

УДК 303.732.4

UDC 303.732.4

**СИНТЕЗ СИСТЕМНО-КОГНИТИВНОЙ МОДЕЛИ ПРИРОДНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ В ЗЕРНОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ (Часть 2 – преобразование эмпирических данных в информацию)**

**SYNTHESIS OF SYSTEMIC COGNITIVE MODEL OF NATURAL ECONOMIC SYSTEM AND ITS USE FOR PREDICTION AND CONTROL IN GRAIN PRODUCTION (Part 2 – transformation of empirical data into information)**

Луценко Евгений Вениаминович  
д.э.н., к.т.н., профессор  
*Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13,*  
[prof.lutsenko@gmail.com](mailto:prof.lutsenko@gmail.com)

Lutsenko Evgeny Veniaminovich  
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Горпинченко Ксения Николаевна  
к.э.н., доцент  
*Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина, 13,*  
[kubkng@mail.ru](mailto:kubkng@mail.ru)

Gorpinchenko Kseniya Nikolaevna  
Cand.Econ.Sci., assistant professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В данной статье впервые осуществлен синтез и верификация системно-когнитивной модели природно-экономической системы, обоснована возможность прогнозирования и принятия управленческих решений по выбору агротехнологий

This article at first time presents the synthesis and verification of systemic cognitive model of natural economic system, we have also justified the opportunity of forecasting and decision management, the strategic decisions of the choice of agricultural technologies

Ключевые слова: СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ, КЛАСС, ПРИЗНАК, СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ, АДЕКВАТНОСТЬ

Keywords: SYSTEMIC COGNITIVE ANALYSIS, CLASS, SIGN, SEMANTIC INFORMATION MODEL, ADEQUACY

Данная статья является продолжением работы [3]. В ней рассмотрим преобразование эмпирических данных в информацию, а затем и знания в автоматизированном системно-когнитивном анализе и его программном инструментарии – системе «Эйдос-Х++» (рисунок 1).

Это преобразование включает (обобщенно) следующие этапы:

- когнитивная структуризация и формализация предметной области;
- синтез и верификация системно-когнитивных моделей.

Оно необходимо для решения задач прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели, т.к. все эти задачи решаются на основе знаний, содержащихся в системно-когнитивной модели, показавшей наивысшую достоверность.

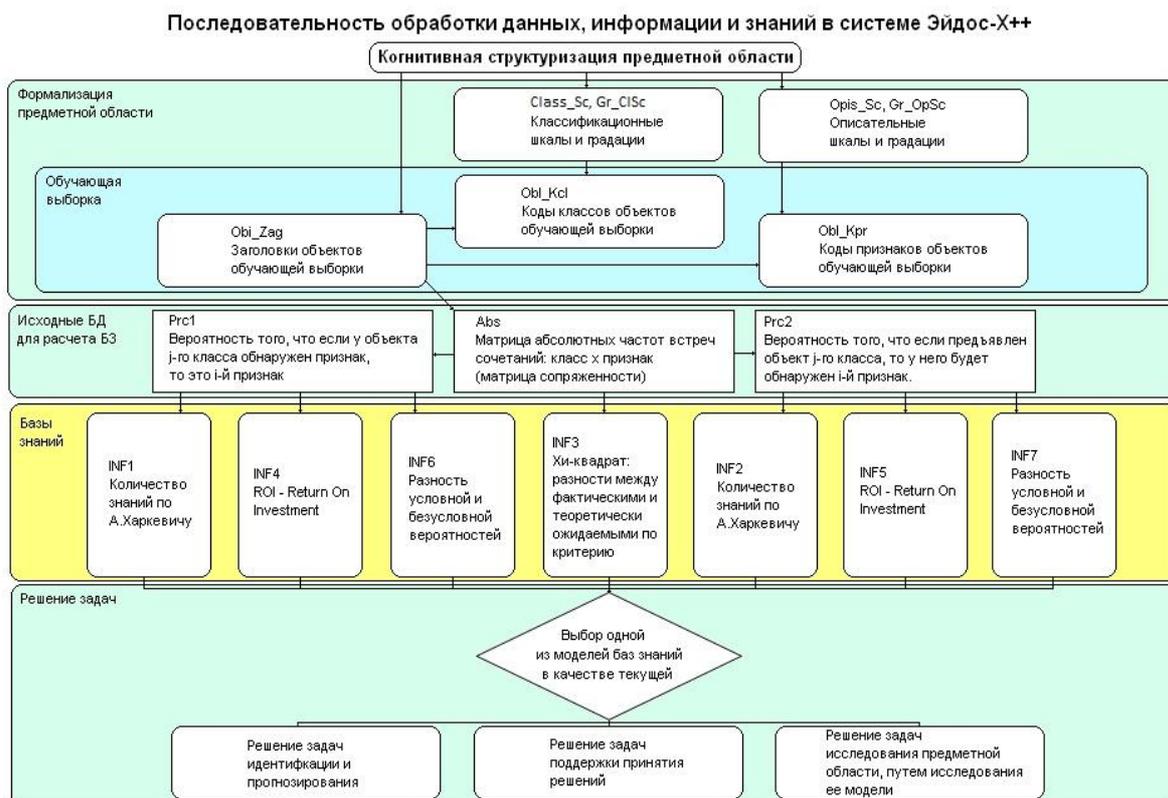


Рисунок 1. Последовательность обработки данных, информации и знаний в системе «Эйдос-X++»

### Когнитивная структуризация и формализация предметной области

На этапе когнитивной структуризации определяется, что мы хотим прогнозировать, чем управлять и на основе чего собираемся это делать.

