и значений факторов, а на рисунках 8 и 9 фрагменты соответствующих, т.е. отображающих эти матрицы семантических сетей классов и факторов.

Таблица 12 – МАТРИЦА СХОДСТВА КЛАССОВ (ФРАГМЕНТ, %)

Код	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	100	-82	-82	-82	-78	49	36	36	-19	0	0	-43	-2	-9	17	31	68	16
2	-82	100	100	100	95	-9	-7	-7	19	0	0	29	2	4	-11	-25	-56	-7
3	-82	100	100	100	95	-9	-7	-7	19	0	0	29	2	4	-11	-25	-56	-7
4	-82	100	100	100	95	-9	-7	-7	19	0	0	29	2	4	-11	-25	-56	-7
5	-78	95	95	95	100	-10	-6	-7	18	0	0	35	8	8	1	-8	-59	-15
6	49	-9	-9	-9	-10	100	33	-10	-21	0	0	-26	-1	23	29	54	40	-2
7	36	-7	-7	-7	-6	33	100	-7	-3	0	0	-16	17	-8	33	18	33	22
8	36	-7	-7	-7	-7	-10	-7	100	9	0	0	-19	-8	-37	-22	-32	14	21
9	-19	19	19	19	18	-21	-3	9	100	0	0	-66	-64	-58	-63	-60	-62	-62
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	-43	29	29	29	35	-26	-16	-19	-66	0	0	100	76	41	40	33	6	44
13	-2	2	2	2	8	-1	17	-8	-64	0	0	76	100	31	53	53	25	64
14	-9	4	4	4	8	23	-8	-37	-58	0	0	41	31	100	79	67	-4	-18
15	17	-11	-11	-11	1	29	33	-22	-63	0	0	40	53	79	100	83	28	10
16	31	-25	-25	-25	-8	54	18	-32	-60	0	0	33	53	67	83	100	31	6
17	68	-56	-56	-56	-59	40	33	14	-62	0	0	6	25	-4	28	31	100	66
18	16	-7	-7	-7	-15	-2	22	21	-62	0	0	44	64	-18	10	6	66	100

Таблица 13 – МАТРИЦА СХОДСТВА СМЫСЛОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ФАКТОРОВ (%)

Код	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	100	-31	-38	-23	43	9	33	33	9	43	3	30	9	18	0
2	-31	100	32	-17	-24	18	-33	-33	18	-24	-2	-14	-12	6	0
3	-38	32	100	-12	-23	40	-26	-26	40	-23	-7	-19	-0	18	0
4	-23	-17	-12	100	-3	-4	13	13	-4	-3	25	4	27	-25	0
5	43	-24	-23	-3	100	-39	72	72	-39	100	16	21	7	-2	0
6	9	18	40	-4	-39	100	-41	-41	100	-39	11	-3	10	20	0
7	33	-33	-26	13	72	-41	100	100	-41	72	9	32	18	-25	0
8	33	-33	-26	13	72	-41	100	100	-41	72	9	32	18	-25	0
9	9	18	40	-4	-39	100	-41	-41	100	-39	11	-3	10	20	0
10	43	-24	-23	-3	100	-39	72	72	-39	100	16	21	7	-2	0
11	3	-2	-7	25	16	11	9	9	11	16	100	-3	39	-21	0
12	30	-14	-19	4	21	-3	32	32	-3	21	-3	100	-24	-6	0
13	9	-12	-0	27	7	10	18	18	10	7	39	-24	100	-35	0
14	18	6	18	-25	-2	20	-25	-25	20	-2	-21	-6	-35	100	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

