

## **СИНТЕЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ И ВЕРИФИКАЦИЯ 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 синтеза, оптимизации и верификации семантической информационной модели управления минерализацией и уровнем грунтовых вод.

### ***1. Синтез семантической информационной модели***

Проблема исследования, её актуальность, идея решения, когнитивная структуризация и формализация задачи приведены в [2, 3].

База прецедентов используется в системе "Эйдос" для автоматического расчета статистических матриц, входящих в состав семантической информационной модели:

– матрицы частот фактов, т.е. сочетаний "значение фактора – состояние МиУГВ";

– матрицы информативностей, содержащей сведения о силе и направлении действия факторов.

Эти матрицы здесь не приводятся из-за их большой размерности. Подробно соответствующие подсистемы и режимы системы "Эйдос" описаны в работе [1].

## 2. Оптимизация семантической информационной модели

На этом этапе осуществляется:

1. Ранжирование всех факторов по средней силе их влияния на переход МиУГВ в те или иные будущие состояния.

2. Исключение из модели МиУГВ тех факторов, которые несущественно влияют на его поведение (Парето-оптимизация).

Во 2-м режиме 3-й подсистемы "Эйдос" генерируется и печатается отчет по степени влияния градаций факторов на поведение оросительной системы (табл. 1).

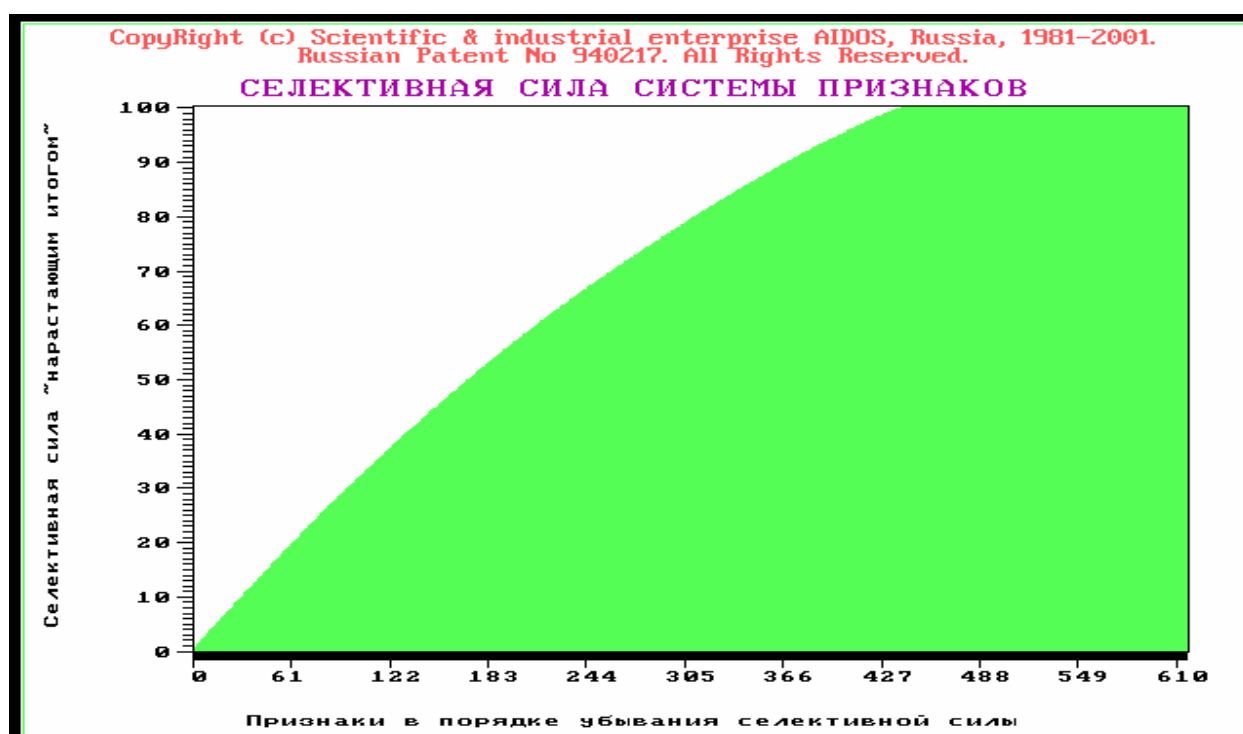
**Таблица 1 – Градации описательных шкал (значения факторов)  
в порядке убывания средней силы влияния  
на поведение оросительной системы (фрагмент)**