В качестве классификационных шкал нами были выбраны результирующие состояния объекта управления, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Классификационные шкалы

Код	Наименование
1	Урожайность, ц/га
2	Содержание белка, %
3	Содержание клейковины, %
4	Натура зерна, г/л
5	Классность зерна
6	Чистый доход (убыток), руб./га
7	Уровень рентабельности (убыточности), %
8	Приращение энергии, гдж/га
9	К-т чистой эффективности
10	К-т отношения получ. И затрат. Энергии
11	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг
12	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг

В качестве описательных шкал (факторов), влияющих на переход объекта управления в результирующие состояния взяты 47 показателей, приведенных в таблице 2:

Таблица 2 – Описательные шкалы

Код	Наименование
1	Предшественник
2	Доза удобрений
3	Севооборот
4	К-во осадков за год , мм
5	К-во осадков на период осен. Вег., мм
6	К-во осадков на период вес.-лет. Вег., мм
7	К-во осадков на п-д от колошения до созревания, мм
8	Ср. Температура за год, °с
9	Ср. Темп. На период осен. Вегетации, °с
10	Ср. Темп. На период вес.-летней вег., °с
11	Ср. Темп. За п-д от колошения до созревания
12	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на период сева, мм
13	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на п-д вес. Вег., мм
14	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д выхода в трубку, мм
15	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д колшения, мм
16	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д полн.спел.и, мм
17	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д сева, мм
18	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д вес. Вег., мм
19	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д выхода в трубку, мм
20	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д колшения, мм
21	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д полной спелости, мм
22	Сод. Влаг в слое почвы 0-100 см на п-д сева, мм
23	Сод. Влаг в слое почвы 0-100 см на п-д вес. Вег., мм
24	Сод. Влаг в слое почвы 0-100 см на п-д выхода в трубку, мм
25	Сод. Влаг в слое почвы 0-100 см на период колошения, мм
26	Сод. Влаг в слое почвы 0-100 см на п-д полной спел., мм
27	Сод. Влаг в слое почвы 0-200 см на период сева, мм
28	Сод. Влаг в слое почвы 0-200 см на п-д вес. Вег., мм
29	Сод.е влаги в слое почвы 0-200 см на п-д выхода в трубку, мм
30	Сод. Влаг в слое почвы 0-200 см на п-д колшения, мм
31	Сод. Влаг в слое почвы 0-200 см на п-д полн. Спел., мм
32	Сод. Мин.о азота в почве на начало вес. Вег.и, мг/кг
33	Сод. Мин. Азота в почве в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг
34	Сод. Мин. Азота в почве в фазу колош., мг/кг
35	Сод. Мин. Азота в почве в фазу полн. Спел., мг/кг
36	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы на нач. Весен. Вег., мг/кг
37	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг
38	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу колошения, мг/кг
39	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг
40	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы на нач.о вес. Вег., мг/кг
41	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг
42	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу колош., мг/кг
43	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг
44	Цена зерна, руб./кг
45	Затраты на удобрения, руб./га
46	Стоимость зерна, руб./га
47	Производственные затраты, руб./га
48	Затраты совокупной энергии, гдж/га
49	Выход энергии, гдж/га

На этапе формализации предметной области необходимо конкретизировать также и градации классификационных и описательных шкал. Это осуществляется с помощью универсального программного интерфейса между внешними базами исходных данных и системой «Эйдос-Х++», который обеспечивает автоматическое формирование классификационных и описательных шкал и градаций, а также обучающей выборки на основе Excel-файла. Исходные данные взяты из многофакторного стационарного опыта Северо-Кубанской сельскохозяйственной опытной станции (СКСХОС) за 2000-2006 гг. (таблица 3):

Таблица 3 – Исходные данные (фрагмент)

Опыт в Северо-Кубанской с.х. опытной станции, 2000-2006 гг.	Урожайность, ц/га	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %	Натура зерна, г/л	Чистый доход (убыток), руб./га	...	Затраты соевой энергии, ГДЖ/га
1	25,5	8,5	19	820	-17679,5	...	14,1
2	32,1	8,4	16	792	-17177	...	17,4
3	29,3	9,8	17,1	826	-16642	...	16,8
...	...	...	...	...	...	...	...
447	59,9	11,2	17,4	803	587,39	...	28,6
448	53,9	14	25,5	801	4034,04	...	28,8

### Подготовка обучающей выборки

Программный интерфейс системы Система «Эйдос» с внешними базами данных автоматически находит минимальное и максимальное числовые значения в каждом столбце классов или признаков, формирует числовые интервалы, числовые значения заменяет интервальными. Каждое текстовое или интервальное значения считается градацией классификационной или описательной шкалы, характеризующей объект (таблицы 4 и 5).

Таблица 4 – Классификационные шкалы и градации

Код	Наименование
1	Урожайность, ц/га-1/4-{24.3000000, 38.0250000}
2	Урожайность, ц/га-2/4-{38.0250000, 51.7500000}
3	Урожайность, ц/га-3/4-{51.7500000, 65.4750000}
4	Урожайность, ц/га-4/4-{65.4750000, 79.2000000}
5	Содержание белка, %-1/4-{7.1000000, 9.1250000}
6	Содержание белка, %-2/4-{9.1250000, 11.1500000}
7	Содержание белка, %-3/4-{11.1500000, 13.1750000}
8	Содержание белка, %-4/4-{13.1750000, 15.2000000}
9	Содержание клейковины, %-1/4-{12.4000000, 16.9000000}
10	Содержание клейковины, %-2/4-{16.9000000, 21.4000000}
11	Содержание клейковины, %-3/4-{21.4000000, 25.9000000}
12	Содержание клейковины, %-4/4-{25.9000000, 30.4000000}
13	Натура зерна, г/л-1/4-{746.0000000, 773.0000000}
14	Натура зерна, г/л-2/4-{773.0000000, 800.0000000}
15	Натура зерна, г/л-3/4-{800.0000000, 827.0000000}
16	Натура зерна, г/л-4/4-{827.0000000, 854.0000000}
17	Классность зерна-1/4-{2.0000000, 2.5000000}
18	Классность зерна-2/4-{2.5000000, 3.0000000}
19	Классность зерна-3/4-{3.0000000, 3.5000000}
20	Классность зерна-4/4-{3.5000000, 4.0000000}

