

УДК 541.21 + 004.8

UDC 541.21 + 004.8

02.00.00 Химические науки
05.00.00 Технические науки

Chemical science
Engineering

АСК-АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРОВ АТОМОВ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОТ ИХ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

ASC-ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF THE SIZES OF ATOMS OF CHEMICAL ELEMENTS ON THEIR MAIN CHARACTERISTICS

Казаченко Александр Сергеевич
к.х.н., Научный сотрудник
ORCID: 0000-0002-3121-1666
Федеральный исследовательский центр "Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт химии и химических технологии СО РАН, Красноярск

Kazachenko Alexander Sergeevich
Cand.Chem.Sci., Researcher
ORCID: 0000-0002-3121-1666
Federal Research Center "Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS», Krasnoyarsk

Луценко Евгений Вениаминович
д.э.н., к.т.н., профессор
Scopus Author ID: 57191193316
SPIN-код: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Lutsenko Eugeny Veniaminovich
Dr.Sci.Econ., Cand.Tech.Sci., professor
Scopus Author ID: 57191193316
SPIN-code: 9523-7101
prof.lutsenko@gmail.com
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Изучая природные явления во всем их многообразии, человечество отработало испытанные в каждой области науки модели восприятия мира и методы получения информации. Развитие науки в настоящее время невозможно представить без исследований на стыке ее областей. В данной статье представлены результаты автоматизированного системно-когнитивного анализа размеров атомов от основных характеристик, которые являются исследованием на стыке общей химии элементов и интеллектуальных систем. Зависимость атомного радиуса от массы и атома и зарядового числа имеют идентичную форму и размер, что, вероятно, связано с линейным возрастанием этих параметров в Периодической системе химических элементов. Также наблюдается аналогичная форма зависимостей радиусов атомов от коэффициентов e^x и x , что связано с тем, что данные коэффициенты взаимосвязаны. Полученные результаты АСК-анализа подтверждают теоретические предположения и формульные зависимости основных характеристик атома

Studying natural phenomena in all their diversity, humanity worked experienced in every field of science the model of perceiving the world and methods of obtaining information. The development of science currently cannot be imagined without research on the intersection of its regions. This article presents the results of the automated system-cognitive analysis of the size of atoms from the main characteristics that are of research at the interface of General chemistry elements and intelligent systems. Dependence of nuclear radius, mass and of the atom and the charge number are identical in shape and size, which is probably connected with the linear increase of these parameters in the Periodic system of chemical elements. There is also a similar form of the dependences of radii of atoms from the factors e^x and x , because these factors are interrelated. The obtained results of the ask analysis have confirmed the theoretical assumptions and the formulae of the dependence of main characteristics of the atom

Ключевые слова: ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ, РАДИУС АТОМА, АСК-АНАЛИЗ, СИСТЕМНО-КОГНИТИВНЫЙ АНАЛИЗ

Keywords: PERIODIC SYSTEM OF ELEMENTS, ATOM RADIUS, ASK ANALYSIS, SYSTEMIC-COGNITIVE ANALYSIS

Doi: 10.21515/1990-4665-134-055

Одним из основных понятий в химии является «атом». Под «атомом» понимают наименьшую часть химического элемента, являющуюся носителем его свойств [1, 2]. Каждый атом обусловлен массой и радиусом [3]. Под атомным радиусом понимают расстояние между ядром атома и дальней из стабильных электронных орбит в оболочке данного атома [4].

Изучая природные явления во всем их многообразии, человечество отработало испытанные в каждой области науки модели восприятия мира и методы получения информации [5].

Интерес к математическим методам расчета основных физико-химических параметров элементов проявился с момента возникновения самой периодической системы. В современном мире применение ЭВМ стало неотъемлемой частью почти любого научно-технического процесса, и это позволило открыть новые горизонты данного рода исследований [6].

Принципы и понятия математического моделирования в последнее время получили существенное развитие. Оно связано с интенсивным применением информационных технологий и вычислительной техники [7]. При моделировании химических процессов наряду с моделями отдельных аппаратов используют модель всей системы. Необходимость этого обусловлена тем, что процессы, протекающие в отдельных аппаратах, влияют друг на друга [8].

Цель данной работы – автоматизированный системно-когнитивный анализ [14-21] влияния основных характеристик атома на их размеры.

В качестве исходных данных были использованы данные об основных характеристиках атома, таких как радиус, объем атома, электроотрицательность, энергия ионизации, энергия сродства к электрону, заряд атома [15], а также рассчитанные нами ранее характеристики: коэффициент e^x , коэффициент x [16], потенциал ядра атома [17] и ΔR_{av} [18, 19].