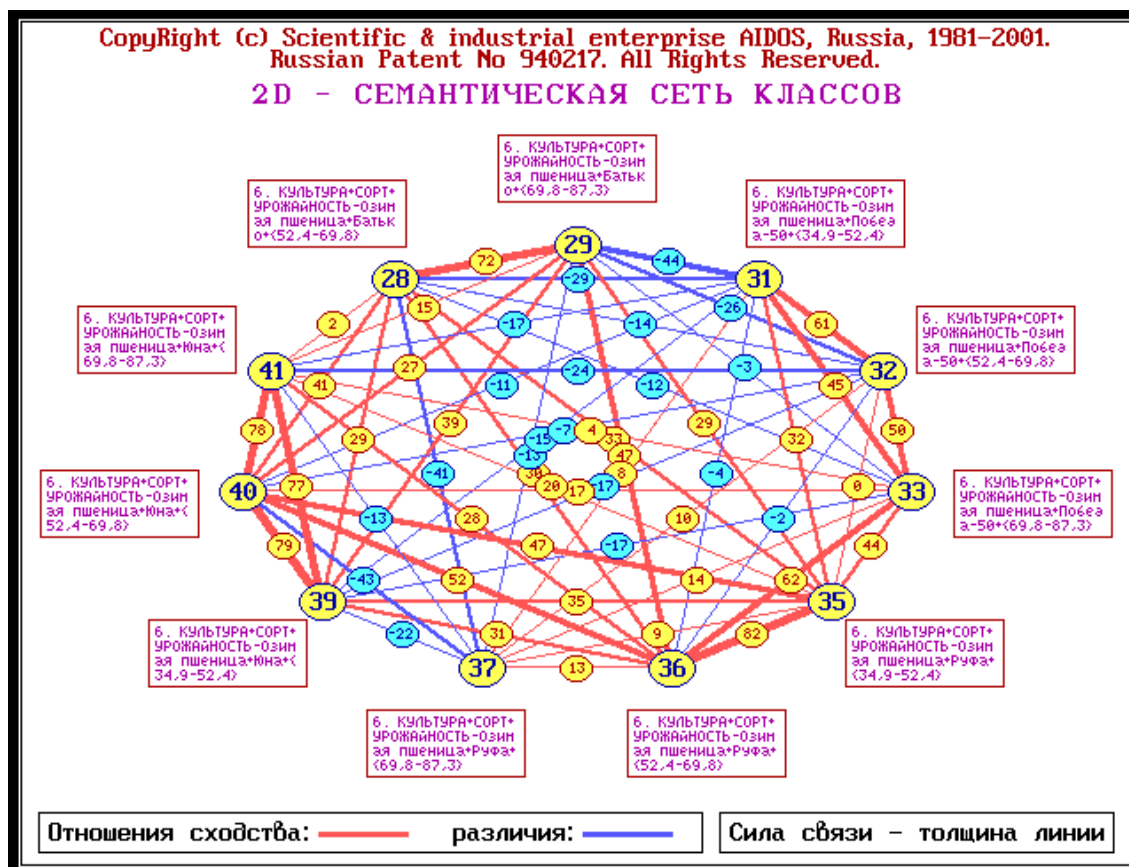


Рисунок 8 – Семантическая сеть классов, соответствующих различным урожайностям исследуемых сортов озимой пшеницы: Батько, Победа-50, Руфа и Юна

На рисунке 8 приведена семантическая сеть, показывающая степень сходства различных классов по системе детерминирующих их значений агротехнологических факторов.

На рисунках 8 и 9 цветом показан знак отношения (связи): красными линиями показаны отношения сходства, а синими – различия, толщина линий отражает силу связи по модулю.

