

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ГРУНТОВЫХ ВОД НА РИСОВЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Сафронова Т.И. – к. т. н., доцент
Луценко Е.В. – д. э. н., к. т. н., профессор
Кубанский государственный аграрный университет

В статье описывается порядок исследования семантической информационной модели, предлагается решение задач идентификации и прогнозирования, проводится исследование системы детерминации состояний и функций влияния факторов, системно-когнитивный анализ модели.

1. Порядок исследования семантической информационной модели

Анализ семантической информационной модели включает [1]:

1. Решение задач идентификации и прогнозирования.
2. Исследование системы детерминации состояний и функций влияния факторов:
 - детерминация минерализации и уровня грунтовых вод (УГВ) различными подсистемами факторов;
 - информационные портреты факторов;
 - функции влияния.
3. Системно-когнитивный анализ модели:
 - кластерно-конструктивный анализ классов и факторов и семантические сети классов и факторов;
 - когнитивные диаграммы классов и факторов;
 - нелокальные нейроны и интерпретируемые нейронные сети. Нейросетевая модель управления минерализацией и УГВ;
 - классические когнитивные карты;
 - обобщенные когнитивные карты.

2. Решение задач идентификации и прогнозирования

Математически эти задачи не отличаются, и разница между ними лишь в том, что при идентификации признаки и состояния объекта относятся к одному моменту времени, при прогнозировании признаки (факторы) относятся к прошлому, а состояния объекта – к будущему.

Идентификация и прогнозирование осуществляются в 4-й подсистеме "Эйдос". При этом описания объектов должны быть в распознаваемой выборке.

Если мы исследуем объекты обучающей выборки, то их описания могут быть скопированы в распознаваемую непосредственно из режима вво-

да обучающей информации по нажатию клавиши F5 в 1-м режиме 2-й подсистемы. Если же исследуются новые объекты, по которым еще нет верифицированной информации, то их описания могут быть непосредственно введены в распознаваемую выборку.

На рисунке 1 приведены результаты идентификации ситуации, складывающейся в 1983 году, а на рисунке 2 – годы, в которые сложилась ситуация, детерминирующая заданный класс.

РЕЗУЛЬТАТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ИСТОЧНИКА С КЛАССАМИ РАСПОЗНАВАНИЯ
18-09-04

11:21:16

Номер анкеты: 4 Наим. физ. источника: 1986		Качество результата распознавания: 0.000%	
Код	Наименование класса распознавания	%	Гистограмма сходств/различий
17	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м) - {1280.71, 1908.57}	88	
37	Пп. орош. зем. (га) с минерализацией гр. вод 1.0 : - {571.00, 995.00}	64	
48	Пп. орош. зем. (га) с минерализацией гр. вод > 3. - {4586.43, 5079.71}	64	
35	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м) - {600.29, 662.00}	60	
56	Урожайность риса по АО "Черноерковское" (ц/га) - {49.83, 52.70}	44	
25	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м) - {2111.00, 2798.00}	43	
10	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м) - {502.43, 691.14}	39	
16	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м) - {652.86, 1280.71}	14	
54	Урожайность риса по АО "Черноерковское" (ц/га) - {44.09, 46.96}	14	
9	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м) - {313.71, 502.43}	13	
30	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м) - {291.71, 353.43}	13	
20	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м) - {3164.29, 3792.14}	-12	
1	Пп. орош. зем. (га) с УГВ < 1.0 (м) - {75.00, 87.43}	-19	
51	Урожайность риса по АО "Черноерковское" (ц/га) - {35.47, 38.34}	-20	
39	Пп. орош. зем. (га) с минерализацией гр. вод 1.0 - {1419.00, 1843.00}	-23	
45	Пп. орош. зем. (га) с минерализацией гр. вод > 3. - {3106.57, 3599.86}	-24	
12	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м) - {879.86, 1068.57}	-24	
21	Пп. орош. зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м) - {3792.14, 4420.00}	-29	

Универсальная когнитивная аналитическая система

НПП *ЭЙДОС*

Рисунок 1 – Идентификация (прогноз) ситуации с уровнем минерализации, УГВ и урожайностью риса на 1983 год

РЕЗУЛЬТАТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ С КЛАССОМ РАСПОЗНАВАНИЯ
18-09-04

11:23:06

Класс: 1 Пп. орош. зем. (га) с УГВ < 1.0 (м) - {75.00, 87.43}			
Код	Информационный источник	%	Гистограмма сходств/различий
12	1994	44	
13	1995	25	
16	1998	22	
15	1997	14	
11	1993	13	
2	1984	1	
14	1996	0	
19	2001	-4	
18	2000	-5	
17	1999	-6	
21	2003	-9	
10	1992	-10	
20	2002	-12	
8	1990	-16	
1	1983	-17	
7	1989	-19	
3	1985	-19	
4	1986	-19	
9	1991	-20	
5	1987	-22	
6	1988	-22	

Универсальная когнитивная аналитическая система

НПП *ЭЙДОС*

Рисунок 2 – Годы, в которые складывались условия, детерминирующие ситуацию, соответствующую классу с кодом 1

Видно, что этот режим позволяет количественно сравнивать годы друг с другом и с классами, характеризующими различные уровни минерализации, УГВ и урожая риса.

3. Исследование системы детерминации состояний и функций влияния факторов

3.1. Определения основных понятий

В 1-м режиме 5-й подсистемы "Эйдос" обеспечивается генерация информационных портретов классов, а во 2-м – факторов. При этом результаты могут выдаваться в виде текстовых выходных форм, а также в графической форме круговых диаграмм и функций влияния.

***Информационный портрет класса** – это список факторов, ранжированных в порядке убывания силы их влияния на переход объекта управления в состояние, соответствующее данному классу.*

Информационный портрет класса отражает систему его детерминации. Генерация информационного портрета класса представляет собой решение обратной задачи прогнозирования, т.к. при прогнозировании по системе факторов определяется спектр наиболее вероятных будущих состояний объекта управления, в которые он может перейти под влиянием данной системы факторов, а в информационном портрете наоборот, по заданному будущему состоянию объекта управления определяется система факторов, детерминирующих это состояние, т.е. вызывающих переход объекта управления в это состояние. В начале информационного портрета класса идут факторы, оказывающие положительное влияние на переход объекта управления в заданное состояние, затем факторы, не оказывающие на это существенного влияния, и далее – факторы, препятствующие переходу объекта управления в это состояние (в порядке возрастания силы препятствования). Информационные портреты классов могут быть ***отфильтрованы*** по диапазону факторов, т.е. имеется возможность отображения влияния на переход объекта управления в данное состояние не всех отраженных в модели факторов, а только тех, коды которых попадают в определенный диапазон, например, относящиеся к определенным описательным шкалам.

***Информационный (семантический) портрет фактора** – это список классов, ранжированный в порядке убывания силы влияния данного фактора на переход объекта управления в состояния, соответствующие данным классам.*

Информационный портрет фактора называется также его ***семантическим портретом***, т.к. в соответствии с концепцией смысла системно-когнитивного анализа, являющейся обобщением концепции смысла Шенка-Абельсона, ***смысл фактора состоит в том, какие будущие состоя-***

ния объекта управления он детерминирует и в какой степени, а каким препятствует [6].

Сначала в этом списке идут состояния объекта управления, на переход в которые данный фактор оказывает наибольшее влияние, затем состояния, на которые данный фактор не оказывает существенного влияния, и далее – состояния, переходу в которые данный фактор препятствует.

Информационные портреты факторов могут быть *отфильтрованы* по диапазону классов, т.е. возможно отобразить влияние данного фактора на переход объекта управления не во все возможные будущие состояния, а только в состояния, коды которых попадают в определенный диапазон, например, относящиеся к определенным классификационным шкалам.

Если взять несколько информационных портретов факторов, соответствующих градациям одной описательной шкалы, отфильтровать их по диапазону градаций некоторой классификационной шкалы и взять из каждого информационного портрета по одному состоянию, на переход в которое объекта управления данная градация фактора оказывает наибольшее влияние, то мы получим зависимость, отражающую вероятность перехода объекта управления в будущие состояния под влиянием различных значений некоторого фактора.

Функция влияния представляет собой график зависимости вероятностей перехода объекта управления в будущие состояния под влиянием различных значений некоторого фактора.

Функции влияния являются наиболее развитым средством изучения причинно-следственных зависимостей в моделируемой предметной области, которое предоставляется системой "Эйдос". Необходимо отметить, что на вид функций влияния математической моделью СК-анализа не накладывается никаких ограничений, в частности, они могут быть и *нелинейные*.

Смысл функций влияния можно прояснить, если представить себе очень упрощенный случай, когда есть всего две описательных шкалы, формализующие факторы, и одна классификационная, формализующая состояния объекта управления. В этом случае функции влияния являются *пересечениями* поверхности двухмерного графика, отражающего зависимость состояний объекта от факторов, с плоскостью, параллельной классификационной шкале и одной из описательных шкал. Этот же смысл сохраняется у функций влияния и тогда, когда классификационных и описательных шкал много, но наглядно представить себе это более сложно.

3.2. Детерминация минерализации и УГВ различными подсистемами факторов

Рассмотрим классификацию информационных портретов, которые позволяет генерировать многоуровневая семантическая информационная модель. В работе [3] сконструированы классификационные и описательные шкалы и градации.

Система "Эйдос" позволяет сгенерировать и отобразить в текстовой и графической формах информационный портрет любого класса с фильтрацией по любому диапазону признаков, соответствующих определенной описательной шкале или группе шкал. Для управления генерацией информационных портретов в системе "Эйдос" имеется режим, обеспечивающий удобное полуавтоматическое задание параметров портретов, т.е. диапазонов классов и факторов. В соответствии с задачей, поставленной в данной работе, сконструируем задание на генерацию информационных портретов, отражающее влияние на уровни минерализации, УГВ и урожаи риса следующих укрупненных групп факторов (табл. 1):

1. Метеофакторы:

– описательные шкалы с кодами 1–10, коды градаций 1–70.