В качестве метода решения задачи изучения основных характеристик атома предлагается применить новую инновационную интеллектуальную технологию: автоматизированный системно-когнитивный анализ (АСК-анализ) и его программный инструментарий – систему «Эйдос» [14-21]. АСК-анализ имеет ряд особенностей, которые обусловили его выбор:

1. Имеет теоретическое обоснование, основой которого является семантическая мера целесообразности информации А. Харкевича.

2. Обеспечивает корректную сопоставимую количественную обработку разнородных по своей природе взаимосвязанных факторов, измеряемых в различных единицах измерения, высокую точность и независимость результатов расчетов от единиц измерения исходных данных.

3. Обеспечивает построение многомерных моделей объекта моделирования непосредственно на основе неполных (фрагментированных) и зашумленных (искаженных) эмпирических данных о нем.

4. Имеет развитую и доступную программную реализацию в виде универсальной когнитивной аналитической системы «Эйдос» (открытое программное обеспечение: http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm) [20].

Поскольку исходные данные приведены в различных единицах измерения, то они могут быть совместно сопоставимо обработаны в одной модели путем метризации шкал и представления всех данных в одних единицах измерения: единицах количества информации [21].

Исходные данные, использованные в АСК-анализе основных характеристик атома, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для создания модели влияния основных характеристик атома на его размеры