21	Чистый дох (убыток), руб./га-1/4-{-7066.3000000, 1918.2875000}
22	Чистый дох (убыток), руб./га-2/4-{-1918.2875000, 10902.8750000}
23	Чистый дох (убыток), руб./га-3/4-{-10902.8750000, 19887.4625000}
24	Чистый дох (убыток), руб./га-4/4-{-19887.4625000, 28872.0500000}
25	Уровень рентабельности (убыточности), %-1/4-{-30.1115820, 14.1205269}
26	Уровень рентабельности (убыточности), %-2/4-{-14.1205269, 58.3526359}
27	Уровень рентабельности (убыточности), %-3/4-{-58.3526359, 102.5847448}
28	Уровень рентабельности (убыточности), %-4/4-{-102.5847448, 146.8168537}
29	Приращение энергии, гдж/га-1/4-{-55.0270000, 92.0192500}
30	Приращение энергии, гдж/га-2/4-{-92.0192500, 129.0115000}
31	Приращение энергии, гдж/га-3/4-{-129.0115000, 166.0037500}
32	Приращение энергии, гдж/га-4/4-{-166.0037500, 202.9960000}
33	К-т чистой эффективности-1/4-{-2.1450000, 4.4598174}
34	К-т чистой эффективности-2/4-{-4.4598174, 6.7746349}
35	К-т чистой эффективности-3/4-{-6.7746349, 9.0894523}
36	К-т чистой эффективности-4/4-{-9.0894523, 11.4042697}
37	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-1/4-{-3.1450000, 5.4598174}
38	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-2/4-{-5.4598174, 7.7746349}
39	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-3/4-{-7.7746349, 10.0894523}
40	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-4/4-{-10.0894523, 12.4042697}
41	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-1/4-{-108.8235294, 188.9210178}
42	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-2/4-{-188.9210178, 269.0185063}
43	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-3/4-{-269.0185063, 349.1159947}
44	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-4/4-{-349.1159947, 429.2134831}
45	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-1/4-{-2.2160643, 19.2136007}
46	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-2/4-{-19.2136007, 36.2111370}
47	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-3/4-{-36.2111370, 53.2086734}
48	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-4/4-{-53.2086734, 70.2062097}

Таблица 5 – Описательные шкалы и градации (факторы и их значения)

Код	Наименование
1	ПРЕДШЕСТВЕННИК-горох
2	ПРЕДШЕСТВЕННИК-кукуруза на зерно
3	ПРЕДШЕСТВЕННИК-озимая пшеница
4	ПРЕДШЕСТВЕННИК-сахарная свекла
5	ПРЕДШЕСТВЕННИК-эспарцет
6	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-высокая доза НРК
7	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-минимальная доза НРК
8	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-неудобренный
9	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-повышенная доза НРК
10	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-средняя доза НК
11	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-средняя доза НР
12	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-средняя доза НРК
13	ДОЗА УДОБРЕНИЙ-средняя доза РК
14	СЕВООБОРОТ-зернопропашный
15	Севооборот-зернотравянопропашный
16	К-во осадков за год , мм-1/4-{-499.2000000, 565.4500000}
17	К-во осадков за год , мм-2/4-{-565.4500000, 631.7000000}
18	К-во осадков за год , мм-3/4-{-631.7000000, 697.9500000}
19	К-во осадков за год , мм-4/4-{-697.9500000, 764.2000000}
20	К-во осадков на период осен. Вег., мм-1/4-{-83.2000000, 124.3750000}
21	К-во осадков на период осен. Вег., мм-2/4-{-124.3750000, 165.5500000}
22	К-во осадков на период осен. Вег., мм-3/4-{-165.5500000, 206.7250000}

23	К-во осадков на период осен. Вег., мм-4/4-{206.7250000, 247.9000000}
24	К-во осадков на период вес.-лет. Вег., мм-1/4-{84.1000000, 124.5000000}
25	К-во осадков на период вес.-лет. Вег., мм-2/4-{124.5000000, 164.9000000}
26	К-во осадков на период вес.-лет. Вег., мм-3/4-{164.9000000, 205.3000000}
27	К-во осадков на период вес.-лет. Вег., мм-4/4-{205.3000000, 245.7000000}
28	К-во осадков на п-д от колошения до созревания, мм-1/4-{158.8000000, 179.2750000}
29	К-во осадков на п-д от колошения до созревания, мм-2/4-{179.2750000, 199.7500000}
30	К-во осадков на п-д от колошения до созревания, мм-3/4-{199.7500000, 220.2250000}
31	К-во осадков на п-д от колошения до созревания, мм-4/4-{220.2250000, 240.7000000}
32	Ср. Температура за год, °с-1/4-{10.3000000, 10.7750000}
33	Ср. Температура за год, °с-2/4-{10.7750000, 11.2500000}
34	Ср. Температура за год, °с-3/4-{11.2500000, 11.7250000}
35	Ср. Температура за год, °с-4/4-{11.7250000, 12.2000000}
36	Ср. Темп. На период осен. Вегетации, °с-1/4-{9.8000000, 10.7500000}
37	Ср. Темп. На период осен. Вегетации, °с-2/4-{10.7500000, 11.7000000}
38	Ср. Темп. На период осен. Вегетации, °с-3/4-{11.7000000, 12.6500000}
39	Ср. Темп. На период осен. Вегетации, °с-4/4-{12.6500000, 13.6000000}
40	Ср. Темп. На период вес.-летней вег., °с-1/4-{15.9000000, 16.3000000}
41	Ср. Темп. На период вес.-летней вег., °с-2/4-{16.3000000, 16.7000000}
42	Ср. Темп. На период вес.-летней вег., °с-3/4-{16.7000000, 17.1000000}
43	Ср. Темп. На период вес.-летней вег., °с-4/4-{17.1000000, 17.5000000}
44	Ср. Темп. За п-д от колошения до созревания-1/4-{19.9000000, 20.4250000}
45	Ср. Темп. За п-д от колошения до созревания-2/4-{20.4250000, 20.9500000}
46	Ср. Темп. За п-д от колошения до созревания-3/4-{20.9500000, 21.4750000}
47	Ср. Темп. За п-д от колошения до созревания-4/4-{21.4750000, 22.0000000}
48	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на период сева, мм-1/4-{2.5000000, 7.3500000}
49	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на период сева, мм-2/4-{7.3500000, 12.2000000}
50	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на период сева, мм-3/4-{12.2000000, 17.0500000}
51	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на период сева, мм-4/4-{17.0500000, 21.9000000}
52	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на п-д вес. Вег., мм-1/4-{1.9000000, 10.7750000}
53	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на п-д вес. Вег., мм-2/4-{10.7750000, 19.6500000}
54	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на п-д вес. Вег., мм-3/4-{19.6500000, 28.5250000}
55	Сод-е влаги в слое почвы 0-10 см на п-д вес. Вег., мм-4/4-{28.5250000, 37.4000000}
56	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д выхода в трубку, мм-1/4-{1.7600000, 9.5200000}
57	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д выхода в трубку, мм-2/4-{9.5200000, 17.2800000}
58	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д выхода в трубку, мм-3/4-{17.2800000, 25.0400000}
59	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д выхода в трубку, мм-4/4-{25.0400000, 32.8000000}
60	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д колшения, мм-1/4-{0.3000000, 7.3500000}
61	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д колшения, мм-2/4-{7.3500000, 14.4000000}
62	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д колшения, мм-3/4-{14.4000000, 21.4500000}
63	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д колшения, мм-4/4-{21.4500000, 28.5000000}
64	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д полн.спел.и, мм-1/4-{2.4000000, 7.9750000}
65	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д полн.спел.и, мм-2/4-{7.9750000, 13.5500000}
66	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д полн.спел.и, мм-3/4-{13.5500000, 19.1250000}
67	Сод. Влаг в слое почвы 0-10 см на п-д полн.спел.и, мм-4/4-{19.1250000, 24.7000000}
68	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д сева, мм-1/4-{0.7000000, 17.1750000}
69	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д сева, мм-2/4-{17.1750000, 33.6500000}
70	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д сева, мм-3/4-{33.6500000, 50.1250000}
71	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д сева, мм-4/4-{50.1250000, 66.6000000}
72	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д вес. Вег., мм-1/4-{4.9000000, 27.3500000}
73	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д вес. Вег., мм-2/4-{27.3500000, 49.8000000}
74	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д вес. Вег., мм-3/4-{49.8000000, 72.2500000}
75	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д вес. Вег., мм-4/4-{72.2500000, 94.7000000}
76	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д выхода в трубку, мм-1/4-{8.8000000, 23.9250000}
77	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д выхода в трубку, мм-2/4-{23.9250000, 39.0500000}
78	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д выхода в трубку, мм-3/4-{39.0500000, 54.1750000}
79	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д выхода в трубку, мм-4/4-{54.1750000, 69.3000000}
80	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д колшения, мм-1/4-{2.5000000, 14.8500000}
81	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д колшения, мм-2/4-{14.8500000, 27.2000000}
82	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д колшения, мм-3/4-{27.2000000, 39.5500000}
83	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д колшения, мм-4/4-{39.5500000, 51.9000000}
84	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д полной спелости, мм-1/4-{16.9000000, 29.3750000}
85	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д полной спелости, мм-2/4-{29.3750000, 41.8500000}
86	Сод. Влаг в слое почвы 0-30 см на п-д полной спелости, мм-3/4-{41.8500000, 54.3250000}