2. Технологические факторы:

– описательные шкалы с кодами 13–22, коды градаций 85–154;
 – 29–76, 197–532;
 – 77–88, 533–616.

Таблица 1 – Задание на генерацию информационных портретов классов

№	Классы		Факторы	
	Начальный код	Конечный код	Начальный код	Конечный код
1	1	56	1	70
2	1	56	85	154
3	1	56	197	532
4	1	56	533	616
5	50	56	1	616

В результате выполнения первых четырех заданий сгенерировано 224 информационных портрета, отражающих влияние перечисленных групп факторов на переход объекта управления в будущие состояния, представленные 56 классами. *В совокупности эти портреты детально отражают систему детерминации всех представленных в модели состояний поливной системы и могут быть использованы для поддержки принятия решений по выбору управляющих факторов.* Однако в связи с ограниченностью объема данной работы привести их нет возможности. Отметим лишь, что из этих информационных портретов следует, что высокий урожай риса во многом обусловлен большими среднемесячными расходами воды в канале СМС-1 с апреля по ноябрь и средними объемами подачи вторных вод.

В этих информационных портретах представлены лишь факторы, оказывающие существенное влияние на урожаи риса. Подробный анализ информационных портретов классов выходит за рамки данной работы, в которой мы стремились продемонстрировать лишь принципиальную возможность применения методологии и технологии системно-когнитивного

анализа для управления оросительной системой с целью получения максимальных урожаев риса наивысшего качества.

3.3. Информационные портреты факторов

Информационные портреты факторов в СК-анализе называются также *семантическими* портретами факторов, т.к. они раскрывают *смысл фактора*, который в соответствии с концепцией смысла Шенка-Абельсона, развитой в СК-анализе [4] состоит в том, какие состояния объекта управления данный фактор обуславливает, т.е. детерминирует.

Рассмотрим интерпретацию первых десяти информационных портретов факторов, оказывающих наиболее сильное влияние на состояние оросительной системы и урожайность риса. Эти факторы расположены в самом начале таблицы 2.

Таблица 2 – Градации факторов, оказывающие наибольшее влияние на поведение оросительной системы (фрагмент)

№	Код		Наименование описательной шкалы и градации	Среднее кол-во информации	
	Шк	град		в град.	Нараст. итог %
1	22	154	Сброс с рисовых площадей за пределы системы (тыс.куб.м) : факт. -{57.44, 60.90}	0.521	0.363
2	33	229	Среднемесячные расходы воды канала СМС : I (м.куб/с) : V. -{9.74, 11.60}.	0.521	0.726
3	78	544	Площади к : за "Родина" с недопустимым засолением (га). -{825.57, 1018.71}.	0.521	1.089
4	81	567	Площади ПАОС с недопустимым засолением (га) -{2546.29, 2802.00}	0.521	1.452
5	82	571	Площади ПАОС с недопустимыми УГВ и засолением (га). -{162.29, 208.71}	0.521	1.815
6	16	110	Подача воды на орошение (млн.м.куб) : факт. -{71.18, 74.69}	0.479	2.149
7	4	23	Ср.мес. t возд. (°C) за вегетацию по Славянской метеостанции : V -{20.36, 21.01}	0.478	2.482
8	80	559	Площади ПАОС с недопустимым УГВ (га). -{2909.86, 3231.43}	0.477	2.814
9	57	397	Среднемесячные расходы воды канала СМС : II (м.куб/с) : V -{6.74, 8.25}	0.472	3.143
10	86	597	Внутрихозяйственная сеть оросительных каналов (км). -{1379.16, 1389.81}	0.461	3.465

В 1-м режиме 5-й подсистемы "Эйдос" можно сгенерировать информационные портреты любых факторов (табл. 3).

**Таблица 3 – Информационный портрет фактора:
Сброс с рисовых площадей за пределы системы (тыс.куб.м):
факт-{57.44, 60.90} (шкала 22, градация 154)**

Фильтр: All, Positive

N п/п	Код кл.	Наименования классов распознавания	Инфор-	Инфор-	Суммар
			мат-ть Бит.	мат-ть %	инф-ть %%
1	9	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{313.71, 502.43}.....	2.014	34.69	34.7
2	30	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{291.71, 353.43}.....	2.014	34.69	69.4
3	15	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{25.00, 652.86}.....	1.411	24.30	93.7
4	28	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{4172.00, 4859.00}.....	1.411	24.30	118.0
5	37	Пл.орош.зем. (га) с минерализацией гр.вод 1.0 :-{571.00, 995.00}	1.411	24.30	142.3
6	48	Пл.орош.зем. (га) с минерализацией гр.вод > 3.-{4586.43, 5079.71}	1.411	24.30	166.6
7	52	Урожайность риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{38.34, 41.21}....	0.918	15.80	182.4

Универсальная когнитивная аналитическая система

НПП *ЭЙДОС*

Способ интерпретации информационного портрета состоит в том, что, используя справочники классификационных и описательных шкал

(табл. 3), мы преобразуем наименования приведенных в портрете градаций из *количественной* формы в *качественную* (максимальный, очень большой, большой, средний, малый, очень малый, минимальный), означающую для специалиста наличие определенной тенденции, обусловленной реальными закономерностями в предметной области.

Смысл портрета в таблице 3 состоит в том, что фактический **максимальный** сброс с рисовых площадей за пределы системы приводит к *уменьшению* площадей с *поверхностным* и *глубоким* УГВ и обуславливает *максимальное увеличение* площадей орошаемых земель с УГВ средней глубины (2–3 метра). При этом наблюдается *уменьшение* площадей с *низкой минерализацией* и *увеличение* – с *высокой*, а также *средние* урожаи риса.

Анализ других информационных портретов, которые здесь нет возможности привести из-за ограничений на объем статьи, показывает, что к *тем же самым* результатам приводят и большие среднемесячные расходы воды в канале СМС-I, и большие площади к-за "Родина" с недопустимым засолением (га), и максимальные площади ПАОС с недопустимым засолением (га), и средние площади ПАОС с недопустимым УГВ и засолением (га).

Интерпретация этих и других семантических портретов факторов осуществляется аналогично, однако это не входит в задачи данной работы, целью которой является лишь продемонстрировать принципиальную возможность изучения силы и направления влияния различных факторов на состояние оросительной системы и урожаи риса с применением методологии и технологии СК-анализа и ряда специальных основанных на нем методик. Реальные исследования требуют создания соответствующей организационной и информационной инфраструктуры, занимающейся накоплением данных **мониторинга** по научно обоснованному и стандартизированному перечню показателей, их **анализом** с целью выявления в них причинно-следственных закономерностей, **прогнозированием** развития оросительной системы и урожайности риса, выработкой научно обоснованных рекомендаций по **управлению** этой системой с целью повышения урожайности и качества риса.

3.4. Функции влияния

В функциях влияния мы можем представить в форме графиков зависимость, содержащуюся в информационных портретах факторов. Для удобства исследователя во 2-м режиме 5-й подсистемы "Эйдос" реализован полуавтоматический режим формирования задания на генерацию информационных портретов и функций влияния. Определим максимальное количество функций влияния, которые можно сгенерировать с помощью созданной семантической информационной модели МиУГВ.

Как определено в работе [3], в модели имеется 56 классов, отражающих будущие состояния оросительной системы и урожайность риса, кото-

рые являются градациями 8 классификационных шкал. Кроме того, в модели имеется 88 описательных шкал. Таким образом, максимальное количество функций влияния описательных шкал на классификационные составит: $88 \times 8 = 704$.

Задание на генерацию всех этих функций влияния приведено в таблице 4. Восемь диапазонов классов соответствуют восьми классификационным шкалам, градациями которых они являются.

Задания на генерацию функции влияния десяти шкал, в которых есть *наиболее значимые градации факторов*, представленные в таблице 2, в таблице 5 выделены утолщенной рамкой.

Список описательных шкал в порядке убывания их значимости, под которой понимается средняя значимость их градаций, приведен в таблице 4. В таблице 5 десять наиболее значимых шкал показаны на затемненном фоне.

Таблица 4 – Описательные шкалы (с кодами градаций), ранжированные по убыванию значимости шкал (фрагмент)