Номер_Элемент	Атомный радиус, (1*10 ⁻¹² м)	Внутриатомный объем, (1*10 ⁻³⁰ м ³)	Площадь поверхности атома, (1*10 ⁻²⁰ м ²)	Зарядовое число	Атомная масса, (а.е.м.)	Энергия ионизации, (эВ)	Энергия сродства к электрону, (эВ)	Электроотрицательность	Коэффициент e ^λ x, (с ² /кг*м)	Коэффициент x, (с ² /кг*м)	Дельта R av, (1*10 ⁻¹² м)	Потенциал ядра атома, (кг*(м ²)/с ²)
001_H	53,00	0,62	3,53	1,00	1,01	13,60	-0,75	2,10	28,37	3,35	0,00	15,04
002_He	31,00	0,12	1,21	2,00	4,00	24,59	-0,22	0,00	96,32	4,57	0,00	29,86
003_Li	145,00	12,76	26,41	3,00	6,94	5,39	-0,59	0,97	23,81	3,17	4,49	34,52
004_Be	112,00	5,88	15,76	4,00	9,01	9,32	-0,38	1,47	30,01	3,40	3,30	33,61
005_B	98,00	3,94	12,06	5,00	10,81	8,30	-0,30	2,01	32,92	3,49	1,64	32,26
006_C	77,00	1,91	7,45	6,00	12,01	11,26	-1,27	2,50	38,79	3,66	1,85	29,87
007_N	92,00	3,26	10,63	7,00	14,01	14,53	-0,21	3,07	32,45	3,48	1,47	29,85
008_O	60,00	0,90	4,52	8,00	16,00	13,62	-1,47	3,50	49,73	3,91	1,67	29,84
009_F	73,00	1,63	6,69	9,00	19,00	17,42	-3,49	4,10	43,14	3,76	1,07	31,49
010_Ne	38,00	0,23	1,81	10,00	20,18	21,56	-0,22	0,00	79,23	4,37	1,03	30,11
011_Na	190,00	28,72	45,34	11,00	22,99	5,14	-0,34	1,01	16,41	2,80	1,75	31,18
012_Mg	160,00	17,15	32,15	12,00	24,31	7,65	-0,22	1,23	18,89	2,94	1,58	30,22
013_Al	143,00	12,24	25,68	13,00	26,98	5,99	-0,46	1,47	21,65	3,08	0,79	30,97
014_Si	132,00	9,63	21,88	14,00	28,09	8,15	-1,38	1,74	22,67	3,12	0,95	29,93
015_P	128,00	8,78	20,58	15,00	30,97	10,49	-0,80	2,10	24,07	3,18	0,81	30,81
016_S	127,00	8,58	20,26	16,00	32,07	10,36	-2,08	2,60	23,54	3,16	1,09	29,90
017_Cl	99,00	4,06	12,31	17,00	35,45	12,97	-3,61	2,83	31,43	3,45	0,68	31,11
018_Ar	71,00	1,50	6,33	18,00	39,95	15,76	-0,37	0,00	46,64	3,84	0,77	33,11
019_K	235,00	54,33	69,36	19,00	39,10	4,34	-0,47	0,91	13,06	2,57	1,11	30,70
020_Ca	197,00	32,01	48,74	20,00	40,08	6,11	-1,93	1,04	15,18	2,72	1,15	29,90
021_Sc	162,00	17,80	32,96	21,00	44,96	6,56	-0,73	1,20	19,72	2,98	0,86	31,94
022_Ti	147,00	13,30	27,14	22,00	47,87	6,82	-0,39	1,32	22,08	3,09	0,30	32,46
023_V	134,00	10,07	22,55	23,00	50,94	6,74	-0,64	1,45	24,66	3,21	0,23	33,04
024_Cr	130,00	9,20	21,23	24,00	52,00	6,77	-0,98	1,56	24,86	3,21	0,16	32,32
025_Mn	127,00	8,58	20,26	25,00	54,94	7,44	-0,97	1,60	25,82	3,25	0,15	32,79
026_Fe	126,00	8,37	19,94	26,00	55,85	7,89	-0,58	1,64	25,43	3,24	0,13	32,05
027_Co	125,00	8,18	19,63	27,00	58,93	7,87	-0,94	1,70	26,05	3,26	0,15	32,56
028_Ni	124,00	7,98	19,31	28,00	58,69	7,63	-1,28	1,75	25,22	3,23	0,20	31,27
029_Cu	128,00	8,78	20,58	29,00	63,55	7,73	-1,23	1,75	25,54	3,24	0,25	32,69
030_Zn	138,00	11,00	23,92	30,00	65,41	9,39	-0,09	1,66	23,57	3,16	0,24	32,53
031_Ga	141,00	11,74	24,97	31,00	69,72	6,00	-0,39	1,82	23,80	3,17	0,42	33,56
032_Ge	122,50	7,70	18,85	32,00	72,64	7,90	-1,74	2,02	27,65	3,32	0,48	33,87
033_As	139,00	11,24	24,27	33,00	74,92	9,82	-1,07	2,20	24,37	3,19	0,48	33,87
034_Se	140,00	11,49	24,62	34,00	78,96	9,75	-2,02	2,48	24,75	3,21	0,64	34,65
035_Br	94,00	3,48	11,10	35,00	79,90	11,84	-3,37	2,74	36,23	3,59	0,37	34,06
036_Kr	88,00	2,85	9,73	36,00	83,80	14,00	-0,42	0,00	39,46	3,68	0,51	34,73
037_Rb	248,00	63,86	77,25	37,00	85,47	4,18	-0,42	0,89	13,90	2,63	0,62	34,46
038_Sr	215,00	41,61	58,06	38,00	87,62	5,69	-1,51	0,99	16,00	2,77	0,62	34,40
039_Y	178,00	23,61	39,80	39,00	88,91	6,22	-0,40	1,11	19,11	2,95	0,52	34,01
040_Zr	160,00	17,15	32,15	40,00	91,22	6,84	-0,45	1,22	21,27	3,06	0,17	34,03
041_Nb	146,00	13,03	26,77	41,00	92,91	6,84	-0,45	1,22	23,16	3,14	0,13	33,81
042_Mo	139,00	11,24	24,27	42,00	95,94	6,88	-1,13	1,23	24,52	3,20	0,09	34,08
043_Tc	136,00	10,53	23,23	43,00	98,91	7,10	-1,18	1,30	25,23	3,23	0,08	34,32
044_Ru	134,00	10,07	22,55	44,00	101,07	7,28	-0,73	1,36	25,57	3,24	0,07	34,27
045_Rh	134,00	10,07	22,55	45,00	102,91	7,37	-1,14	1,42	25,46	3,24	0,09	34,12
046_Pd	137,00	10,77	23,57	46,00	106,42	7,46	-1,24	1,45	25,19	3,23	0,12	34,52
047_Ag	144,00	12,50	26,04	47,00	107,87	8,34	-1,02	1,35	23,78	3,17	0,13	34,24
048_Cd	154,00	15,29	29,79	48,00	112,41	7,58	-1,30	1,42	22,69	3,12	0,15	34,94
049_In	166,00	19,15	34,61	49,00	114,82	8,99	-0,27	1,46	21,06	3,05	0,25	34,96
050_Sn	162,00	17,80	32,96	50,00	118,71	5,79	-0,72	1,49	21,87	3,08	0,34	35,42
051_Sb	159,00	16,83	31,75	51,00	121,76	7,34	-1,25	1,72	22,40	3,11	0,27	35,62
052_Te	160,00	17,15	32,15	52,00	127,60	8,64	-1,05	1,82	22,88	3,13	0,47	36,61