87	Сод. Влаги в слое почвы 0-30 см на п-д полной спелости, мм-4/4-{54.3250000, 66.8000000}
88	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д сева, мм-1/4-{10.5000000, 62.5000000}
89	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д сева, мм-2/4-{62.5000000, 114.5000000}
90	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д сева, мм-3/4-{114.5000000, 166.5000000}
91	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д сева, мм-4/4-{166.5000000, 218.5000000}
92	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д вес. Вег., мм-1/4-{30.9000000, 104.0000000}
93	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д вес. Вег., мм-2/4-{104.0000000, 177.1000000}
94	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д вес. Вег., мм-3/4-{177.1000000, 250.2000000}
95	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д вес. Вег., мм-4/4-{250.2000000, 323.3000000}
96	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д выхода в трубку, мм-1/4-{7.9600000, 55.1450000}
97	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д выхода в трубку, мм-2/4-{55.1450000, 102.3300000}
98	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д выхода в трубку, мм-3/4-{102.3300000, 149.5150000}
99	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д выхода в трубку, мм-4/4-{149.5150000, 196.7000000}
100	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на период колошения, мм-1/4-{13.8000000, 49.3250000}
101	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на период колошения, мм-2/4-{49.3250000, 84.8500000}
102	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на период колошения, мм-3/4-{84.8500000, 120.3750000}
103	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на период колошения, мм-4/4-{120.3750000, 155.9000000}
104	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д полной спел., мм-1/4-{42.8000000, 81.4250000}
105	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д полной спел., мм-2/4-{81.4250000, 120.0500000}
106	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д полной спел., мм-3/4-{120.0500000, 158.6750000}
107	Сод. Влаги в слое почвы 0-100 см на п-д полной спел., мм-4/4-{158.6750000, 197.3000000}
108	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на период сева, мм-1/4-{10.5000000, 83.1250000}
109	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на период сева, мм-2/4-{83.1250000, 155.7500000}
110	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на период сева, мм-3/4-{155.7500000, 228.3750000}
111	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на период сева, мм-4/4-{228.3750000, 301.0000000}
112	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д вес. Вег., мм-1/4-{37.5000000, 127.3000000}
113	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д вес. Вег., мм-2/4-{127.3000000, 217.1000000}
114	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д вес. Вег., мм-3/4-{217.1000000, 306.9000000}
115	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д вес. Вег., мм-4/4-{306.9000000, 396.7000000}
116	Сод.е влаги в слое почвы 0-200 см на п-д выхода в трубку, мм-1/4-{11.7000000, 89.2250000}
117	Сод.е влаги в слое почвы 0-200 см на п-д выхода в трубку, мм-2/4-{89.2250000, 166.7500000}
118	Сод.е влаги в слое почвы 0-200 см на п-д выхода в трубку, мм-3/4-{166.7500000, 244.2750000}
119	Сод.е влаги в слое почвы 0-200 см на п-д выхода в трубку, мм-4/4-{244.2750000, 321.8000000}
120	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д колшения, мм-1/4-{20.1000000, 75.5000000}
121	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д колшения, мм-2/4-{75.5000000, 130.9000000}
122	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д колшения, мм-3/4-{130.9000000, 186.3000000}
123	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д колшения, мм-4/4-{186.3000000, 241.7000000}
124	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д полн. Спел., мм-1/4-{53.2000000, 106.1000000}
125	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д полн. Спел., мм-2/4-{106.1000000, 159.0000000}
126	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д полн. Спел., мм-3/4-{159.0000000, 211.9000000}
127	Сод. Влаги в слое почвы 0-200 см на п-д полн. Спел., мм-4/4-{211.9000000, 264.8000000}
128	Сод. Мин.о азота в почве на начало вес. Вег.и, мг/кг-1/4-{6.2000000, 12.2500000}
129	Сод. Мин.о азота в почве на начало вес. Вег.и, мг/кг-2/4-{12.2500000, 18.3000000}
130	Сод. Мин.о азота в почве на начало вес. Вег.и, мг/кг-3/4-{18.3000000, 24.3500000}
131	Сод. Мин.о азота в почве на начало вес. Вег.и, мг/кг-4/4-{24.3500000, 30.4000000}
132	Сод. Мин. Азота в почве в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-1/4-{3.7000000, 10.4750000}
133	Сод. Мин. Азота в почве в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-2/4-{10.4750000, 17.2500000}
134	Сод. Мин. Азота в почве в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-3/4-{17.2500000, 24.0250000}
135	Сод. Мин. Азота в почве в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-4/4-{24.0250000, 30.8000000}
136	Сод. Мин. Азота в почве в фазу колош., мг/кг-1/4-{3.1000000, 7.8250000}
137	Сод. Мин. Азота в почве в фазу колош., мг/кг-2/4-{7.8250000, 12.5500000}
138	Сод. Мин. Азота в почве в фазу колош., мг/кг-3/4-{12.5500000, 17.2750000}
139	Сод. Мин. Азота в почве в фазу колош., мг/кг-4/4-{17.2750000, 22.0000000}
140	Сод. Мин. Азота в почве в фазу полн. Спел., мг/кг-1/4-{3.8000000, 9.5500000}
141	Сод. Мин. Азота в почве в фазу полн. Спел., мг/кг-2/4-{9.5500000, 15.3000000}
142	Сод. Мин. Азота в почве в фазу полн. Спел., мг/кг-3/4-{15.3000000, 21.0500000}
143	Сод. Мин. Азота в почве в фазу полн. Спел., мг/кг-4/4-{21.0500000, 26.8000000}
144	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы на нач. Весен. Вег., мг/кг-1/4-{1.6000000, 16.2750000}
145	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы на нач. Весен. Вег., мг/кг-2/4-{16.2750000, 30.9500000}
146	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы на нач. Весен. Вег., мг/кг-3/4-{30.9500000, 45.6250000}
147	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы на нач. Весен. Вег., мг/кг-4/4-{45.6250000, 60.3000000}
148	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-1/4-{2.7000000, 17.3250000}
149	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-2/4-{17.3250000, 31.9500000}
150	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-3/4-{31.9500000, 46.5750000}