№	Код	Наименование описательной шкалы	Значимость		Коды градаций						
			Шкалы	Нараст. итог %	1-я	2-я	3-я	4-я	5-я	6-я	7-я
1	12	ПОСЕВНАЯ ПЛОЩАДЬ РИСА (ГА).	20,49666	2,0	78	79	80	81	82	83	84
2	47	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ УРОВНИ ВОДЫ КАНАЛА СМС : I (М) : VII	20,49666	3,9	323	324	325	326	327	328	329
3	51	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ УРОВНИ ВОДЫ КАНАЛА СМС : I (М) : XI.	20,49666	5,9	351	352	353	354	355	356	357
4	58	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : VI.	20,49666	7,8	400	401	402	403	404	405	406
5	77	ПЛОЩАДИ К : ЗА "РОДИНА" С НЕДОПУСТИМЫМ УГВ (ГА)	20,49666	9,8	533	534	535	536	537	538	539
6	78	ПЛОЩАДИ К : ЗА "РОДИНА" С НЕДОПУСТИМЫМ ЗАСОЛЕНИЕМ (ГА).	20,49666	11,7	540	541	542	543	544	545	546
7	86	ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННАЯ СЕТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ (КМ).	20,43126	13,7	596	597	598	599	600	601	602
8	85	МЕЖХОЗЯЙСТВЕННАЯ СЕТЬ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ (КМ)	20,40710	15,6	589	590	591	592	593	594	595
9	87	ПРОТЯЖЕННОСТЬ КОЛЛЕКТОРНО : ДРЕНАЖНОЙ И СБРОСНОЙ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОЙ	20,28486	17,5	603	604	605	606	607	608	609
10	88	ПРОТЯЖЕННОСТЬ КОЛЛЕКТОРНО : ДРЕНАЖНОЙ И СБРОСНОЙ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕН	19,95717	19,4	610	611	612	613	614	615	616
11	64	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : XII	19,92824	21,3	442	443	444	445	446	447	448
12	63	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : XI.	19,89929	23,2	435	436	437	438	439	440	441
13	62	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : X	19,87034	25,1	428	429	430	431	432	433	434
14	60	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : VIII.	19,81245	27,0	414	415	416	417	418	419	420
15	59	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : VII	19,78350	28,9	407	408	409	410	411	412	413
16	57	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : V	19,75455	30,8	393	394	395	396	397	398	399
17	56	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : IV.	19,72561	32,6	386	387	388	389	390	391	392
18	55	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : III.	19,69666	34,5	379	380	381	382	383	384	385
19	54	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : II.	19,66771	36,4	372	373	374	375	376	377	378
20	53	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.КУБ/С) : I	19,63876	38,3	365	366	367	368	369	370	371
21	8	ВЫПАВШИЕ МЕСЯЧНЫЕ ОСАДКИ (ММ) ЗА ВЕГЕТАЦИЮ ПО СЛАВЯНСКОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ	19,29038	40,1	50	51	52	53	54	55	56
22	48	СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ УРОВНИ ВОДЫ КАНАЛА СМС : I (М) : VIII.	18,50152	41,9	330	331	332	333	334	335	336
23	28	ОРОСИТЕЛЬНАЯ НОРМА РИСА (ТЫС.М.КУБ/ГА) : ФАКТ	18,46771	43,6	190	191	192	193	194	195	196
24	24	ПОЛИВНАЯ НОРМА В ТОЧКЕ ВОДОВЫДЕЛА (М.КУБ/ГА) : ФАКТ	18,40009	45,4	162	163	164	165	166	167	168
25	79	ПЛОЩАДИ К : ЗА "РОДИНА" С НЕДОПУСТИМЫМИ УГВ И ЗАСОЛЕНИЕМ (ГА)	17,95095	47,1	547	548	549	550	551	552	553

Из полной таблицы 4 видно, что:

– 10 шкал с наиболее высокой значимостью дают около 20 % суммарной значимости всех шкал;

– 50 шкал – более 80 % суммарной значимости.

Однако из-за неполноты (фрагментарности) эмпирических данных из этих 704 функций лишь

– в 68 представлены все 7 градаций и в классификационных, и в описательных шкалах;

– в 199 – представлены 6 или 7 градаций;

- в 309 – 5, 6 или 7 градаций;
- в 454 – 4, 5, 6 или 7;
- в 581 – 3, 4, 5, 6 или 7;
- в 675 – 2, 3, 4, 5, 6 или 7;
- в 704 – 1, 2, 3, 4, 5, 6 или 7.

Таким образом, в 29 функциях влияния одна или обе из шкал представлены лишь одной точкой, такие функции будем называть вырожденными, естественно, они не рассматриваются.

Сразу отметим, что все эти функции в данной работе привести нет возможности. Но в этом и нет необходимости, т.к. задачей работы является разработка и демонстрация возможностей предлагаемых методологии, технологии и ряда методик применения СК-анализа для управления оросительной системой с целью повышения урожайности и качества риса.

Анализ полученных функций влияния показал, что отражаемые этими функциями зависимости упрощенно можно разделить на три основные группы:

1. Прямо пропорциональные.
2. Обратно пропорциональные.
3. Смешанные.

Упрощение состоит в том, что функции влияния в СК-анализе в общем случае отражают нелинейные зависимости любой сложности. Однако для изучения этих зависимостей необходимо создание модели, включающей значительно больше градаций классификационных и описательных шкал, а значит и основанной на значительно большем по объему статистическом материале, чем используемые в данной работе.

Задания с наиболее значимыми описательными шкалами (табл. 4), а также шкалами, включающими наиболее значимые градации (табл. 2), сведены в таблице 5.

Таблица 5 – Задание на генерацию функций влияния наиболее значимых описательных шкал и шкал, включающих наиболее значимые градации (фрагмент)

№	Диапазоны				№	Диапазоны				№	Диапазоны				№	Диапазоны			
	Факторов		Классов			Факторов		Классов			Факторов		Классов			Факторов		Классов	
	Код1	Код2	Код1	Код2		Код1	Код2	Код1	Код2		Код1	Код2	Код1	Код2		Код1	Код2	Код1	Код2
4	22	28	1	7	92	22	28	8	14	180	22	28	15	21	268	22	28	22	28
12	78	84	1	7	100	78	84	8	14	188	78	84	15	21	276	78	84	22	28
16	106	112	1	7	104	106	112	8	14	192	106	112	15	21	280	106	112	22	28
22	148	154	1	7	110	148	154	8	14	198	148	154	15	21	286	148	154	22	28
33	225	231	1	7	121	225	231	8	14	209	225	231	15	21	297	225	231	22	28
47	323	329	1	7	135	323	329	8	14	223	323	329	15	21	311	323	329	22	28
51	351	357	1	7	139	351	357	8	14	227	351	357	15	21	315	351	357	22	28
57	393	399	1	7	145	393	399	8	14	233	393	399	15	21	321	393	399	22	28
58	400	406	1	7	146	400	406	8	14	234	400	406	15	21	322	400	406	22	28
77	533	539	1	7	165	533	539	8	14	253	533	539	15	21	341	533	539	22	28
78	540	546	1	7	166	540	546	8	14	254	540	546	15	21	342	540	546	22	28
80	554	560	1	7	168	554	560	8	14	256	554	560	15	21	344	554	560	22	28
81	561	567	1	7	169	561	567	8	14	257	561	567	15	21	345	561	567	22	28
82	568	574	1	7	170	568	574	8	14	258	568	574	15	21	346	568	574	22	28
85	589	595	1	7	173	589	595	8	14	261	589	595	15	21	349	589	595	22	28
86	596	602	1	7	174	596	602	8	14	262	596	602	15	21	350	596	602	22	28
87	603	609	1	7	175	603	609	8	14	263	603	609	15	21	351	603	609	22	28
88	610	616	1	7	176	610	616	8	14	264	610	616	15	21	352	610	616	22	28

Отметим, что в таблице 5 представлены 124 из 675 функций влияния, отражающие зависимости от 10 наиболее значимых описательных шкал, представленных в таблице 4. Отметим, что по предложенной методике могут быть исследованы и остальные функции влияния от менее значимых шкал.

В качестве примера рассмотрим наиболее показательные с точки зрения целей настоящей работы функции влияния.

Перед анализом этих функций необходимо сказать несколько слов о *проблеме содержательной интерпретации* как этих функций, так и других текстовых и графических форм, получаемых на основе математической модели предметной области. Причем эта проблема общая и возникает не только при исследовании семантической информационной модели минерализации и УГВ, созданной в данной работе. Суть проблемы в том, что формальный математический аппарат позволяет на основе эмпирических данных выявить вид причинно-следственных зависимостей в предметной области, но ничего не говорит о причинах существования этих зависимостей и о том, почему они имеют именно такой вид, а не какой-либо иной, т.е. *не объясняет их*. Сделать это – значит представить себе *внутренние* механизмы в предметной области, которые могли бы привести и, по-видимому, приводят именно к таким *внешне* наблюдаемым зависимостям. Но сделать это могут только *эксперты*, содержательно и глубоко разбирающиеся в предметной области, причем мнение различных экспертов по одному и тому же вопросу не всегда совпадает. Это значит, что могут существовать различные объяснения одним и тем же явлениям. Более того, в некоторых случаях эти объяснения не являются альтернативными, т.е. все или несколько из них одновременно могут являться правильными, т.к. один и тот же результат может быть достигнут различными способами.

Следовательно, интерпретация принципиально не является однозначной. Но это несколько не мешает успешно использовать в практике управления знание причинно-следственных зависимостей между входными воздействиями и реакцией на них объекта управления, даже если интерпретация этих зависимостей вообще отсутствует, т.е. объект управления рассматривается как "черный ящик".

Целью данной работы является исследование возможности выявления в количественной форме зависимостей и использования этих знаний для управления, а не разработки новых содержательных моделей предметной области, объясняющей эти зависимости. Поэтому в ряде случаев мы приводим выявленные причинно-следственные зависимости без их содержательной интерпретации.