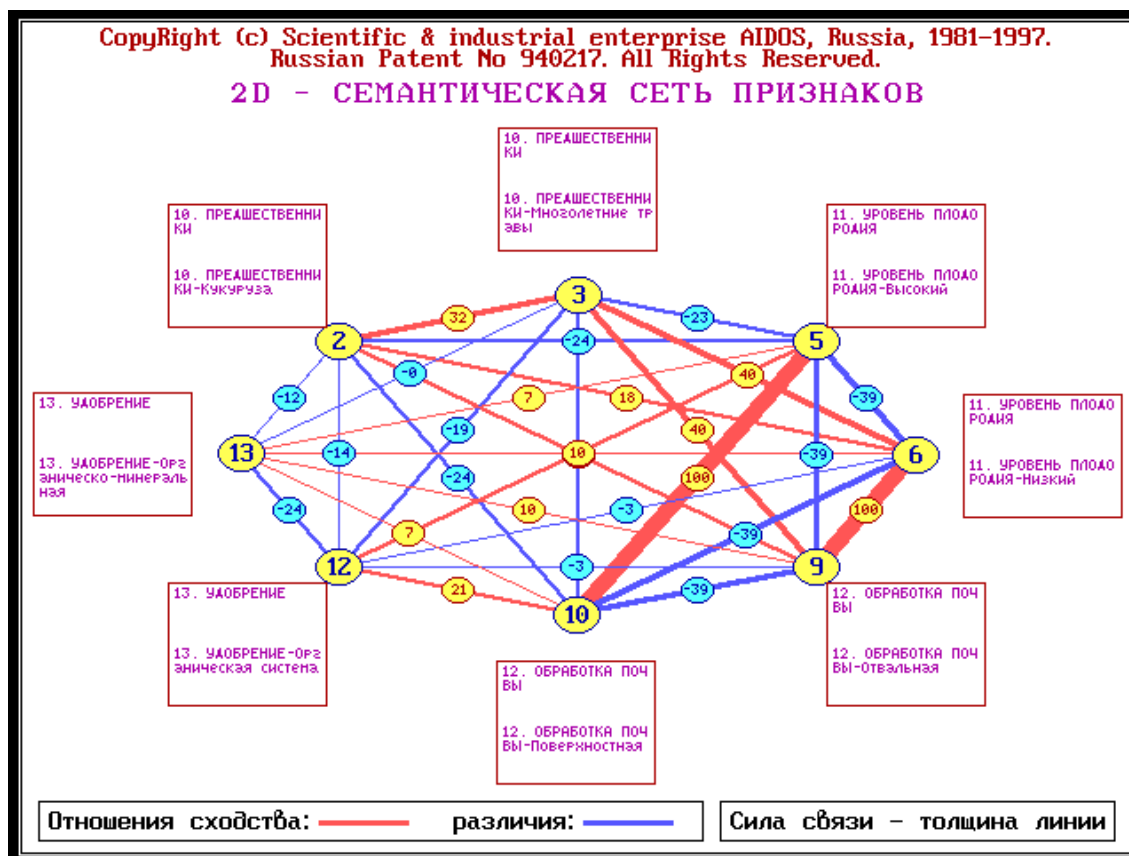


Рисунок 9 – Семантическая сеть значений агротехнологических факторов, показывающая их сходство и различие по силе и направлению влияния на поведение объекта управления, т.е. получение хозяйственных результатов

На рисунке 9 приведена семантическая сеть значений факторов, показывающая их сходство и различие по силе и направлению влияния на поведение объекта управления, т.е. получение хозяйственных результатов

Когнитивные диаграммы классов и факторов.

Если семантические сети классов показывают сходство и различие многих классов между собой по системе детерминирующих их значений факторов, но при этом структура каждой связи содержательно не раскрывается, т.е. на сети не показано, какие значения какой вклад вносят в сходство – различие классов, то на когнитивной диаграмме мы содержательно и на сколько возможно детально видим именно структуру связи, но только между двумя wybranными классами.

Когнитивная диаграмма имеет следующую структуру:

– справа и слева мы видим информационные портреты выбранных классов;

– в каждом информационном портрете в *верхней* части *красным* цветом изображены значения факторов, *способствующих* переходу объекта управления в состояние, соответствующее данному классу; в *нижней* части *синим* цветом изображены значения факторов, *препятствующих* переходу объекта управления в это состояние;

– линии красного цвета показывают вклад в сходство двух классов, а синие – вклад в различие, толщина линий отражает силу их вклада в сходство – различие по модулю.

Рассмотрим когнитивную диаграмму на рисунке 10.

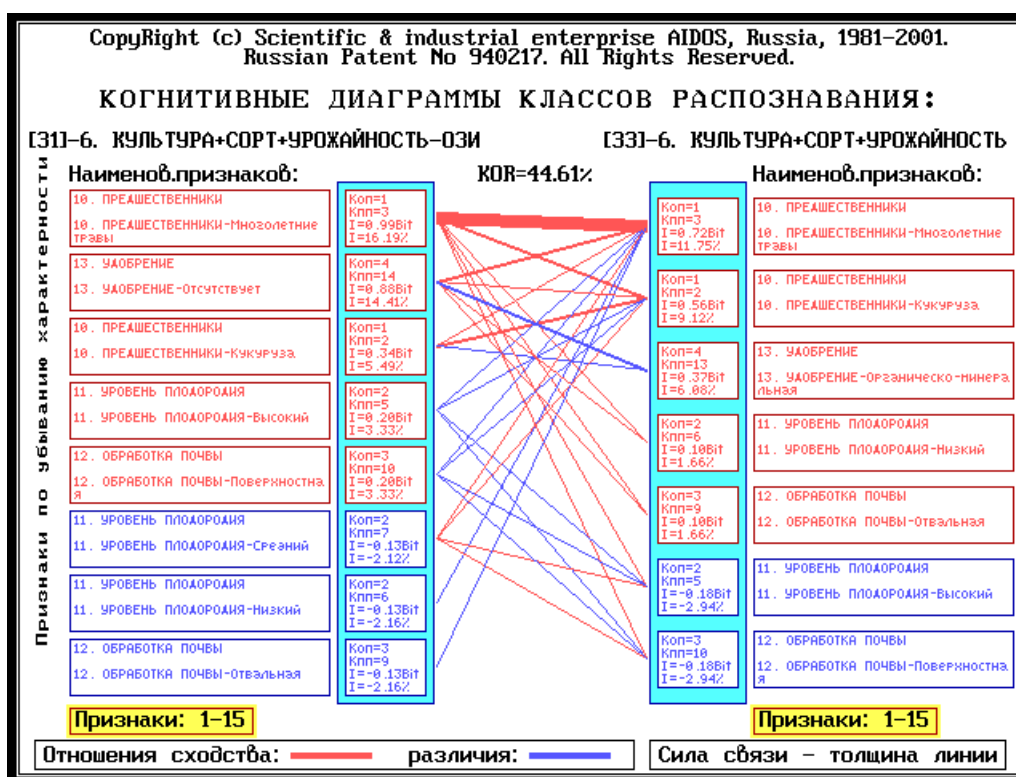


Рисунок 10 – Когнитивная диаграмма двух классов:

6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{34,9-52,4}
6. КУЛЬТУРА+СОРТ+УРОЖАЙНОСТЬ-Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}