151	Сод. Фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-4/4-{46.5750000, 61.2000000}
152	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу колошения, мг/кг-1/4-{6.2000000, 19.6500000}
153	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу колошения, мг/кг-2/4-{19.6500000, 33.1000000}
154	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу колошения, мг/кг-3/4-{33.1000000, 46.5500000}
155	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу колошения, мг/кг-4/4-{46.5500000, 60.0000000}
156	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-1/4-{3.7000000, 17.9500000}
157	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-2/4-{17.9500000, 32.2000000}
158	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-3/4-{32.2000000, 46.4500000}
159	Сод-е фосфатов в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-4/4-{46.4500000, 60.7000000}
160	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы на нач.о вес. Вег., мг/кг-1/4-{267.0000000, 342.5000000}
161	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы на нач.о вес. Вег., мг/кг-2/4-{342.5000000, 418.0000000}
162	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы на нач.о вес. Вег., мг/кг-3/4-{418.0000000, 493.5000000}
163	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы на нач.о вес. Вег., мг/кг-4/4-{493.5000000, 569.0000000}
164	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-1/4-{238.0000000, 298.5000000}
165	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-2/4-{298.5000000, 359.0000000}
166	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-3/4-{359.0000000, 419.5000000}
167	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу вых. Раст. В трубку, мг/кг-4/4-{419.5000000, 480.0000000}
168	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу колош., мг/кг-1/4-{203.0000000, 271.0000000}
169	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу колош., мг/кг-2/4-{271.0000000, 339.0000000}
170	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу колош., мг/кг-3/4-{339.0000000, 407.0000000}
171	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу колош., мг/кг-4/4-{407.0000000, 475.0000000}
172	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-1/4-{223.0000000, 284.0000000}
173	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-2/4-{284.0000000, 345.0000000}
174	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-3/4-{345.0000000, 406.0000000}
175	Сод-е калия в 0-30 см слое почвы в фазу полн. Спел., мг/кг-4/4-{406.0000000, 467.0000000}
176	Цена зерна, руб./кг-1/4-{5.3500000, 5.6587500}
177	Цена зерна, руб./кг-2/4-{5.6587500, 5.9675000}
178	Цена зерна, руб./кг-3/4-{5.9675000, 6.2762500}
179	Цена зерна, руб./кг-4/4-{6.2762500, 6.5850000}
180	Затраты на удобрения, руб./га-1/4-{653.7520000, 3979.4670000}
181	Затраты на удобрения, руб./га-2/4-{3979.4670000, 7305.1820000}
182	Затраты на удобрения, руб./га-3/4-{7305.1820000, 10630.8970000}
183	Затраты на удобрения, руб./га-4/4-{10630.8970000, 13956.6120000}
184	Стоимость зерна, руб./га-1/4-{13482.0000000, 23149.8000000}
185	Стоимость зерна, руб./га-2/4-{23149.8000000, 32817.6000000}
186	Стоимость зерна, руб./га-3/4-{32817.6000000, 42485.4000000}
187	Стоимость зерна, руб./га-4/4-{42485.4000000, 52153.2000000}
188	Производственные затраты, руб./га-1/4-{17942.0000000, 21507.4030000}
189	Производственные затраты, руб./га-2/4-{21507.4030000, 25072.8060000}
190	Производственные затраты, руб./га-3/4-{25072.8060000, 28638.2090000}
191	Производственные затраты, руб./га-4/4-{28638.2090000, 32203.6120000}
192	Затраты совокупной энергии, гдж/га-1/4-{14.1000000, 19.2000000}
193	Затраты совокупной энергии, гдж/га-2/4-{19.2000000, 24.3000000}
194	Затраты совокупной энергии, гдж/га-3/4-{24.3000000, 29.4000000}
195	Затраты совокупной энергии, гдж/га-4/4-{29.4000000, 34.5000000}
196	Выход энергии, гдж/га-1/4-{70.2270000, 109.8922500}
197	Выход энергии, гдж/га-2/4-{109.8922500, 149.5575000}
198	Выход энергии, гдж/га-3/4-{149.5575000, 189.2227500}
199	Выход энергии, гдж/га-4/4-{189.2227500, 228.8880000}

В результате работы программно-го интерфейса автоматически формируется обучающая выборка (таблица 6, 7), которая включает описания 448

случаев выращивания зерна озимой пшеницы. Каждый случай выращивания описывается с одной стороны значениями действовавших факторов, а с другой стороны, количественными и качественными хозяйственными и финансово-экономическими результатами их действия.