№	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
11	36	248	Среднемесячные расходы воды канала СМС : I (м.куб/с) : VIII -{12.34, 15.36}	0.459	3.784
12	6	39	Выпавшие месячные осадки (мм) за вегетацию по Славянской метеоста -{42.61, 53.99}	0.458	4.103
13	31	214	Среднемесячные расходы воды канала СМС : I (м.куб/с) : III. -{2.08, 2.70}	0.458	4.422
14	64	444	Среднемесячные расходы воды канала СМС : II (м.куб/с) : XII -{2.92, 4.12}	0.458	4.741
15	82	574	Площади ПАОС с недопустимыми УГВ и засолением (га). -{301.57, 348.00}	0.458	5.060
16	3	15	Ср.мес. t возд. (°C) за вегетацию по Славянской метеостанции : V -{20.40, 21.40}	0.455	5.377
17	5	30	Ср.мес. t возд. (°C) за вегетацию по Славянской метеостанции : I -{14.91, 15.63}	0.455	5.695
18	8	52	Выпавшие месячные осадки (мм) за вегетацию по Славянской метеоста -{40.03, 59.04}	0.455	6.012
19	18	125	Подача воды на полив риса (млн.м.куб) : факт. -{64.65, 70.02}	0.455	6.329
20	19	127	Подача повторных вод (млн.м.куб) : план -{2.00, 6.22}	0.455	6.646

21	20	134	Подача повторных вод (млн.м.куб) : факт -{2.00, 8.91}	0.455	6.963
22	21	145	Сброс с рисовых площадей за пределы системы (тыс.куб.м) : план. -{48.02, 50.58}	0.455	7.281
23	22	150	Сброс с рисовых площадей за пределы системы (тыс.куб.м) : факт. -{43.59, 47.05}	0.455	7.598
24	45	309	Среднемесячные уровни воды канала СМС : I (м) : V -{0.01, 0.11}	0.455	7.915
25	84	587	Среднее значение УГВ на рисовой системе ПАОС (м). -{2.19, 2.29}	0.455	8.232
26	6	38	Выпавшие месячные осадки (мм) за вегетацию по Славянской метеоста -{31.24, 42.61}	0.454	8.548
27	14	92	Сум.забор воды из ист.орош. на с/х угодия АО "Черноерковское" (мл -{71.23, 75.53}	0.454	8.864
28	39	272	Среднемесячные расходы воды канала СМС : I (м.куб/с) : XI -{3.19, 3.79}	0.454	9.181
29	40	280	Среднемесячные расходы воды канала СМС : I (м.куб/с) : XII. -{4.85, 5.57}	0.454	9.497
30	52	364	Среднемесячные уровни воды канала СМС : I (м) : XII -{0.30, 0.39}	0.454	9.813

Из таблицы 1 видно, что 28 % наиболее значимых факторов оказывает 50 % суммарного влияния на поведение оросительной системы и урожая риса, **50 % факторов оказывает примерно 80 % суммарного влияния на поведение этой системы**, а 28 % незначительных факторов вообще не оказывает на нее никакого влияния.

На рисунке приведена Парето-диаграмма ценности факторов. В начале диаграммы расположены признаки с высоким влиянием, а в конце видна характерная "полочка", соответствующая признакам, не оказывающим никакого влияния на поведение оросительной системы и урожая риса.



## Парето-диаграмма ценности факторов

Из таблицы 1 следует, что исключение из модели половины признаков практически не скажется на ее адекватности, но существенно уменьшит затраты различных ресурсов на сбор и обработку информации.

### **3. Проверка адекватности (верификация) семантической информационной модели**

Оценка адекватности включает в себя проверку способности модели правильно осуществлять идентификацию состояний МиУГВ как входящих в базу прецедентов (внутренняя валидность), так и не входящих в нее (внешняя валидность), как средневзвешенную по всем будущим состояниям МиУГВ (интегральная валидность), так и в разрезе по конкретным состояниям (дифференциальная валидность) [1].