Эта когнитивная диаграмма (см. рисунок 10) *содержательно* отражает в наглядной графической форме сходство и различие систем детерминации состояний, соответствующих высокой и низкой урожайности

озимой пшеницы сорта Победа-50. Основной вклад в сходство этих двух состояний вносит то, что для них обоих характерны предшественники – многолетние травы. Однако на этом сходство заканчивается: если для высокой урожайности характерно применение органическо-минерального удобрения и отвальной обработки почвы, то при низкой урожайности удобрения не применяются и почва обрабатывается поверхностно. Видимо, это различие в агротехнологиях и обуславливает различие в хозяйственном результате выращивания, в данном случае в урожайности озимой пшеницы сорта Победа-50 по этим агротехнологиям.

Если семантические сети значений факторов показывают сходство и различие многих значений факторов между собой по тому, какие классы они детерминируют, но при этом структура каждой связи содержательно не раскрывается, т.е. на сети не показано, какие значения какой вклад вносят в сходство – различие значений факторов, то на инвертированной когнитивной диаграмме мы содержательно и на сколько возможно детально видим именно структуру связи, но только между двумя выбранными значениями факторов.

Инвертированная когнитивная диаграмма имеет следующую структуру:

- справа и слева мы видим семантические информационные портреты выбранных значений факторов;

- в каждом информационном портрете в *верхней* части *красным* цветом изображены классы, переходу в которые данное значение фактора *способствует*; в *нижней* части *синим* цветом изображены классы, переходу в которые данное значение фактора *препятствует*;

- линии красного цвета показывают вклад в сходство двух значений факторов, а синие – вклад в различие, толщина линий отражает силу их вклада в сходство – различие по модулю.

Рассмотрим инвертированную когнитивную диаграмму на рисунке 11.

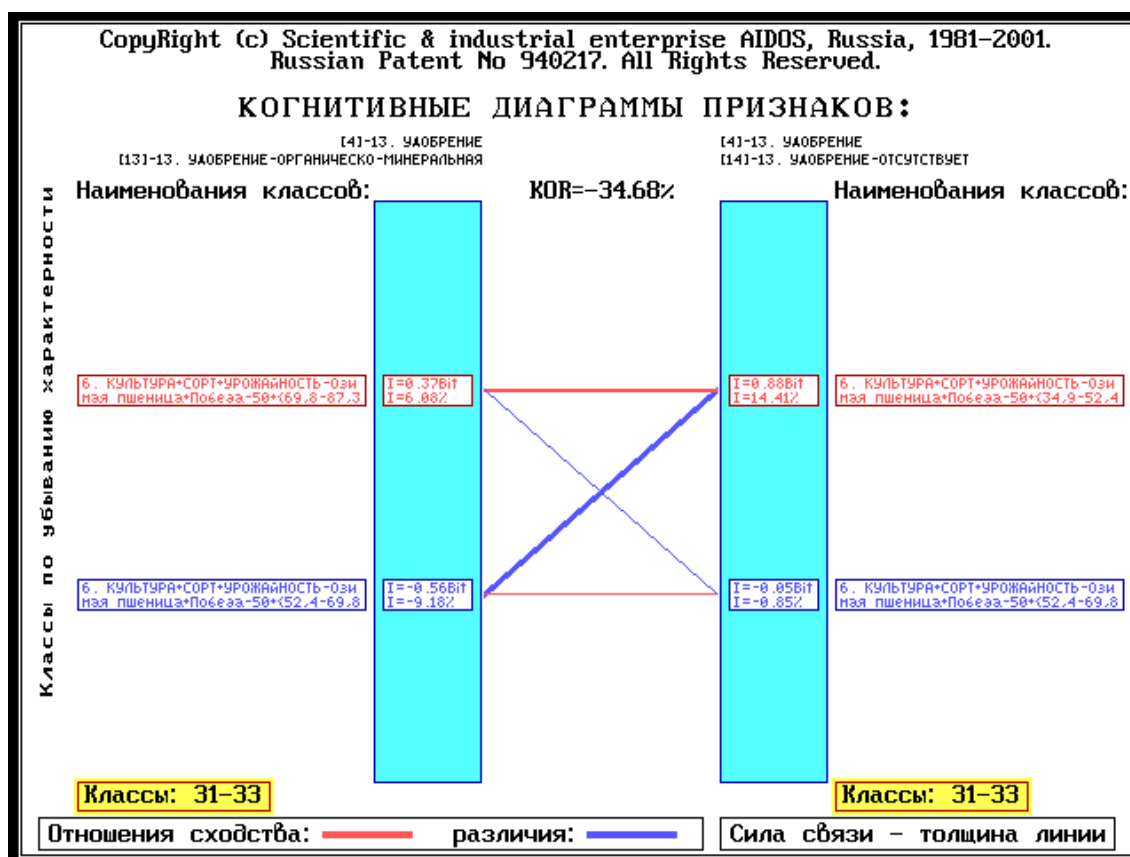


Рисунок 11 – Содержательное сравнение силы и направления влияния двух значений факторов на урожайность озимой пшеницы сорта Победа-50

Эта инвертированная когнитивная диаграмма *содержательно* отражает в наглядной графической форме сходство и различие двух значений факторов по тому, какую урожайность озимой пшеницы сорта Победа-50 они детерминируют. Из этой диаграммы (см. рисунок 11) видно, что применение органическо-минерального удобрения детерминирует получение очень высокой урожайности, тогда как отсутствие удобрений, наоборот, детерминирует очень низкую урожайность.