Таблица 6 – Обучающая выборка классов (фрагмент)

Код объекта обучающей выборки	Коды классов				
	1	5	10	15	
1	1	5	10	15	
1	18	21	25	29	
1	33	37	41		
2	1	5	9	14	
2	20	21	25	29	
2	33	37	41		
3	1	6	10	15	
3	20	21	25	29	
3	33	37	41		
***	***	***	***	***	***
447	3	7	10	15	
447	20	21	25	31	
447	34	38	42	45	
448	3	8	11	15	
448	17	22	25	30	
448	33	37	41	45	

Таблица 7 – Обучающая выборка признаков (фрагмент)

Код объекта обучающей выборки	Коды значений факторов						
	2	8	14	17	21	26	28
1	2	8	14	17	21	26	28

1	34	36	42	45	49	53	57
1	61	64	70	73	78	82	85
1	89	93	98	101	104	108	114
1	118	122	124	129	132	137	141
1	144	148	152	156	160	165	168
1	172	177	184	188	192	196	
2	2	8	14	19	20	27	31
2	35	36	40	45	50	53	59
2	62	67	71	74	79	83	87
2	90	93	98	103	105	110	115
2	118	123	126	128	132	136	140
2	145	148	152	156	161	165	169
2	173	176	184	188	192	196	
3	2	8	14	19	22	25	31
3	35	37	40	47	51	54	57
3	65	70	74	78	80	85	88
3	93	98	100	105	109	115	118
3	120	126	128	132	136	140	144
3	148	152	156	162	166	170	174
3	176	184	188	192	196		
***	***	***	***	***	***	***	***
447	4	6	15	17	20	27	30
447	35	39	43	46	52	58	61
447	66	68	73	78	82	87	88
447	92	98	102	105	108	112	118
447	122	127	129	132	136	140	147
447	150	153	159	162	165	170	174
447	176	183	185	191	194	198	
448	4	6	15	16	20	26	28
448	33	39	43	44	48	53	57
448	60	64	70	73	78	80	84
448	88	92	98	100	104	109	113
448	118	120	124	129	133	136	140
448	147	151	154	158	163	167	171
448	174	179	183	186	191	194	198

### Синтез и верификация системно-когнитивных моделей (СКМ)

Данный этап системно-когнитивного анализа предметной области в системе «Э й д о с -Х++» может быть выполнен, в частности, с помощью режима\_35, который обеспечивает: синтез моделей знаний; оценку достоверности каждой модели знаний.

В системе «Э й д о с -Х++» представлены семь моделей знаний, частные критерии которых рассчитываются по (таблица 8): А. Харкевичу (два варианта расчета); **Хи-квадрат**, ROI (два варианта расчета); коэффициент взаимосвязи, т.е. разность условной и безусловной вероятностей (два варианта расчета).

Таблица 8 – Частные критерии знаний системы «Эйдос-Х++»

Наименование модели знаний и частный критерий	Выражение для частного критерия знаний через частоты	
	относительные	абсолютные
<b>INF1</b> , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 1-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество признаков по $j$ -му классу. Вероятность того, что если у объекта $j$ -го класса обнаружен признак, то это $i$ -й признак	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
<b>INF2</b> , частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу, 2-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество объектов по $j$ -му классу. Вероятность того, что если предъявлен объект $j$ -го класса, то у него будет обнаружен $i$ -й признак.	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{P_{ij}}{P_i}$	$I_{ij} = \Psi \times \log_2 \frac{N_{ij}N}{N_iN_j}$
<b>INF3</b> , частный критерий: <b>Хи-квадрат</b> : разности между фактическими и теоретически ожидаемыми абсолютными частотами	-	$I_{ij} = N_{ij} - \frac{N_iN_j}{N}$
<b>INF4</b> , частный критерий: ROI - Return On Investment, 1-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество признаков по $j$ -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
<b>INF5</b> , частный критерий: ROI - Return On Investment, 2-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество объектов по $j$ -му классу	$I_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_i} - 1 = \frac{P_{ij} - P_i}{P_i}$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}N}{N_iN_j} - 1$
<b>INF6</b> , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 1-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество признаков по $j$ -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$
<b>INF7</b> , частный критерий: разность условной и безусловной вероятностей, 2-й вариант расчета вероятностей: $N_j$ – суммарное количество объектов по $j$ -му классу	$I_{ij} = P_{ij} - P_i$	$I_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{N_i}{N}$

**Показатели достоверности системно-когнитивных моделей (валидности) [2]:**

– *идентифицировано верно* – это количество объектов обучающей выборки, которые идентифицированы как классы, к которым они действительно относятся;

– *идентифицировано ошибочно* – это количество объектов обучающей выборки, которые идентифицированы как классы, к которым они в действительности не относятся (ошибка идентификации);

– *неидентифицировано верно* – это количество объектов обучающей выборки, которые неидентифицированы как классы, к которым они действительно не относятся;

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

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

Интегральный критерий – аддитивная функция от частных критериев знаний, представленных в help режима 3.3 и имеет вид [1, с.32]:

$$I_j = \frac{1}{S_j S_l A} \sum_{i=1}^M (I_{ij} - \bar{I}_j) (L_i - \bar{L}),$$

где  $M$  – количество градаций описательных шкал (признаков);

$\bar{I}_j$  – средняя информативность по вектору класса;

$\bar{L}$  – среднее по вектору объекта;

$\sigma_j$  – среднеквадратичное отклонение частных критериев знаний вектора класса;

$\sigma_l$  – среднеквадратичное отклонение по вектору распознаваемого объекта.