Если модель обладает достаточно высокой адекватностью, то ее корректно использовать для анализа и исследования моделируемого объекта, прогнозирования его поведения при воздействии на него различных сочетаний факторов и для управления ими.

Результаты измерения адекватности модели, т.е. верификации, представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Результаты измерения адекватности семантической информационной модели**

Анкет физических: 21 логических (всего/факт): 112/ 112  
 Верная идентификация: 106 Ошибочная неидентификация: 6  
 Верная идентификация: 94.64% Ошибочная неидентификация: 5.36%  
 Минимальный уровень сходства: 0.0 Максимальное кол-во классов: 99999

№	Наименование	Всего логич анкет	ИДЕНТИФИЦИРОВАНО		Неидентифицировано		ИДЕНТИФИЦИРОВАНО		Неидентифицировано	
			ВЕРНО	Ошиб	Верно	Ошиб	ВЕРНО%	Ошиб.%	Верно%	Ошиб.%

1	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{75.00, 87.43}	6	6	1	14	100,00	0,94	13,21	0,00	
2	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{87.43, 99.86}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
3	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{99.86, 112.29}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
4	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{112.29, 124.71}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
5	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{124.71, 137.14}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
6	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{137.14, 149.57}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
7	Пл.орош.зем. (га) с УГВ < 1.0 (м)-{149.57, 162.00}	1	1	18	2	100,00	16,22	1,80	0,00	
8	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{125.00, 313.71}	1	1	16	4	100,00	14,41	3,60	0,00	
9	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{313.71, 502.43}	1	1	12	8	100,00	10,81	7,21	0,00	
10	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{502.43, 691.14}	3	3	3	15	100,00	2,75	13,76	0,00	
11	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{691.14, 879.86}	1	1	11	9	100,00	9,91	8,11	0,00	
12	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{879.86, 1068.57}	6	6	2	13	100,00	1,89	12,26	0,00	
13	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{1068.57, 1257.29}	3	3	8	10	100,00	7,34	9,17	0,00	
14	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.0 : 1.5 (м)-{1257.29, 1446.00}	3	3	1	17	100,00	0,92	15,60	0,00	
15	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{25.00, 652.86}	2	2	9	10	100,00	8,18	9,09	0,00	
16	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{652.86, 1280.71}	1	1	15	5	100,00	13,51	4,50	0,00	
17	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{1280.71, 1908.57}	1	1	13	7	100,00	11,71	6,31	0,00	
18	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{1908.57, 2536.43}	1	1	13	7	100,00	11,71	6,31	0,00	
19	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{2536.43, 3164.29}	1	1	18	2	100,00	16,22	1,80	0,00	
20	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{3164.29, 3792.14}	3	3	1	17	100,00	0,92	15,60	0,00	
21	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 1.5 : 2.0 (м)-{3792.14, 4420.00}	9	8	2	10	1	88,89	1,94	9,71	11,11
22	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{50.00, 737.00}	3	3	1	17	100,00	0,92	15,60	0,00	
23	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{737.00, 1424.00}	2	2	14	5	100,00	12,73	4,55	0,00	
24	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{1424.00, 2111.00}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
25	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{2111.00, 2798.00}	3	3	4	14	100,00	3,67	12,84	0,00	
26	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{2798.00, 3485.00}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
27	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{3485.00, 4172.00}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
28	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 2.0 : 3.0 (м)-{4172.00, 4859.00}	2	2	9	10	100,00	8,18	9,09	0,00	
29	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{230.00, 291.71}	2	2	12	7	100,00	10,91	6,36	0,00	
30	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{291.71, 353.43}	1	1	12	8	100,00	10,81	7,21	0,00	
31	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{353.43, 415.14}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
32	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{415.14, 476.86}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
33	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{476.86, 538.57}	1	1	13	7	100,00	11,71	6,31	0,00	
34	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{538.57, 600.29}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
35	Пл.орош.зем. (га) с УГВ 3.0 : 5.0 (м)-{600.29, 662.00}	2	2	7	12	100,00	6,36	10,91	0,00	
36	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 :-{147.00, 571.00}	2	2	12	7	100,00	10,91	6,36	0,00	
37	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 :-{571.00, 995.00}	2	2	7	12	100,00	6,36	10,91	0,00	
38	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 -{995.00, 1419.00}				21	0,00	0,00	18,75	0,00	
39	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 -{1419.00, 1843.00}	9	7	2	10	2	77,78	1,94	9,71	22,22
40	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 -{1843.00, 2267.00}	2	2	12	7	100,00	10,91	6,36	0,00	
41	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 -{2267.00, 2691.00}	1	1	3	17	100,00	2,70	15,32	0,00	
42	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод 1.0 -{2691.00, 3115.00}	1	1	17	3	100,00	15,32	2,70	0,00	
43	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{2120.00, 2613.29}	1	1	17	3	100,00	15,32	2,70	0,00	