Когнитивные карты (классические и интегральные).

Если объединить нелокальный нейрон (рисунок 6) семантической сети значений факторов (рисунок 9), то получим классическую или простую когнитивную карту (рисунок 12).

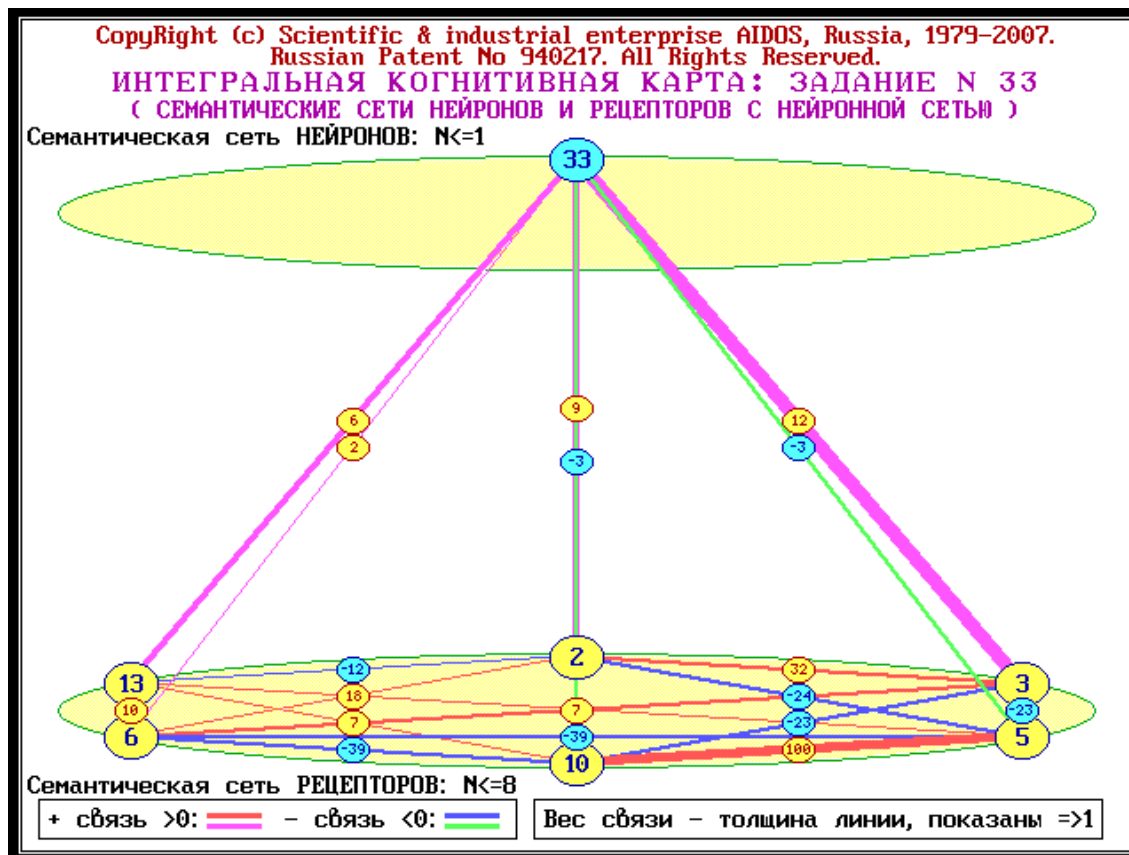


Рисунок 1 – Классическая когнитивная карта, отражающая систему детерминации класса: "Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}" с учетом сходства и различия силы и направления влияния значений факторов на это состояние

Данная когнитивная карта (см. рисунок 12) отображает в наглядной графической форме систему детерминации состояния с объекта управления, т.е. класса с кодом 33: "Озимая пшеница+Победа-50+{69,8-87,3}" (очень высокая урожайность). В нижней части карты указаны коды значений технологических факторов, расшифровка смысла которых дана в таблице 3 работы [25]. Красные и синие линии, соединяющие значения факторов, отражают, соответственно, их сходство и различие по влиянию на поведение объекта управления, т.е. его переход во все состояния, соответ-

ствующие всем классам (таблица 2 [25]) а толщина этих линий отражает величину этого сходства или различия. Вертикальные линии отражают силу и направление влияния значений факторов на переход объекта управления в состояние с кодом 33: сиреневые линии обозначают способствующие этому факторы, а зелеными – препятствующие, толщина линий обозначает силу влияния.