053_I	136,00	10,53	23,23	53,00	126,90	9,01	-1,96	2,01	26,27	3,27	0,26	35,72
054_Xe	108,00	5,27	14,65	54,00	131,29	10,45	-3,08	2,21	33,59	3,51	0,41	36,27
055_Cs	267,00	79,69	89,54	55,00	132,91	12,13	-0,45	0,00	13,50	2,60	0,43	36,05
056_Ba	222,00	45,81	61,90	56,00	137,33	3,89	-0,39	0,86	16,48	2,80	0,45	36,59
057_La	187,00	27,38	43,92	57,00	138,91	5,21	-0,48	0,97	19,44	2,97	1,10	36,36
058_Ce	181,00	24,83	41,15	58,00	140,12	5,58	-0,55	1,08	19,91	2,99	1,00	36,04
059_Pr	182,00	25,24	41,60	59,00	140,91	5,47	-0,52	1,08	19,58	2,97	0,95	35,63
060_Nd	182,00	25,24	41,60	60,00	144,24	5,42	0,52	1,07	19,71	2,98	0,81	35,87
061_Pm	183,00	25,66	42,06	61,00	146,92	5,49	-0,52	1,07	19,64	2,98	0,76	35,93
062_Sm	181,00	24,83	41,15	62,00	150,36	5,55	-0,52	1,07	19,99	3,00	0,92	36,18
063_Eu	199,00	32,99	49,74	63,00	151,96	5,63	-0,52	1,07	18,08	2,90	0,96	35,99
064_Gd	179,00	24,01	40,24	64,00	157,25	5,66	-0,52	1,01	20,48	3,02	1,50	36,66
065_Tb	180,00	24,42	40,69	65,00	158,93	6,16	-0,52	1,11	20,27	3,01	1,48	36,48
066_Dy	180,00	24,42	40,69	66,00	162,50	5,85	-0,52	1,10	20,41	3,02	1,45	36,73
067_Ho	179,00	24,01	40,24	67,00	164,93	5,93	-0,52	1,10	20,52	3,02	1,40	36,73
068_Er	178,00	23,61	39,80	68,00	167,26	6,02	-0,52	1,10	20,62	3,03	1,41	36,70
069_Tm	177,00	23,22	39,35	69,00	168,93	6,10	-0,52	1,11	20,64	3,03	1,35	36,53
070_Yb	194,00	30,57	47,27	70,00	173,04	6,18	0,00	1,11	19,01	2,94	1,33	36,88
071_Lu	175,00	22,44	38,47	71,00	174,97	6,25	-0,52	1,06	21,01	3,04	1,31	36,77
072_Hf	167,00	19,50	35,03	72,00	178,49	5,43	-0,52	1,14	22,15	3,10	0,27	36,99
073-Ta	149,00	13,85	27,88	73,00	180,95	7,50	-0,63	1,23	24,82	3,21	0,09	36,98
074_W	141,00	11,74	24,97	74,00	183,84	7,89	-0,62	1,33	26,29	3,27	0,07	37,06
075_Re	137,00	10,77	23,57	75,00	186,21	7,98	-0,50	1,40	27,04	3,30	0,05	37,04
076_Os	135,00	10,30	22,89	76,00	190,23	7,88	-0,15	1,46	27,66	3,32	0,05	37,34
077_Ir	136,00	10,53	23,23	77,00	192,22	8,50	-1,44	1,52	27,38	3,31	0,04	37,24
078_Pt	139,00	11,24	24,27	78,00	195,08	9,10	-1,97	1,55	26,84	3,29	0,05	37,31
079_Au	144,00	12,50	26,04	79,00	196,97	8,90	-2,13	1,44	25,83	3,25	0,07	37,20
080_Hg	157,00	16,20	30,96	80,00	200,59	9,23	-2,31	1,42	23,83	3,17	0,08	37,41
081_Tl	171,00	20,93	36,73	81,00	204,38	10,44	-0,19	1,44	22,01	3,09	0,09	37,65
082_Pb	175,00	22,44	38,47	82,00	207,20	6,11	-0,50	1,44	21,54	3,07	0,15	37,70
083_Bi	170,00	20,57	36,30	83,00	208,98	7,42	-1,14	1,55	22,10	3,10	0,22	37,56
084_Po	176,00	22,82	38,91	84,00	208,98	12,25	-0,95	1,67	21,09	3,05	0,18	37,12
085_At	145,00	12,76	26,41	85,00	209,99	8,43	1,87	1,76	25,42	3,24	0,34	36,86
086_Rn	214,00	41,03	57,52	86,00	222,02	9,20	-2,79	1,90	18,00	2,89	0,18	38,52
087_Fr	307,00	121,14	118,38	87,00	223,02	10,75	-0,42	0,00	12,46	2,52	0,31	38,24
088_Ra	263,00	76,16	86,88	88,00	226,03	3,98	0,00	0,86	14,57	2,68	0,29	38,32
090_Ac	188,00	27,82	44,39	89,00	227,03	5,28	0,00	0,97	20,24	3,01	1,10	38,06
091_Th	180,00	24,42	40,69	90,00	232,04	5,12	0,00	1,00	21,37	3,06	1,00	38,47
092_Pa	161,00	17,47	32,56	91,00	231,04	6,08	0,00	1,11	23,53	3,16	1,00	37,88
093_U	138,00	11,00	23,92	92,00	238,03	5,89	0,00	1,14	27,97	3,33	0,80	38,60
094_Np	130,00	9,20	21,23	93,00	237,05	6,19	0,00	1,22	29,25	3,38	0,80	38,03
095_Pu	162,00	17,80	32,96	94,00	244,06	6,20	0,00	1,22	23,91	3,17	0,90	38,74
096_Am	173,00	21,68	37,59	95,00	243,06	6,06	0,00	1,22	22,06	3,09	1,00	38,17
097_Cm	299,00	111,91	112,29	96,00	247,07	5,99	0,00	-1,20	12,84	2,55	1,50	38,40
098_Bk	297,00	109,68	110,79	97,00	247,07	6,09	0,00	-1,20	12,80	2,55	1,50	38,00
099_Cf	295,00	107,48	109,30	98,00	251,08	6,30	0,00	-1,20	12,96	2,56	1,50	38,22
100_Es	292,00	104,24	107,09	99,00	252,08	6,41	0,00	-1,20	13,01	2,57	1,40	37,99
101_Fm	290,00	102,11	105,63	100,00	257,10	6,52	0,00	-1,20	13,23	2,58	1,40	38,36
102_Md	287,00	98,97	103,46	101,00	258,10	6,64	0,00	-1,20	13,28	2,59	1,40	38,13
103_No	285,00	96,92	102,02	102,00	259,10	6,74	0,00	-1,20	13,30	2,59	1,30	37,90
104_Lr	282,00	93,89	99,88	103,00	266,00	6,84	0,00	-1,20	13,66	2,61	1,30	38,53