44	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{2613.29, 3106.57}	1	1	15	5	100,00	13,51	4,50	0,00	
45	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{3106.57, 3599.86}	10	7	2	9	3	70,00	1,96	8,82	30,00
46	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{3599.86, 4093.14}	1	1	3	17		100,00	2,70	15,32	0,00
47	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{4093.14, 4586.43}				21		0,00	0,00	18,75	0,00
48	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{4586.43, 5079.71}	2	2	7	12		100,00	6,36	10,91	0,00
49	Пл.орош.зем. (га) с минер. гр.вод > 3.-{5079.71, 5573.00}	3	3	3	15		100,00	2,75	13,76	0,00
50	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{32.60, 35.47}	1	1	13	7		100,00	11,71	6,31	0,00
51	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{35.47, 38.34}	5	5	3	13		100,00	2,80	12,15	0,00
52	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{38.34, 41.21}	5	5	1	15		100,00	0,93	14,02	0,00
53	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{41.21, 44.09}	2	2	8	11		100,00	7,27	10,00	0,00
54	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{44.09, 46.96}	1	1	15	5		100,00	13,51	4,50	0,00
55	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{46.96, 49.83}	1	1	3	17		100,00	2,70	15,32	0,00
56	Урож. риса по АО "Черноерковское" (ц/га)-{49.83, 52.70}	3	3	7	11		100,00	6,42	10,09	0,00

Универсальная когнитивная аналитическая система

НПП \*Эйдос\*

Графы в таблице 2 имеют следующий смысл.

**"Всего логических анкет"** – это количество анкет (примеров текстов) в обучающей выборке, на основе которых формировался образ данного класса.

**"Идентифицировано верно"** – это количество анкет обучающей выборки, которые идентифицированы как классы, к которым они действительно относятся.

**"Идентифицировано ошибочно"** – это количество анкет обучающей выборки, которые идентифицированы как классы, к которым они в действительности не относятся (ошибка идентификации).

**"Неидентифицировано верно"** – это количество анкет обучающей выборки, которые неидентифицированы как классы, к которым они действительно не относятся.

**"Неидентифицировано ошибочно"** – это количество анкет обучающей выборки, которые неидентифицированы как классы, к которым они в действительности относятся (ошибка неидентификации).

В правой части формы приведены те же показатели, но в процентном выражении:

– для анкет, идентифицированных верно и неидентифицированных ошибочно, за 100 % принимается количество логических анкет обучающей выборки по данному классу;

– для анкет, идентифицированных ошибочно и неидентифицированных верно, за 100 % принимается суммарное количество логических анкет обучающей выборки за вычетом логических анкет по данному классу.

Из анализа таблицы 2 можно сделать **вывод**, что созданная семантическая информационная модель МиУГВ обладает достаточно высокой адекватностью, чтобы выводы, сделанные на основе ее исследования, можно было корректно отнести к объекту моделирования.

## 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 минерализацией и уровнем грунтовых вод на рисовых оросительных системах // Научный журнал КубГАУ. – 2004. – №5(7). – 15 с. – <http://ej.kubagro.ru>.

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

5. Сафронова Т.И. Гидрогеологическое обоснование мероприятий по охране подземных вод // Труды Российской ассоциации "Женщины-математики". Воронеж, 2002. – С. 92–95.