Приведем пример *интегральной когнитивной карты*, представляющей собой небольшой *фрагмент системно-когнитивной модели предметной области* (рисунок 13). Несмотря на то, что эта модель сформирована в системе "Эйдос", отобразить ее целиком не представляется возможным по чисто техническим причинам из-за ее большой размерности.

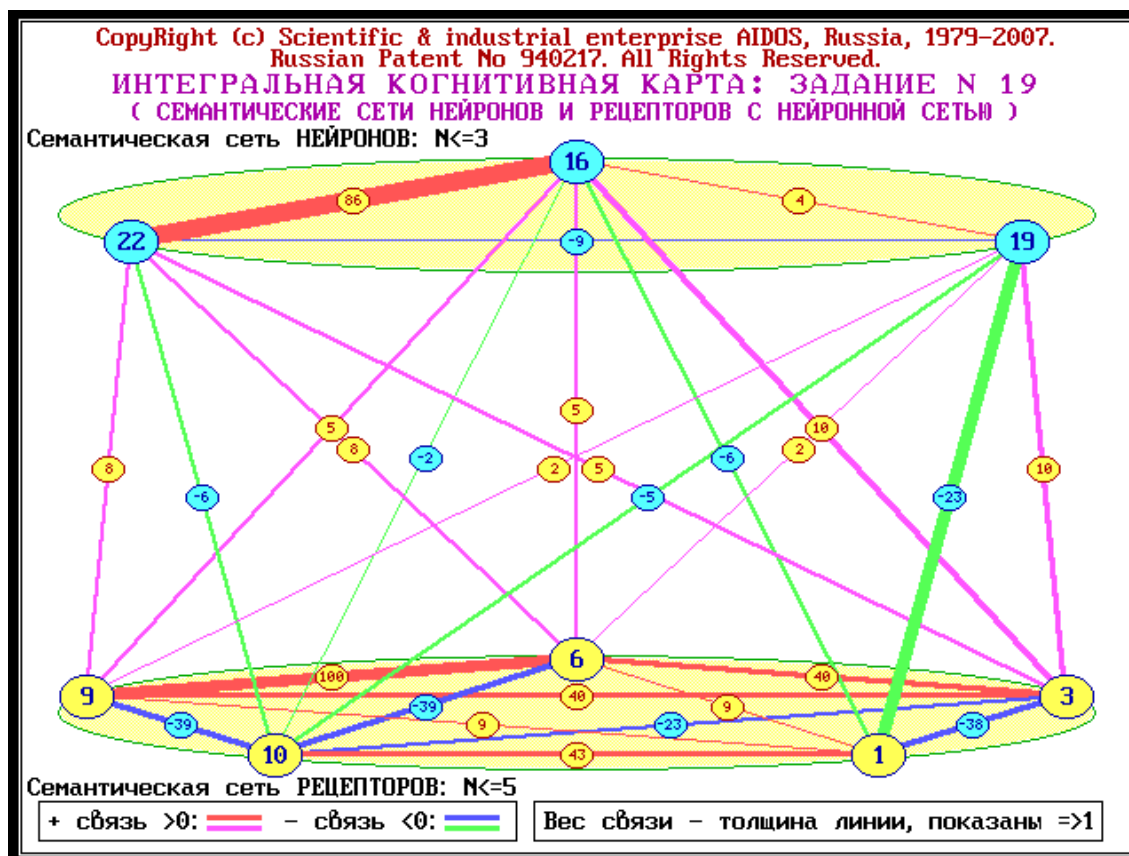


Рисунок 2 – Пример интегральной когнитивной карты

Интегральная когнитивная карта представляет собой систему из семантических сетей классов и значений факторов, при этом каждый класс соединен как нелокальный нейрон линиями детерминации с системой детерминирующих его значений факторов.

Интегральная когнитивная карта представляет собой суперпозицию нескольких простых когнитивных карт, каждая из которых устроена так, как описано в пояснении к рисунку 12.

В верхней части карты указаны коды классов, соответствующих будущим состояниям объекта управления, расшифровка смысла которых дана в таблице 2 работы [25]. Красные и синие линии, соединяющие классы, отражают, соответственно, их сходство и различие по системе их детерминации, т.е. значениям факторов, обуславливающих переход объекта управления во все состояния, соответствующие всем классам (таблица 2 [25]), а толщина этих линий отражает величину этого сходства или различия.

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

Ученые-агрономы, увидев, какие знания мы выявили с применением СК-анализа из эмпирических данных, могу возразить: "Но ведь это же все давно известно!"

Что на это можно ответить?