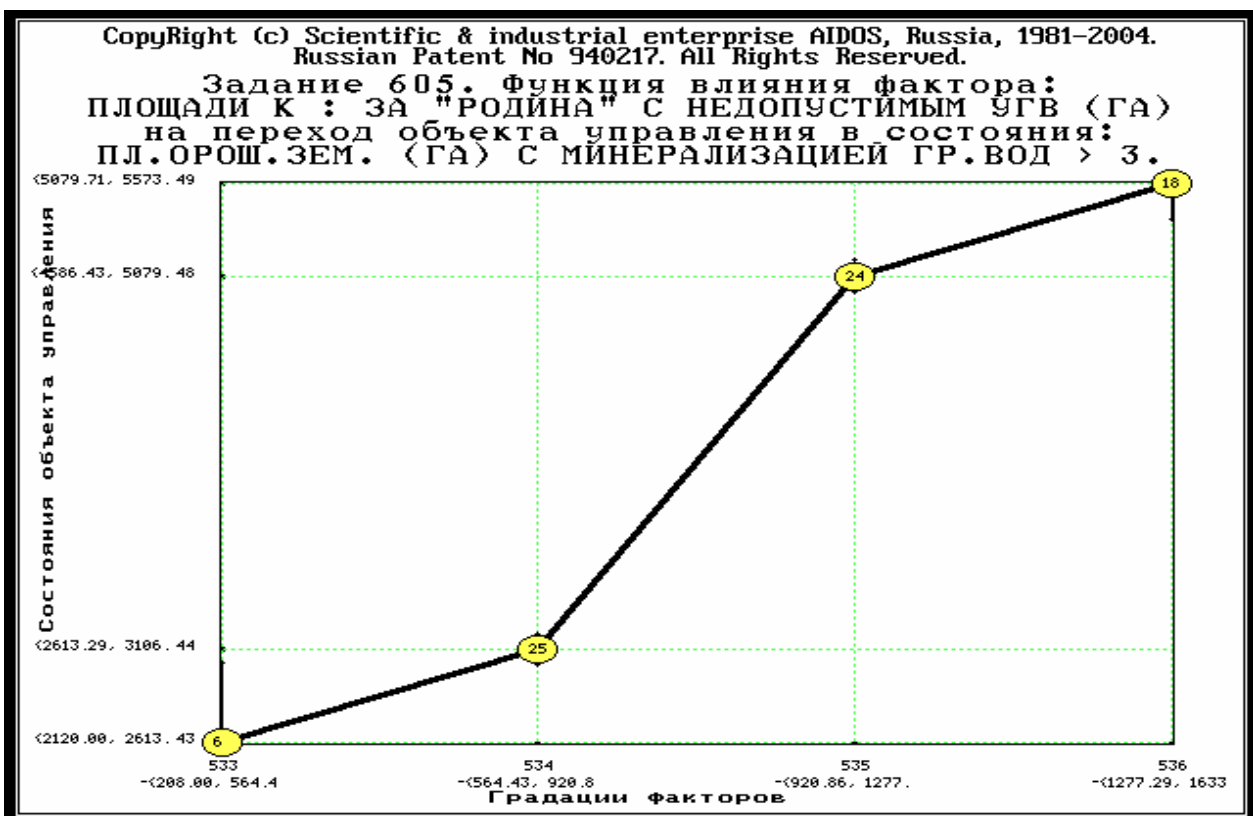


Рисунок 3 – Функция влияния площади к-за "Родина" с недопустимым УГВ на площадь орошаемых земель с минерализацией грунтовых вод > 3

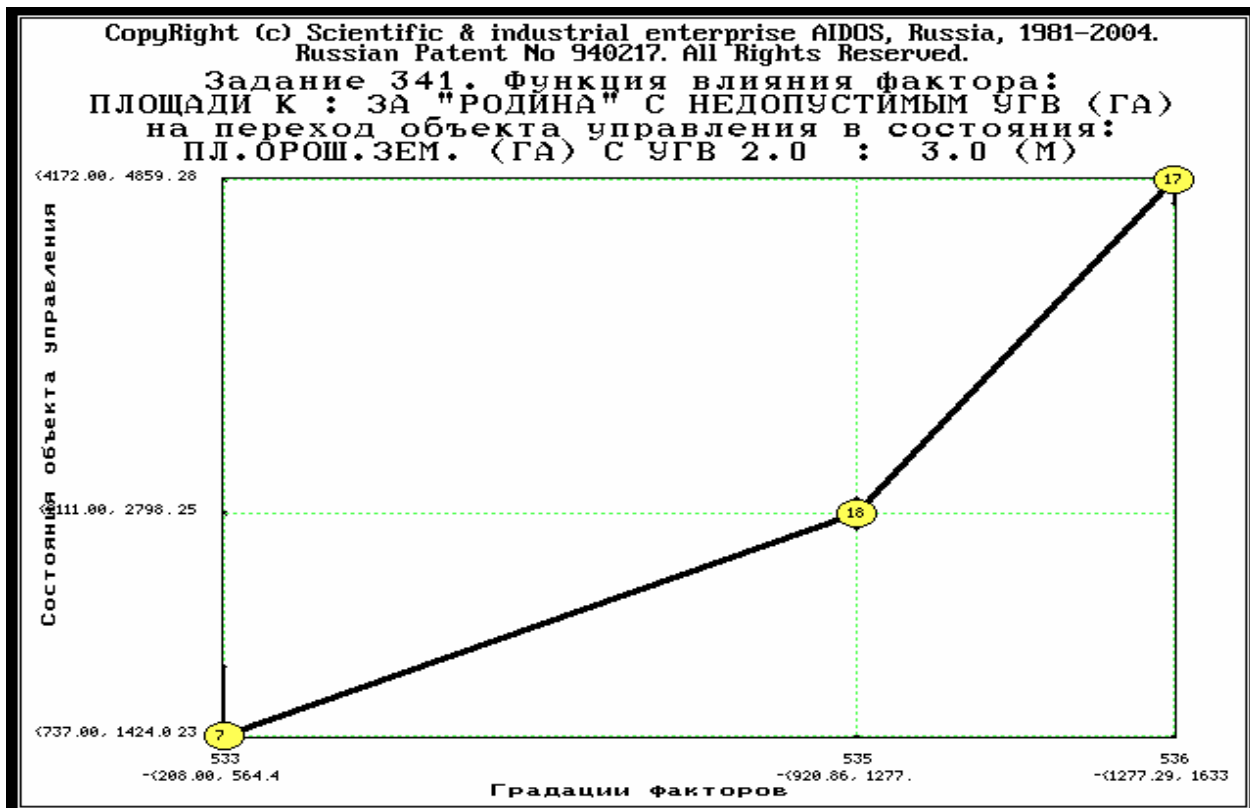


Рисунок 4 – Функция влияния площадей к-за "Родина" с недопустимым УГВ на площадь орошаемых земель с УГВ 2,0–3,0 м

На рисунках 3 и 4 отражено влияние минерализации и УГВ в к-зе "Родина". Из них видно, что увеличение площадей в к-зе "Родина" с недопустимым УГВ приводит, с одной стороны, к увеличению площадей орошаемых земель с минерализацией грунтовых вод больше 3, а с другой – к увеличению площадей орошаемых земель с УГВ 2,0–3,0 м. Анализ других функций влияния показывает, что аналогично на УГВ влияет увеличение площадей с недопустимым засолением в ПАОС, а вот увеличение площадей с недопустимым УГВ в ПАОС, напротив, уменьшает площади с УГВ 2,0–3,0 м. Сопоставление этих результатов позволяет высказать гипотезу о направленности потоков грунтовых вод из к-за "Родина" в Черноерковскую оросительную систему, а из нее в ПАОС.

Смысл других функций влияния состоит в том, что увеличение внутрихозяйственной сети оросительных каналов приводит к пропорциональному увеличению площадей орошаемых земель с УГВ 1,0–1,5 м, по всей видимости, за счет уменьшения площадей с УГВ 2,0–3,0 м.

Протяженность межхозяйственной сети оросительных каналов влияет на площадь орошаемых земель с УГВ 1,0–1,5 м совершенно аналогично внутрихозяйственной сети.

Анализ следующих функций влияния показывает, что увеличение протяженности коллекторно-дренажной и сбросной внутрихозяйственной

сети приводит к увеличению площадей орошаемых земель с УГВ 1,0–2,0 м, по-видимому, за счет уменьшения площадей с УГВ 2,0–3,0 м.

Из сравнения функций влияния протяженности сети оросительных каналов и протяженности коллекторно-дренажной и сбросной внутрихозяйственной сети на площадь орошаемых земель с различными УГВ, можно сделать вывод, что это влияние сходно.

Обобщая выводы, сделанные на основе анализа функций влияния, можно сказать, что они в целом совпадают с экспертными оценками. Однако в отличие от экспертных оценок, они являются более детальными *строгими количественными* выводами, сделанными путем исследования семантической информационной модели, созданной с использованием большого объема эмпирических данных, отражающих *фактическую* динамику предметной области за довольно длительный период времени с 1983 по 2003 годы.

4. Системно-когнитивный анализ модели

4.1. Кластерно-конструктивный анализ классов и факторов и семантические сети классов и факторов

Кластерно-конструктивный анализ проводится в 5-й подсистеме "Эйдос" и позволяет:

- выявить классы, наиболее сходные по системе их детерминации, и объединить их в кластеры;
- выявить кластеры классов, наиболее отличающиеся по системе их детерминации, и построить из них полюса конструкторов классов;
- выявить факторы, наиболее сходные по детерминируемым ими классам, и объединить их в кластеры;
- выявить кластеры факторов, наиболее отличающиеся по детерминируемым ими классам, и построить из них полюса конструкторов факторов.

Соответствующие классам состояния объекта управления, включенные в один *кластер*, могут быть достигнуты одновременно, т.е. являются *совместимыми* по детерминирующим их факторам.

Состояния объекта управления, соответствующие классам, образующим полюса конструктора, не могут быть достигнуты одновременно, т.е. являются противоположными по детерминирующим их факторам.

Факторы, включенные в один кластер, оказывают сходное влияние на поведение объекта управления и при необходимости могут быть использованы для замены друг друга.

Факторы, образующие полюса конструктора, оказывают противоположное влияние на поведение объекта управления.

Результаты кластерно-конструктивного анализа классов и факторов выводятся в системе "Эйдос" в текстовом виде, а также в графической форме семантических сетей. Рассмотрим некоторые примеры таких форм.

В таблице 6 приведена матрица сходства классов, т.е. будущих состояний системы управления.