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

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

$$\mathbf{r} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{й фактор действует;} \\ n, & \text{где } n > 0, \text{ если } i - \text{й фактор действует с истинностью } n; \\ 0, & \text{если } i - \text{й фактор не действует.} \end{cases}$$

Получены следующие результаты верификации моделей знаний (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты верификации моделей знаний

Тип модели (частный критерий знаний)	Интегральный критерий	Достоверность		
		Идентификации	Не идентификации	Средняя
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс-признак" у объектов обуч.выборки	Корреляция абс.частот с обр.объекта	99,981	1,254	50,618
1. ABS - частный критерий: количество встреч сочетаний: "класс-признак" у объектов обуч.выборки	Сумма абс.частот по признакам объекта	100,000	0,000	50,000
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса	Корреляция усл.отн.частот с обр.объекта	99,981	1,254	50,618
2. PRC1 - частный критерий: усл. вероятность i-го признака среди признаков объектов j-го класса	Сумма усл.отн.частот по признакам объект	100,000	0,000	50,000
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса	Корреляция усл.отн.частот с обр.объекта	99,981	1,254	50,618
3. PRC2 - частный критерий: условная вероятность i-го признака у объектов j-го класса	Сумма усл.отн.частот по признакам объект	100,000	0,000	50,000
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1	Семантический резонанс знаний	79,605	70,920	75,262
<b>4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC1</b>	<b>Сумма знаний</b>	<b>73,233</b>	<b>81,627</b>	<b>77,430</b>
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	Семантический резонанс знаний	79,624	70,948	75,286
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу; вероятности из PRC2	Сумма знаний	73,402	81,713	77,558
<b>6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами</b>	<b>Семантический резонанс знаний</b>	<b>81,504</b>	<b>73,321</b>	<b>77,412</b>
<b>6. INF3 - частный критерий: Хи-квадрат, разности между фактическими и ожидаемыми абс.частотами</b>	<b>Сумма знаний</b>	<b>81,504</b>	<b>73,321</b>	<b>77,412</b>
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC1	Семантический резонанс знаний	73,647	77,558	75,602
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return	Сумма знаний	84,023	68,809	76,416

On Investment); вероятности из PRC1				
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	Семантический резонанс знаний	73,665	77,550	75,608
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment); вероятности из PRC2	Сумма знаний	84,135	69,021	76,578
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC1	Семантический резонанс знаний	80,019	73,780	76,899
9. INF6 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC1	Сумма знаний	81,504	69,678	75,591
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC2	Семантический резонанс знаний	80,000	73,891	76,945
10.INF7 - частный критерий: разн.усл.и безусл.вероятностей; вероятности из PRC2	Сумма знаний	81,805	69,929	75,867

Согласно таблице 9, наиболее подходящая модель знаний – это модель INF3, которая обладает высокой степенью достоверности, адекватно отражает исследуемую предметную область, а, следовательно, ее можно использовать для прогнозирования результатов и принятия управленческих решений по выбору технологий производства зерна озимой пшеницы, обеспечивающей с высокой вероятностью желаемый результат.

Результаты измерения адекватности семантической информационной модели (INF3) отражены в таблице 10.

Таблица 10 – Измерение адекватности системно-когнитивной модели INF3

Код класса	Наименование класса	Кол-во объектов, относящихся к классу	Верно идентифицировано	Вероятность случайного угадывания	Эффективность модели
1	Урожайность, ц/га-1/4-{24.3000000, 38.0250000}	77	77	0,172	5,818
2	Урожайность, ц/га-2/4-{38.0250000, 51.7500000}	110	110	0,246	4,073
3	Урожайность, ц/га-3/4-{51.7500000, 65.4750000}	190	190	0,424	2,358
4	Урожайность, ц/га-4/4-{65.4750000, 79.2000000}	71	71	0,158	6,310
5	Содержание белка, %-1/4-{7.1000000, 9.1250000}	40	40	0,089	11,200
6	Содержание белка, %-2/4-{9.1250000, 11.1500000}	150	150	0,335	2,987
7	Содержание белка, %-3/4-{11.1500000, 13.1750000}	184	184	0,411	2,435
8	Содержание белка, %-4/4-{13.1750000, 15.2000000}	74	74	0,165	6,054
9	Содержание клейковины,%-1/4-{12.4000000, 16.9000000}	52	52	0,116	8,615
10	Содержание клейковины,%-2/4-{16.9000000, 21.4000000}	157	157	0,350	2,854
11	Содержание клейковины,%-3/4-{21.4000000, 25.9000000}	183	183	0,408	2,448
12	Содержание клейковины,%-4/4-{25.9000000, 30.4000000}	56	56	0,125	8,000
13	Натура зерна, г/л-1/4-{746.0000000, 773.0000000}	48	48	0,107	9,333