1-е: едва ли эти закономерности были известны в количественной форме да еще с такой точностью.

2-е: в научной литературе и учебных пособиях эти знания содержатся в *текстовой* форме, не позволяющей *непосредственно* использовать их для решения задач прогнозирования и поддержки принятия решений.

3-е: форма, в которой в системе "Эйдос" содержатся эти знания, *непосредственно* позволяет решать задачи прогнозирования и поддержки

принятия решений, в т.ч. в перспективе и в режиме on-line доступа к серверу через Internet (для этого необходима программная разработка).

4-е: это хорошо, что знания, выявленные нами с применением технологии СК-анализа *непосредственно* из эмпирических данных, совпали с точкой зрения специалистов и экспертов в данной предметной области. Это подтверждает работоспособность метода СК-анализа и позволяет предположить и надеяться, что те знания, которые с помощью этого метода можно выявить в других предметных областях, в которых еще нет экспертов, также будут адекватны в смысле соответствия действительности, а это означает, что у нас в распоряжении новый инструмент научного познания с уникальными возможностями.

5-е: наличие технологии СК-анализа позволяет в принципе уточнять эти знания, как в явной, так и в неявной форме, внося в них учет локальных (местных) особенностей как регионов, так и районов и даже отдельных хозяйств, а также учитывать изменения, происходящие с течением времени (динамику). Ожидается, что эти уточненные, "локализованные", "адаптированные" знания будут более адекватны, а значит – и более эффективны на практике, чем знания, не учитывающие местную специфику, взятые из общероссийских или иностранных научных работ и учебников.

6-е: интеллектуальные системы, подобные системе "Эйдос", способны накапливать огромные базы *эмпирических данных*, эквивалентные опыту многих тысяч специалистов, посвятивших возделыванию данной культуры всю свою жизнь, и не просто накапливать, но и *выявлять знания непосредственно из этих эмпирических данных, обрабатывать эти знания и использовать их для прогнозирования, поддержки принятия решений и исследования предметной области.* Авторы выражают уверенность, что применение подобных систем и баз знаний на практике может предостеречь молодых специалистов, а в некоторых случаях даже и более опытных

от просчетов и ошибок в планировании технологических процессов, повысить качество их работы.

7-е: основной научный вывод, который можно сделать из проделанной работы, состоит в том, что существуют, более того, находятся в нашем распоряжении работоспособные интеллектуальные технологии, обеспечивающие выявление знаний непосредственно из эмпирических данных, и эти технологии позволяют использовать эти знания для решения задач прогнозирования результатов применения тех или иных агротехнологий в растениеводстве, а также для поддержки принятия решений по выбору рациональных агротехнологий, с наивысшей вероятностью обуславливающих заранее заданный хозяйственный и экономический результат.

8-е: на основе вышеизложенного можно обоснованно дать практическую рекомендацию применять подобные интеллектуальные технологии на уровне КубГАУ и департамента сельского хозяйства, для чего необходимо создать соответствующую инфраструктуру (подразделение, типа аналитического и консалтингового центра).

9-е: материал данной статьи может стать основой полноценной лекции и лабораторной работы по дисциплине "Интеллектуальные информационные системы" для факультета прикладной информатики, а также спецкурса по применению современных информационных технологий для студентов и специалистов агрономических специальностей и курсов повышения квалификации.

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

Рассмотренный в данной статье вариант решения проблемы ограничен как по самому набору агротехнологических факторов, так и их по вариабельности и объему исследуемой выборки.

Набор агротехнологических факторов ограничен в связи со сложностью и ограничениями доступа к первичной фактографической информации, содержащейся в журналах агрономов. Этой же причиной обусловлен и довольно ограниченный объем исследуемой выборки: всего 3–9 случаев выращивания. Вариабельность исследуемых факторов ограничена в связи с тем, что информация, которую удалось получить и обработать и описать, в данной статье соответствует применению стандартных технологических карт, которым обязаны следовать агрономы в соответствии с условиями договоров на научное обслуживание хозяйств.

Конечно, такая исходная база данных далека от желаемой. Ограниченностью исходной информации обусловлена относительная скромность результатов, которые удалось продемонстрировать. По этой причине авторы предлагают рассматривать данную статью лишь в качестве примера, демонстрирующего *принципиальные* возможности предлагаемой технологии и показывающего, какие задачи и как можно было бы решать, если бы исследователям и разработчикам был обеспечен доступ к реальной исходной информации по истории выращивания тех или иных культур в хозяйствах за длительный период времени.

Заключение

В заключение хотелось бы выразить благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору Малюге Николаю Григорьевичу за предоставленную исходную информацию, также выразить надежду, что данная работа будет продолжена.