Таблица 6 – Матрица сходства классов (фрагмент)

Код	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	100	0	0	0	0	0	-14	12	-14	-19	-2	-7	31	59	4	-19	-15	-15	-14	59	11	8	-18	0	-20	0	0	4
2	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	-14	0	0	0	0	0	100	-2	-2	-4	-2	14	0	-4	-5	8	0	3	100	-5	-18	-4	66	0	-3	0	0	-5
8	12	0	0	0	0	0	-2	100	7	0	2	-19	-7	-8	76	4	3	10	-2	-8	-24	-5	-3	0	1	0	0	76
9	-14	0	0	0	0	0	-2	7	100	1	-2	-15	-5	-6	67	5	9	7	-2	-9	-20	0	-4	0	5	0	0	67
10	-19	0	0	0	0	0	-4	0	1	100	0	-20	-12	-7	0	3	51	58	-4	14	-25	-11	33	0	73	0	0	0
11	-2	0	0	0	0	0	-2	2	-2	0	100	-13	9	-3	-1	-8	-3	-4	-2	4	21	-6	6	0	-8	0	0	-1
12	-7	0	0	0	0	0	14	-19	-15	-20	-13	100	-10	-16	-20	-16	-19	-12	14	-16	67	44	1	0	-19	0	0	-20
13	31	0	0	0	0	0	-7	-5	-12	9	-10	100	-7	-8	-8	-5	-10	0	-5	36	1	-3	0	-13	0	0	0	-8
14	59	0	0	0	0	0	-4	-8	-6	-7	-3	-16	-7	100	-9	31	-5	-6	-4	81	-21	-8	-4	0	10	0	0	-9

На рисунке 5 приведены фрагменты матрицы сходства классов в наглядной графической форме семантических сетей. Толщина линии связи соответствует уровню сходства, красный цвет – сходству, а синий – различию (показаны отношения сходства и различия с силой связи > 20 %).

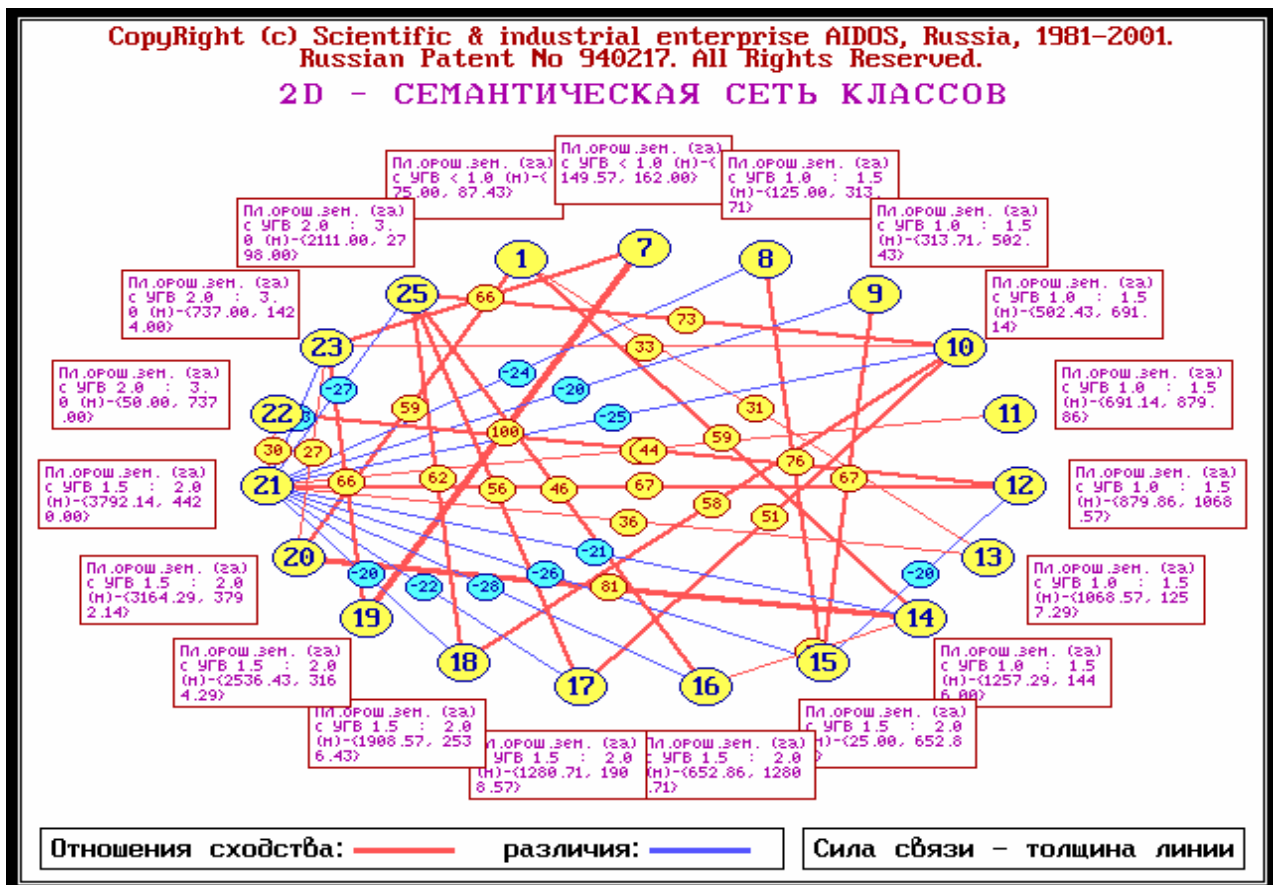


Рисунок 5 – Графическое отображение результатов кластерно-конструктивного анализа классов в форме семантической сети

4.2. Когнитивные диаграммы классов и факторов

Детально увидеть структуру каждой линии связи в семантической сети классов позволяют когнитивные диаграммы классов (рис. 6).

Слева и справа на когнитивной диаграмме классов расположены информационные портреты классов. На каждом портрете факторы ранжированы сверху вниз в порядке убывания силы влияния на переход объекта управления в состояние, соответствующее данному классу. Красным цветом обозначены факторы, оказывающие положительное влияние на этот переход, а синим – отрицательное. Факторы правого и левого портретов соединены линиями красного цвета, если эти факторы вносят вклад в сходство двух классов, синими – факторы, вносящие вклад в различие. Толщина этих линий соответствует величине вклада. В принципе, *эта диаграмма представляет собой просто графическое изображение коэффициента корреляции, при этом каждая линия, вносящая вклад в сходство или различие, соответствует одному слагаемому, ее цвет – знаку, а толщина – модулю этого слагаемого*. Но в когнитивных диаграммах учтены также корреляции между факторами, поэтому слагаемых больше, чем в классическом коэффициенте корреляции [1].

КОГНИТИВНЫЕ ДИАГРАММЫ КЛАССОВ РАСПОЗНАВАНИЯ:

[51]-УРОЖАЙНОСТЬ РИСА ПО АО "ЧЕРНОЕ

[56]-УРОЖАЙНОСТЬ РИСА ПО АО "ЧЕ

Признаки по убыванию характерности

Наименов.признаков:

KOR=-12.39%

Наименов.признаков:

Ср.мес. Т воза. (С) за вегетацию по Славянской метеостанции :
~(-17.77, 18.49)

Сум.забор воды из ист.орош. на с/х угодия АО "Черноерковское" (н)
~(-75.53, 79.82)

Позача.повторных воз (млн.п.куб) : факт
~(-29.65, 36.56)

Выпавшие месячные осадки (мм) з вегетацию по Славянской метео
~(-76.73, 88.18)

Выпавшие месячные осадки (мм) з вегетацию по Славянской метео
~(-89.46, 105.53)

Коп=5
Кпп=34
I=0.60Bit
I=10.31%

Коп=14
Кпп=93
I=0.60Bit
I=10.31%

Коп=20
Кпп=138
I=0.56Bit
I=9.63%

Коп=6
Кпп=42
I=0.52Bit
I=8.99%

Коп=7
Кпп=48
I=0.52Bit
I=8.99%

Коп=1
Кпп=1
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=2
Кпп=12
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=5
Кпп=33
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=19
Кпп=133
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=21
Кпп=143
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=29
Кпп=202
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=41
Кпп=283
I=1.05Bit
I=18.04%

Коп=88
Кпп=613
I=1.05Bit
I=18.04%

Ср.мес. Т воза. (С) за вегетацию по Славянской метеостанции :
~(-11.00, 12.89)

Ср.мес. Т воза. (С) за вегетацию по Славянской метеостанции :
~(-20.99, 21.56)

Ср.мес. Т воза. (С) за вегетацию по Славянской метеостанции :
~(-17.06, 17.77)

Позача.повторных воз (млн.п.куб) : план
~(-27.30, 31.52)

Сброс с рисовых площадей за пределы системы (тыс.куб.м) : план
~(-42.91, 45.47)

Среднемесячные расходы воды канала СМС : I (п.куб/с) : I
~(-3.45, 4.12)

Среднемесячные уровни воды канала СМС : I (м) : I
~(-0.00, 0.09)

Протяженность коллекторно : дренажной и сбросной внутрихозяйстве
~(-2391.29, 2446.83)

Признаки: 1-616

Признаки: 1-616

Отношения сходства: — различия: —

Сила связи – толщина линии

Рисунок 6 – Пример когнитивной диаграммы классов

В таблице 7 приведен фрагмент матрицы сходства факторов. В полном виде эту матрицу привести в данной работе не представляется возможным, т.к. ее размерность составляет 616 × 616.

Таблица 7 – Матрица сходства факторов (фрагмент)

Код	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	100	0	0	-17	-15	6	6	4	6	-12	61	-2	0	-14	10	-12	24	-14	-11	-11	1	-3	7	-11	-15	-14
2	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-17	0	0	100	-26	-15	-8	-2	14	-12	39	-5	-19	4	-8	-5	-37	6	17	8	79	24	-17	8	14	26
5	-15	0	0	-26	100	-17	-16	-12	-25	61	-10	45	-9	15	-12	26	39	25	-29	-9	-9	19	16	-9	11	-25
6	6	0	0	-15	-17	100	-13	-11	63	-4	2	-17	53	-1	-8	36	54	3	-25	-5	-21	16	58	-5	11	-25
7	6	0	0	-8	-16	-13	100	89	-7	-4	-6	-10	-4	-8	98	-14	-17	-9	7	-3	-5	-6	-13	-3	-6	1
8	4	0	0	-2	-12	-11	89	100	-14	-2	-6	-14	-7	7	91	-12	-3	-11	-11	-10	-2	-4	-16	-10	8	10
9	6	0	0	14	-25	63	-7	-14	100	-17	-6	-13	5	-14	-8	0	20	-4	14	2	2	-15	66	2	-1	5
10	-12	0	0	-12	61	-4	-4	-2	-17	100	-6	-17	-4	-3	-1	-7	37	62	-19	-17	-10	32	29	-17	6	-19
11	61	0	0	39	-10	2	-6	-6	-6	-6	100	0	-6	-10	-1	-9	12	-5	-24	-5	57	34	-4	-5	-5	-24
12	-2	0	0	-5	45	-17	-10	-14	-13	-17	0	100	-13	5	-11	56	-18	-12	3	1	8	-8	-15	1	0	-2
13	0	0	0	-19	-9	53	-4	-7	5	-4	-6	-13	100	-7	-4	43	31	-15	-3	19	-15	52	5	19	-13	-8

Любой фрагмент данной матрицы может быть отображен в наглядной графической форме семантической сети факторов (рис. 7).