14	Натура зерна, г/л-2/4-{773.0000000, 800.0000000}	196	196	0,438	2,286
15	Натура зерна, г/л-3/4-{800.0000000, 827.0000000}	120	120	0,268	3,733
16	Натура зерна, г/л-4/4-{827.0000000, 854.0000000}	84	84	0,188	5,333
17	Классность зерна-1/4-{2.0000000, 2.5000000}	176	176	0,393	2,545
18	Классность зерна-2/4-{2.5000000, 3.0000000}	191	191	0,426	2,346
19	Классность зерна-3/4-{3.0000000, 3.5000000}				
20	Классность зерна-4/4-{3.5000000, 4.0000000}	81	81	0,181	5,531
21	Чистый доход (убыток), руб./га-1/4-{-7066.3000000, 1918.2875000}	89	89	0,199	5,034
22	Чистый доход (убыток), руб./га-2/4-{1918.2875000, 10902.8750000}	181	181	0,404	2,475
23	Чистый доход (убыток), руб./га-3/4-{10902.8750000, 19887.4625000}	131	131	0,292	3,420
24	Чистый доход (убыток), руб./га-4/4-{19887.4625000, 28872.0500000}	47	47	0,105	9,532
25	Уровень рентабельности (убыточности), %-1/4-{-30.1115820, 14.1205269}	122	122	0,272	3,672
26	Уровень рентабельности (убыточности), %-2/4-{-14.1205269, 58.3526359}	190	190	0,424	2,358
27	Уровень рентабельности (убыточности), %-3/4-{-58.3526359, 102.5847448}	103	103	0,230	4,350
28	Уровень рентабельности (убыточности), %-4/4-{-102.5847448, 146.8168537}	33	33	0,074	13,576
29	Приращение энергии, гдж/га-1/4-{55.0270000, 92.0192500}	79	79	0,176	5,671
30	Приращение энергии, гдж/га-2/4-{92.0192500, 129.0115000}	128	128	0,286	3,500
31	Приращение энергии, гдж/га-3/4-{129.0115000, 166.0037500}	173	173	0,386	2,590
32	Приращение энергии, гдж/га-4/4-{166.0037500, 202.9960000}	68	68	0,152	6,588
33	К-т чистой эффективности-1/4-{2.1450000, 4.4598174}	79	79	0,176	5,671
34	К-т чистой эффективности-2/4-{4.4598174, 6.7746349}	275	275	0,614	1,629
35	К-т чистой эффективности-3/4-{6.7746349, 9.0894523}	91	91	0,203	4,923
36	К-т чистой эффективности-4/4-{9.0894523, 11.4042697}	3	3	0,007	149,33 3
37	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-1/4-{3.1450000, 5.4598174}	79	79	0,176	5,671
38	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-2/4-{5.4598174, 7.7746349}	275	275	0,614	1,629
39	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-3/4-{7.7746349, 10.0894523}	91	91	0,203	4,923
40	К-т отношения получ. И затрат. Энергии-4/4-{10.0894523, 12.4042697}	3	3	0,007	149,33 3
41	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-1/4-{-108.8235294, 188.9210178}	79	79	0,176	5,671
42	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-2/4-{-188.9210178, 269.0185063}	275	275	0,614	1,629
43	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-3/4-{-269.0185063, 349.1159947}	91	91	0,203	4,923
44	Выход зерна в расчете на 1 гдж затрат. Энергии, кг-4/4-{-349.1159947, 429.2134831}	3	3	0,007	149,33 3
45	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-1/4-{2.2160643, 19.2136007}	352	352	0,786	1,273
46	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-2/4-{19.2136007, 36.2111370}	26	26	0,058	17,231
47	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-3/4-{36.2111370, 53.2086734}	6	6	0,013	74,667
48	Окупаемость удобрений зерном, кг/кг-4/4-{53.2086734, 70.2062097}	8	8	0,018	56,000

В системе «Э й д о с -Х++» реализовано несколько методов оптимизации (улучшения адекватности) модели: исключение из модели статистически малопредставленных классов и факторов; исключение незначимых факторов; взвешивание данных; итерационное разделение классов на типичную и нетипичную части; генерация моделей больших размерностей с сочетанными признаками.

Проведенные численные эксперименты с применением методов оптимизации показало, что их применение нецелесообразно, т.к. исходная модель и так обладает хорошими характеристиками адекватности, а в этом случае применение методов повышения адекватности не дает ощутимых результатов.

### **Вывод**

В представленной работе обоснована возможность прогнозирования и принятия управленческих решений по выбору агротехнологий посредством применения метода системно-когнитивного анализа отличающаяся от традиционных тем, что обеспечивается построение и адаптацию модели сложного объекта управления и прогнозирования.

Проведена когнитивная структуризация и формализация предметной области: проанализированы исходные данные для построения системно-когнитивной модели природно-экономической системы производства зерна озимой пшеницы, поставлена и решена задача их автоматизированного преобразования к виду, непосредственно воспринимаемому системой "Э й д о с -Х++" с помощью одного из ее стандартных программных интерфейсов; результаты ее работы и автоматически сформированные на их основе системой "Э й д о с -Х++" справочники классов и факторов, а также обучающая выборка.

Впервые осуществлен синтез и верификация системно-когнитивных моделей природно-экономической системы производства зерна озимой

пшеницы, характеризующихся высокой размерностью и адекватностью, что позволяет на ее основе решать задачи прогнозирования и управления, а также исследования моделируемой предметной области.

### Литература

1. Луценко, Е. В. Прогнозирование и принятие решений в растениеводстве с применением технологий искусственного интеллекта: Монография (научное издание) / Е. В. Луценко, В. И. Лойко, Л. О. Великанова. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 257 с.

2. Горпинченко К.Н. Оценка эффективности применения перспективных технологий выращивания зерна озимой пшеницы / К.Н. Горпинченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №10(034). С. 178 – 185. – Шифр Информрегистра: 0420700012\0178, IDA [article ID]: 0340710013. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2007/10/pdf/13.pdf>, 0,5 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,577

3. Луценко Е.В. Синтез системно-когнитивной модели природно-экономической системы и ее использование для прогнозирования и управления в зерновом производстве (Часть 1 – постановка задачи) / Луценко Е.В., Горпинченко К.Н.. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №05(089). – IDA [article ID]: 0891305089. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/89.pdf>, 0,750 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,577

4. Луценко Е.В., Коржаков В.Е., Ермоленко В.В. Интеллектуальные системы в контроллинге и менеджменте средних и малых фирм: Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В.Луценко. Монография (научное издание). – Майкоп: АГУ. 2011. – 392 с.

### References

1. Lucenko, E. V. Prognozirovanie i prinjatije reshenij v rastenievodstve s primeneniem tehnologij iskusstvennogo intellekta: Monografija (nauchnoe izdanie) / E. V. Lucenko, V. I. Lojko, L. O. Velikanova. – Krasnodar: KubGAU, 2008. – 257 s.

2. Gorpincenko K.N. Ocenka jeffektivnosti primenenija perspektivnyh teh-nologij vyrashhivanija zerna ozimoj pshenicy / K.N. Gorpincenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo univer-siteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2007. – №10(034). S. 178 – 185. – Shifr Informregistra: 0420700012\0178, IDA [article ID]: 0340710013. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2007/10/pdf/13.pdf>, 0,5 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,577

3. Lucenko E.V. Sintez sistemno-kognitivnoj modeli prirodno-jekonomicheskoy sistemy i ee ispol'zovanie dlja prognozirovanija i upravlenija v zer-novom proizvodstve (Chast' 1 – postanovka zadachi) / Lucenko E.V., Gorpincenko K.N.. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvenno-go agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Kras-nodar: KubGAU, 2013. – №05(089). – IDA [article ID]: 0891305089. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/05/pdf/89.pdf>, 0,750 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,577

4. Lucenko E.V., Korzhakov V.E., Ermolenko V.V. Intellektual'nye sistemy v kontrollinge i menedzhmente srednih i malyh firm: Pod nauch. red. d.je.n., prof. E.V.Lucenko. Monografija (nauchnoe izdanie). – Majkop: AGU. 2011. – 392 s.3.