Список литературы

1. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2002. – 605 с.
2. Луценко Е.В. Интеллектуальные информационные системы: Учебное пособие для студентов специальности: 351400 "Прикладная информатика (по отраслям)". – Краснодар: КубГАУ, 2004. – 633 с.
3. Луценко Е.В., Лойко В.И. Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом: Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 480 с.
4. Луценко Е.В. Теоретические основы и технология адаптивного семантического анализа в поддержке принятия решений (на примере универсальной автоматизированной системы распознавания образов "ЭЙДОС-5.1"): Монография (научное издание). – Краснодар: КЮИ МВД РФ, 1996. – 280 с.
5. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов: Монография (научное издание). – Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. – 318 с.
6. Симанков В.С., Луценко Е.В., Лаптев В.Н. Системный анализ в адаптивном управлении: Монография (научное издание) /Под науч. ред. В.С. Симанкова. – Краснодар: ИСТЭК КубГТУ, 2001. – 258 с.
7. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Луценко Н.Е., Лопатина Л.М. Применение автоматизированного системного анализа для прогноза продуктивности плодовых культур на Юге страны // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: СКЗНИИСВ, 2002. – С. 8–11.
8. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М., Луценко Н.Е. Применение системного анализа для прогнозирования успешности выращивания сельскохозяйственных культур (на примере плодовых) // Формы и методы повышения эффективности координации исследований для ускорения процесса передачи реальному сектору экономики завершенных разработок: Сборник. – Краснодар: СКЗНИИСВ, 2002. – С. 62–67.
9. Луценко Е.В., Лопатина Л.М. Создание автоматизированной системы мониторинга, анализа, прогноза и управления продуктивностью сельскохозяйственных культур // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2003. – №02(2). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2003/02/07/p07.asp>.
10. Луценко Е.В., Егоров Е.А., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. и др. Интенсивные технологии возделывания плодовых культур: Монография (научное издание) / СКЗНИИСВ. – Краснодар, – 2004. – 394 с.
11. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Концептуальная постановка задачи: "Прогнозирование количественных и качественных результатов выращивания заданной культуры в заданной точке" // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №05(7). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/05/08/p08.asp>.

12. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Автоматизация системного анализа продуктивности плодовых культур Юга России // Научные труды Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – №4. – С. 11–14.
13. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. Автоматизированная система мониторинга, анализа и прогнозирования развития сельхозкультур "ПРОГНОЗ-АГРО". Пат. № 2003610433 РФ. Заяв. № 2002611927 РФ. Опубл. от 18.02.2003.
14. Луценко Е.В., Драгавцева И.А., Лопатина Л.М. База данных автоматизированной системы мониторинга, анализа и прогнозирования развития сельхозкультур "ПРОГНОЗ-АГРО". Пат. № 2003620035 РФ. Заяв. № 2002620178 РФ. Опубл. от 20.02.03.
15. Луценко Е.В., Драгавцева И. А., Лопатина Л.М., Немоляев А.Н. Подсистема агрометеорологической типизации лет по успешности выращивания плодовых и оценки соответствия условий микрорзон выращивания ("АГРО-МЕТЕО-ТИПИЗАЦИЯ"). Пат. № 2006613271 РФ. Заяв. № 2006612452 РФ. Опубл. от 15.09.2006.
16. Луценко Е.В., Калустов А.А. Применение автоматизированного системно-когнитивного анализа для совершенствования методов компьютерной селекции подсолнечника // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №02(10). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2005/02/10/p10.asp>.
17. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Совершенствование методов компьютерной селекции подсолнечника путем применения АСК-анализа // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3–11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 397–411.
18. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Прогнозирование селекционных свойств растений подсолнечника на основе их фенотипических признаков путем применения АСК-анализа // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3-11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 463–464.
19. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Кластерно-конструктивный и системно-когнитивный анализ результатов выращивания подсолнечника и факторов // Материалы XIV Международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3-11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 476–478.
20. Луценко Е.В., Головин В.П., Калайджян А.А., Калустов А.А. Поддержка принятия решений по отбору растений для селекции на основе анализа их фенотипических признаков методом АСК-анализа // Материалы XIV международного симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье" – 2-й съезд селекционеров. 3-11 сентября 2005 г., г. Алушта. – Симферополь, 2005. – С. 492–496.

21. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1997. – 389 с.
22. Денисов А.А.. Информационное поле. – СПб.: Изд-во "Омега", 1998. – 3,9 п.л.
23. Луценко Е.В. Типовая методика и инструментарий когнитивной структуризации и формализации задач в СК-анализе / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №01(3). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/01/pdf/16.pdf> .
24. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ как развитие концепции смысла Шенка – Абельсона / Е.В. Луценко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – №03(5). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/03/pdf/04.pdf> .
25. Луценко Е.В., Лойко В.И., Великанова Л.О. Постановка задачи, синтез и оценка адекватности семантической информационной модели прогнозирования урожайности зерновых колосовых и поддержки принятия решений по рациональному выбору агротехнологий // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – №04(38). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2008/04/pdf/06.pdf>.

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