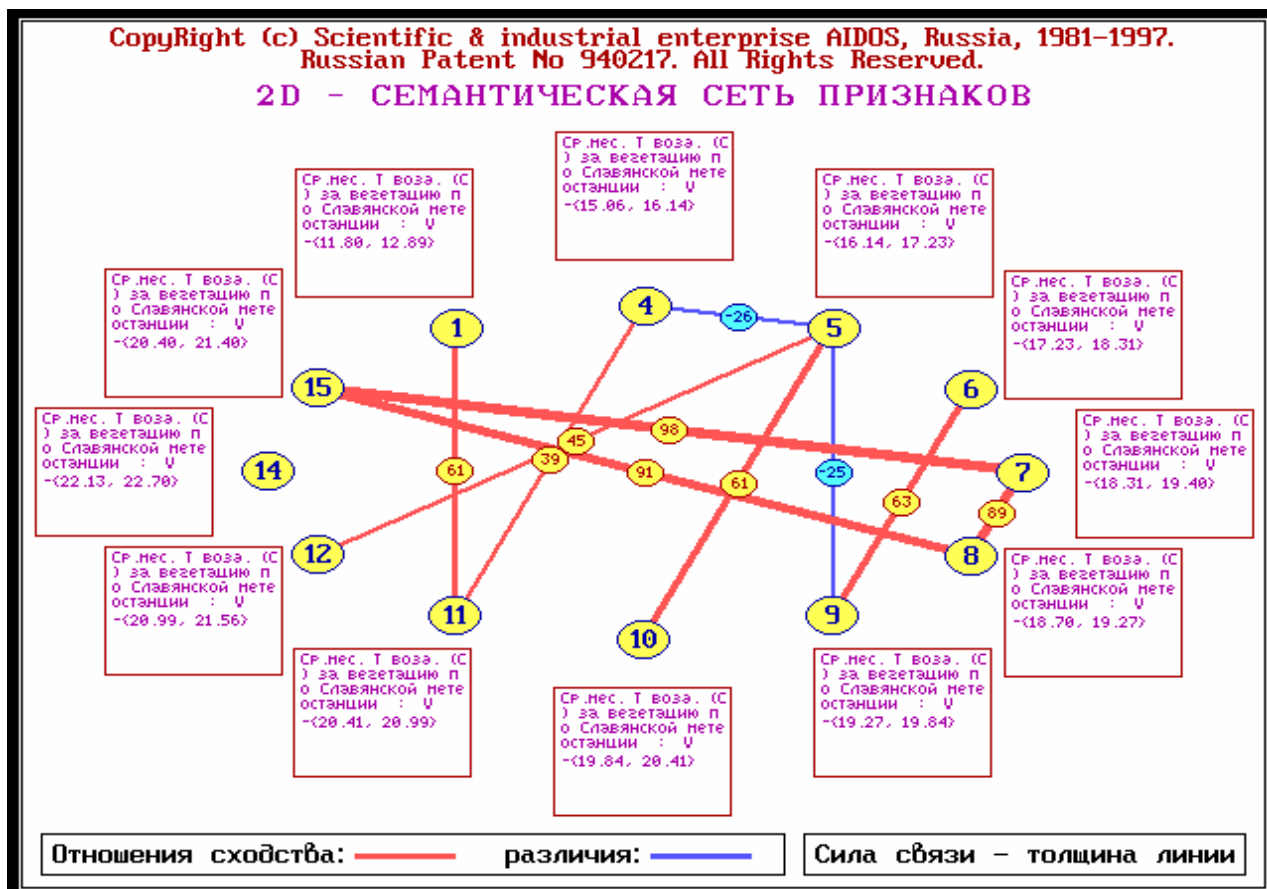


Рисунок 7 – Семантическая сеть факторов (во 2-й сети показаны только отношения сходства и различия с силой связи > 20 %)

Детально изучить структуру каждой линии связи семантической сети факторов позволяют инвертированные когнитивные диаграммы, примеры которых приведены на рисунке 8.

КОГНИТИВНЫЕ ДИАГРАММЫ ПРИЗНАКОВ:

[56]-СРЕАНЕДЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС : II (М.
[403]-<-9.39, 12.14)

[59]-СРЕАНЕДЕСЯЧНЫЕ РАСХОДЫ ВОДЫ КАНАЛА СМС
[411]-<-8.50, 10.42)

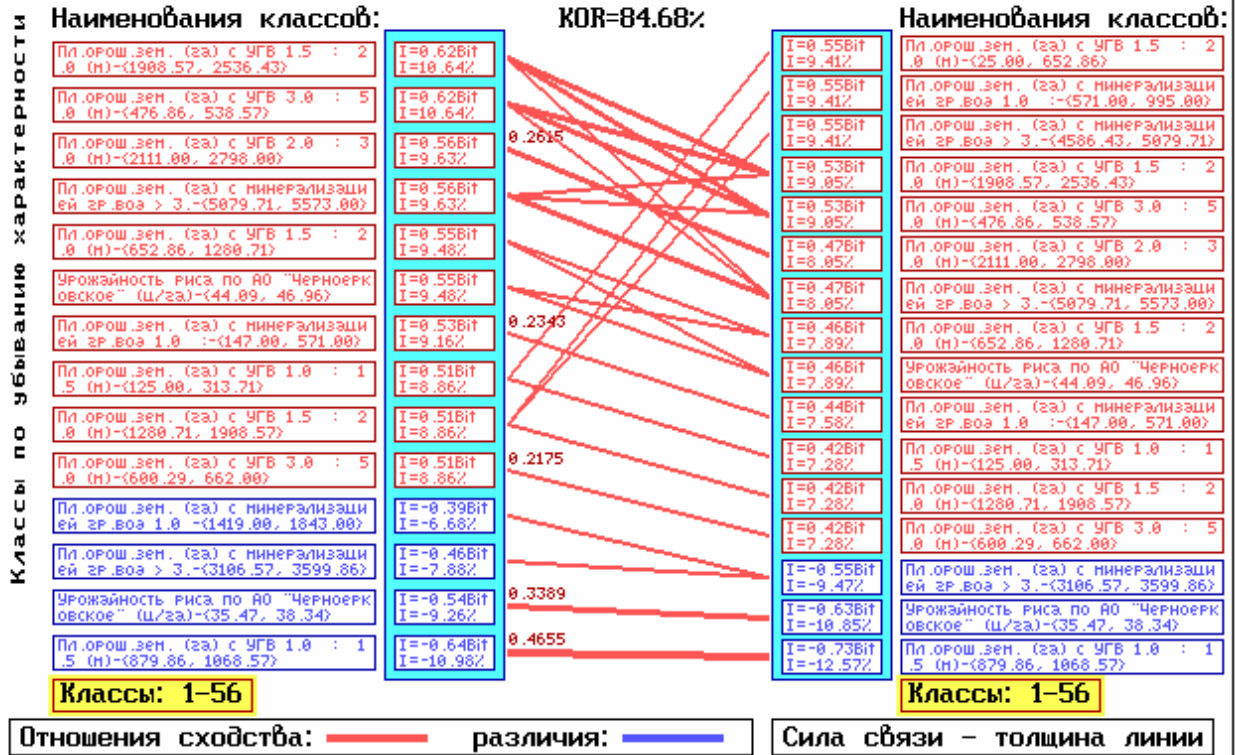


Рисунок 8 – Когнитивная диаграмма факторов

В когнитивной диаграмме факторов справа и слева расположены информационные (семантические) портреты факторов, в которых классы распознавания, соответствующие будущим состояниям объекта управления, ранжированы в порядке убывания силы влияния на переход в них объекта управления под действием данного фактора. Если фактор способствует переходу объекта управления в некоторое состояние, то оно будет отображено красным цветом, если препятствует – синим. Факторы сходны, если вызывают переход объекта управления в сходные состояния, и различны в противном случае. Соответствующие линии связи, вносящие вклад в сходство, отображаются красным цветом, а в различие – синим. Толщина линий связи соответствует их вкладу в сходство или различие. В диаграммах учитывается сходство и различие классов.

4.3. Нелокальные нейроны и интерпретируемые нейронные сети. Нейросетевая модель управления минерализацией и УГВ

Нелокальный нейрон [1] представляет собой модель будущего состояния объекта управления с наиболее сильно влияющими на него факторами, для каждого из которых указаны силы и направления (способствует – препятствует) их влияния (рис. 9).

CopyRight (c) Scientific & industrial enterprise AIDOS, Russia, 1979–2003.
 Russian Patent No 940217. All Rights Reserved.

2D – МОДЕЛЬ НЕЛОКАЛЬНОГО НЕЙРОНА:

[21] – Пл.орош.зем. (за) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)–{3792.14, 4420.00}

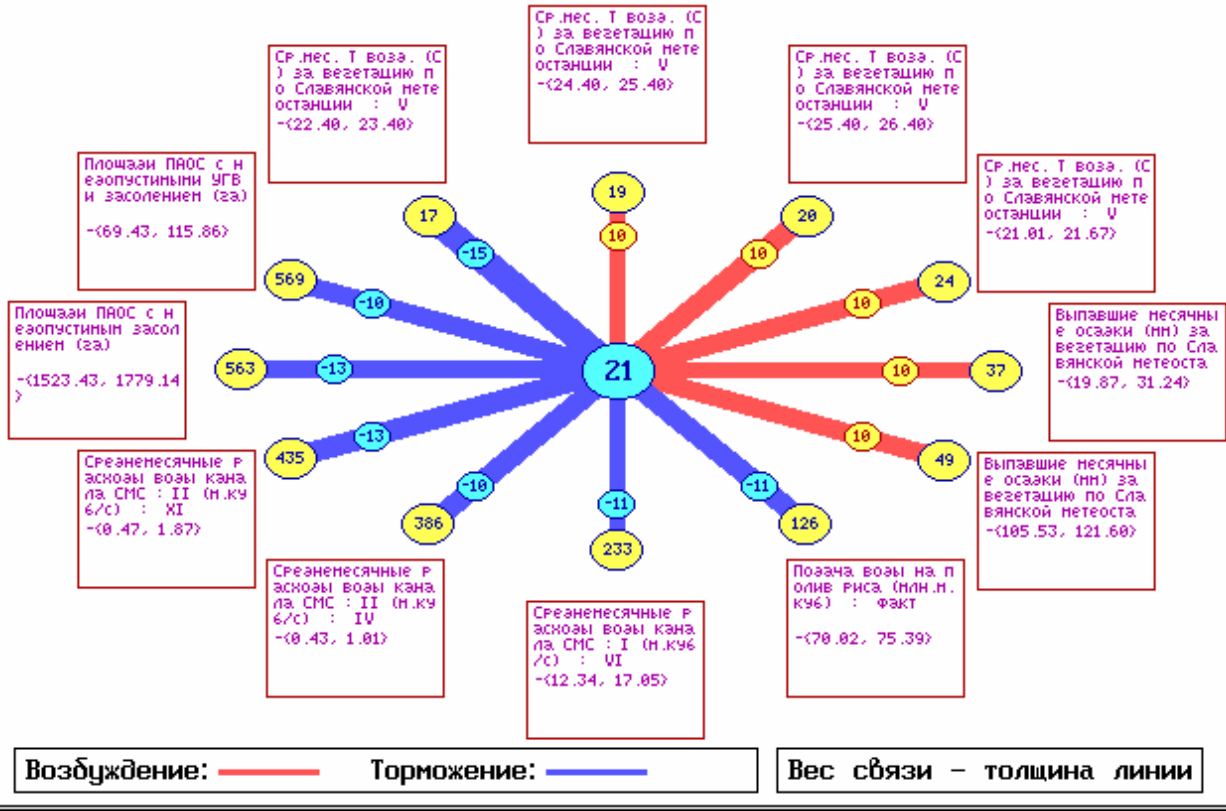


Рисунок 9 – Нелокальный нейрон, отражающий систему детерминации состояния:

"Площадь орошаемых земель с УГВ 1,5–2,0 м максимальна"

Нейронная сеть представляет собой совокупность взаимосвязанных нейронов, т.е. отражает систему детерминации не одного, а нескольких будущих состояний объекта управления, соответствующих нейронам (рис. 10).

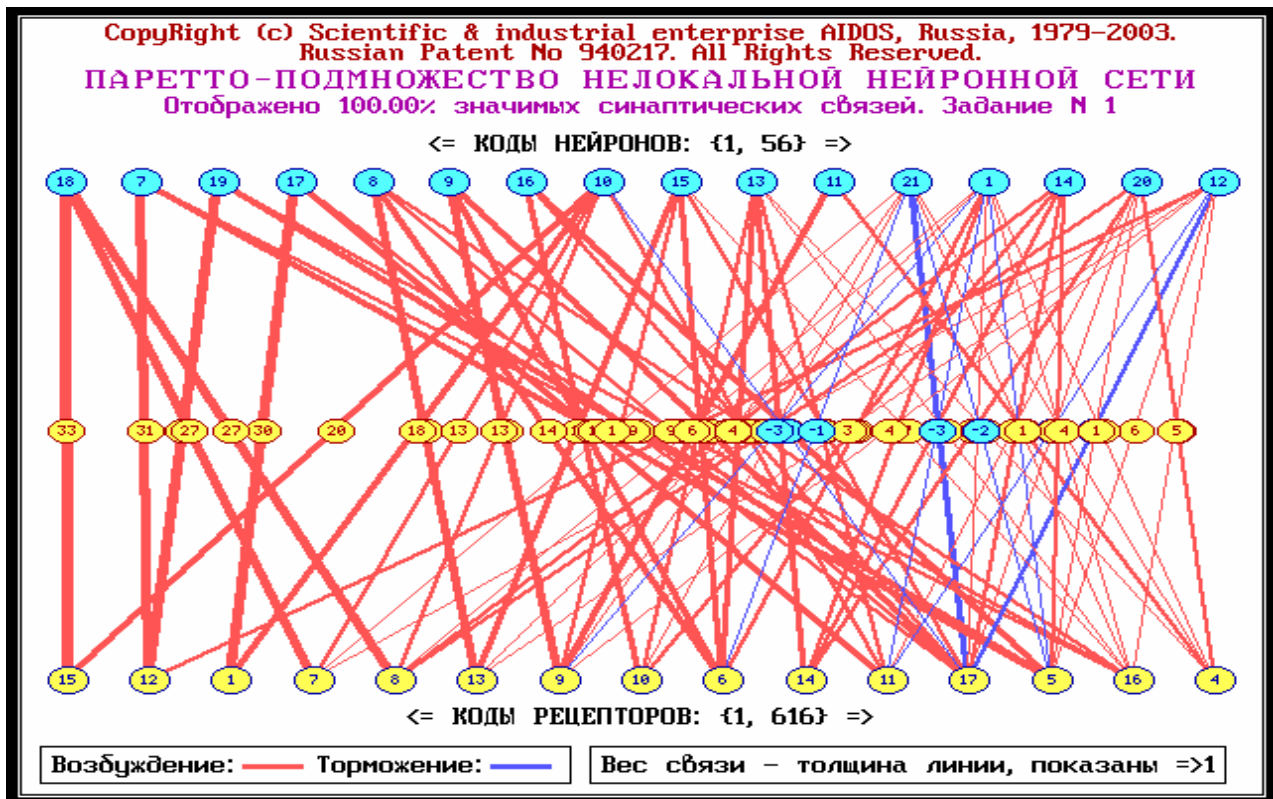


Рисунок 10 – Фрагмент нейронной сети, моделирующей систему детерминации состояний Черноерковской оросительной системы

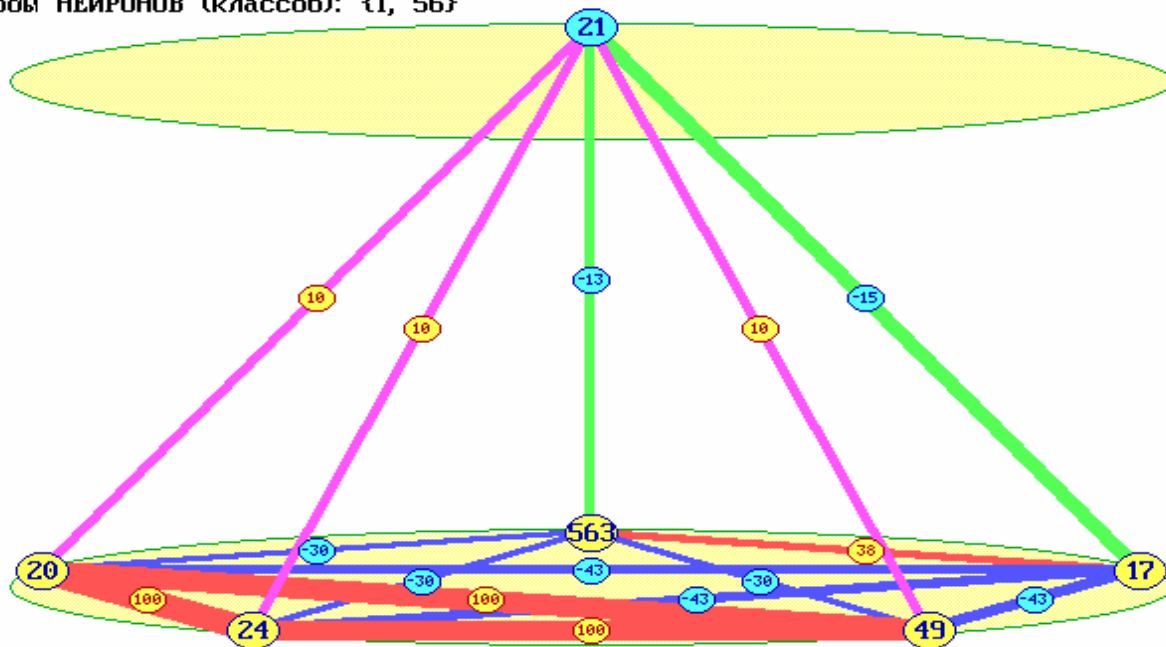
В классических нейронных сетях связь между нейронами осуществляется по входным и выходным сигналам, а в нелокальных нейронных сетях [1] – на основе общего информационного поля, формализуемого в матрице информативностей [4]. Система "Эйдос" обеспечивает построение *любого* подмножества многослойной нейронной сети с заданными или выбираемыми по заданным критериям рецепторами и нейронами, связанными друг с другом на любом уровне опосредованности. **4.4. Классические когнитивные карты**

Классическая когнитивная карта представляет собой модель, включающую нейрон, соответствующий некоторому состоянию объекта управления с рецепторами, каждый из которых связан с фактором в определенной степени способствующим или препятствующим переходу объекта в это состояние. Рецепторы соединены связями как с нейроном, так и друг с другом. Связи рецепторов с нейроном отражают силу и направление влияния факторов, а связи рецепторов друг с другом, отображаемые в форме семантической сети факторов, – сходство и различие между рецепторами по характеру их влияния на объект управления.

Таким образом, классическая когнитивная карта представляет собой модель, включающую нейрон с семантической сетью факторов, которые изображены на одной диаграмме (рис. 11).

ИНТЕГРАЛЬНАЯ КОГНИТИВНАЯ КАРТА: ЗАДАНИЕ N 1
(СЕМАНТИЧЕСКИЕ СЕТИ НЕЙРОНОВ И РЕЦЕПТОРОВ С НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ)

Коды НЕЙРОНОВ (классов): {1, 56}



Коды РЕЦЕПТОРОВ (факторов): {1, 616}

+ связь >0: — связь <0:

Вес связи - толщина линии, показаны =>1

Рисунок 11 – Классическая когнитивная карта, отражающая систему детерминации состояния: "Площадь орошаемых земель с УГВ 1,5–2,0 м максимальна"

Из данной когнитивной карты видно, что состояние Черноерковской оросительной системы "Площадь орошаемых земель с УГВ 1,5–2,0 м максимальна" детерминируется градациями факторов с кодами 20, 24 и 49, которые коррелируют друг с другом, а переходу системы в это состояние препятствуют факторы с кодами 17 и 563, которые также коррелируют друг с другом и находятся в антикорреляции с первой группой факторов. Наименования этих факторов приведены в модели нелокального нейрона на рисунке 9.

4.5. Обобщенные когнитивные карты

Если объединить несколько классических когнитивных карт на одной диаграмме и изобразить на ней также связи между нейронами в форме семантической сети классов, то получим обобщенную (интегральную) когнитивную карту. На рисунке 12 приведена обобщенная когнитивная карта, отражающая систему детерминации состояний: "Площадь орошаемых земель с УГВ 1,5–2,0 м".

Из этой когнитивной карты видно, каким образом одна и та же система факторов способствует переходу объекта управления в одни состояния и препятствует переходу в другие.

Система "Эйдос" обеспечивает построение *любого* подмножества многоуровневой семантической информационной модели с заданными или

выбираемыми по заданным критериям рецепторами и нейронами, связанными друг с другом на любом уровне опосредованности в форме классических и обобщенных когнитивных карт.

В частности, в системе "Эйдос" полуавтоматически формируется задание на генерацию подмножеств обобщенной когнитивной карты, соответствующих классификационным и описательным шкалам. Задание получается аналогичным тому, которое формируется для генерации функций влияния. Пример интегральной когнитивной карты, сгенерированной по такому заданию, приведен на рисунке 12.

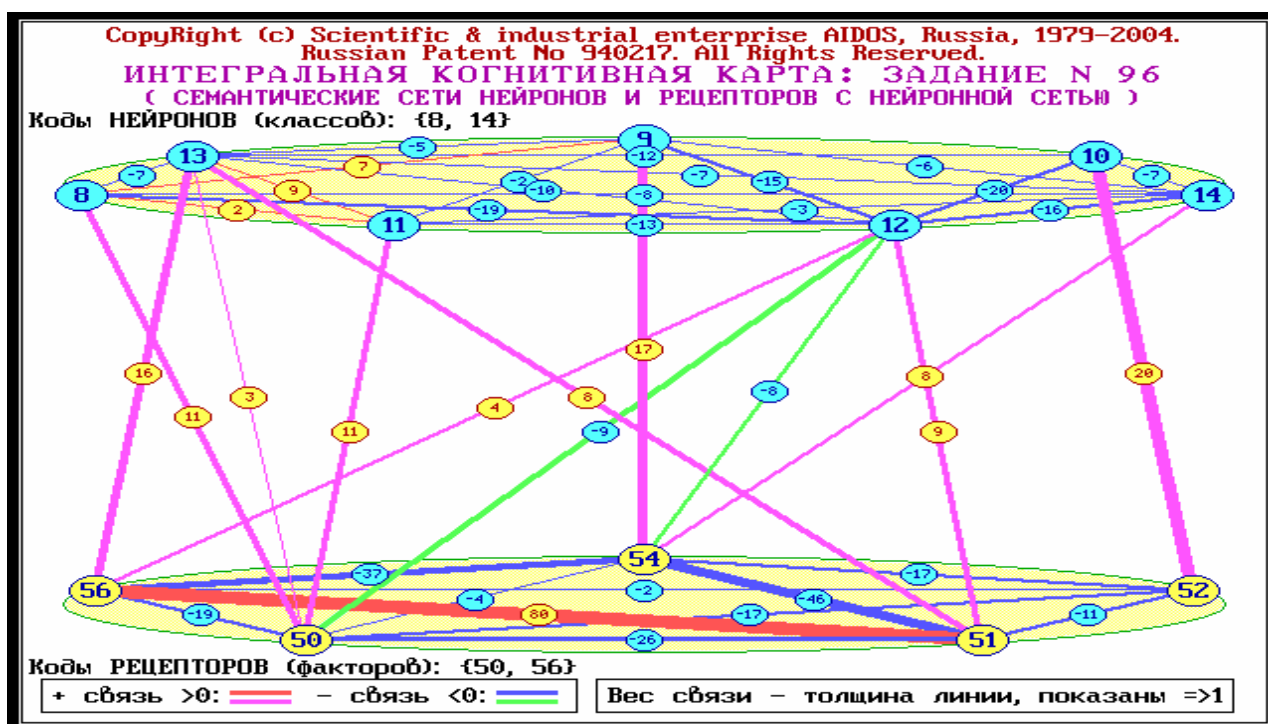


Рисунок 12 – Пример интегральной когнитивной карты, отражающей влияние градаций некоторой описательной шкалы на переход системы в состояния, соответствующие градациям некоторой классификационной шкалы

Отметим, что в настоящее время система "Эйдос" [1, 5] является единственной системой искусственного интеллекта, позволяющей непосредственно на основе эмпирических данных осуществлять синтез многоуровневой семантической информационной модели предметной области и отображать ее подмодели в графической форме классических и интегральных когнитивных карт.

Выводы

Предложена принципиальная когнитивная модель, отражающая структуру системы факторов, влияющих на минерализацию и уровень грунтовых вод, а также урожая риса.

Разработана конкретная система из 8 классификационных и 88 описательных шкал, каждая из которых включает по 7 градаций, позволяющая формализовать как целевые и нежелательные будущие состояния оросительной системы, так и природные, антропогенные и технологические факторы, детерминирующие эти состояния.

Спроектирована обучающая выборка, количественно характеризующая динамику работы рисовой оросительной системы АО «Черноерковское» по 616 показателям за 1983–2003 годы. Обучающая выборка автоматически импортирована в универсальную когнитивную аналитическую систему "Эйдос".

Осуществлен синтез семантической информационной модели, отражающей влияние факторов различной природы на состояние оросительной системы и урожай риса.

В работе проведено углубленное исследование семантической информационной модели минерализации и уровня грунтовых вод, полученной на основе фактических данных за 1983–2003 годы.

Данная модель отражает влияние 88 факторов различной природы на минерализацию и уровень грунтовых вод и на урожай риса.

Главные выводы, которые можно сделать по результатам проведенного исследования, состоят в следующем:

1. Продемонстрирована возможность эффективного применения конкретных методик, разработанных и апробированных в процессе адаптации и применения общей методологии системно-когнитивного анализа для исследования влияния большого количества разнородных факторов на минерализацию, уровень грунтовых вод и урожай риса.

2. Разработаны методики *прогнозирования* состояний оросительной системы и выработки научно-обоснованных рекомендаций по принятию *управленческих* решений, направленных на перевод данной системы в целевые состояния и избежание нежелательных состояний.

На основе проведенных исследований предлагаются следующие **рекомендации**:

1. *Организовать* научно-исследовательский и технологический центр мониторинга и прогнозирования состояния оросительных систем.

2. На основе общей методологии системно-когнитивного анализа и конкретных предложенных в данной работе методик его применения в данной предметной области *разработать и стандартизировать* методику мониторинга состояния краевой оросительной системы, в которой должны быть стандартизированы конкретные показатели, формы и информационные технологии, по которым собирается и накапливается информация.

3. Применять эту методику в текущей работе центра для решения следующих задач:

– накопление **данных мониторинга** МиУГВ по краевой оросительной системе в сопоставимом виде в единой стандартной форме;

– **анализ** данных мониторинга с целью выявления и уточнения причинно-следственных зависимостей в предметной области, т.е. для генерации **информации** о силе и направлении влияния различных факторов на МиУГВ;

– использование полученной информации для **прогнозирования** МиУГВ в условиях предположительного применения тех или иных технологических воздействий на оросительную систему;

– поддержка принятия решений по **управлению** оросительной системой за счет использования **знаний** о влиянии технологических факторов на МиУГВ и урожай и качество риса.

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. Сафронова Т.И., Луценко Е.В. Проблема управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах и концепция ее решения // Научный журнал КубГАУ. – 2004.– №5(7). – 9 с. – <http://ej.kubagro.ru>.

3. Сафронова Т.И., Луценко Е.В. Когнитивная структуризация и формализация задачи управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах // Научный журнал КубГАУ. – 2004.– №5(7). – 15 с. – <http://ej.kubagro.ru>.

4. Сафронова Т.И., Луценко Е.В. Синтез, оптимизация и верификация семантической информационной модели управления качеством грунтовых вод на рисовых оросительных системах // Научный журнал КубГАУ. – 2004.– №5(7). – 8 с. – <http://ej.kubagro.ru>.

5. Пат. № 2003610986 РФ. Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС" / Е.В. Луценко (Россия); Заяв. № 2003610510 РФ. Оpubл. от 22.04.2003. – 50 с.

6. Луценко Е.В. Системно-когнитивный анализ как развитие концепции смысла Шенка-Абельсона // Научный журнал КубГАУ. – 2004.– №3(5). – 21 с. – <http://ej.kubagro.ru>.