Из рисунка 1, видно, что достоверность моделей знаний высока для данной предметной области (>0,9) и в 3 раза выше случайного угадывания.

Наименование модели и частного критерия	Наименование интегрального критерия	Л2-ошибка проф. Е.В. Луценко	Средняя модуль разности объектов	Средний модуль разности объектов	Разность модулей разности объектов	Процент правильной идентификации	Процент неправильной идентификации	Процент амбиговой идентификации	Процент амбиговой идентификации	Вероятность ошибки при выборе признака объектов к классам	Вероятность ошибки при выборе признака объектов к классам	Эффект модели при выявлении: «С13/С17»	Эффект модели при выявлении: «С14/С18»	Средняя эффект модели: «С19-С20/2»	
1. ABS - частный критерий: количество встреч соизмеряем. "Клас...	Корреляция абс частот с обр...	0.000	0.921	0.326	0.120	0.205	100.000	84.543	15.457	20.011	79.989	5.000	1.057	3.029	
1. ABS - частный критерий: количество встреч соизмеряем. "Клас...	Сумма абс частот по признак...	0.000	0.888	0.713	0.180	0.532	100.000	100.000	100.000	20.011	79.989	5.000		2.500	
2. PRС1 - частный критерий: усл. вероятность его признака сред...	Корреляция усл отн частот с о...	0.000	0.921	0.326	0.120	0.205	100.000	84.543	15.457	20.011	79.989	5.000	1.057	3.029	
2. PRС1 - частный критерий: усл. вероятность его признака сред...	Сумма усл отн частот по приз...	0.000	0.888	0.727	0.184	0.543	100.000	100.000	100.000	20.011	79.989	5.000		2.500	
3. PRС2 - частный критерий: условная вероятность его признака...	Корреляция усл отн частот с о...	0.000	0.921	0.326	0.120	0.205	100.000	84.543	15.457	20.011	79.989	5.000	1.057	3.029	
3. PRС2 - частный критерий: условная вероятность его признака...	Сумма усл отн частот по приз...	0.000	0.888	0.726	0.184	0.542	100.000	100.000	100.000	20.011	79.989	5.000		2.500	
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Семантический резонанс: зна...	0.918	0.848	0.357	0.169	0.188	98.058	75.271	24.729	1.942	20.011	79.989	4.950	0.941	2.921
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Сумма знаний	0.900	0.869	0.320	0.156	0.164	99.029	68.962	31.038	0.971	20.011	79.989	4.950	0.863	2.906
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Семантический резонанс: зна...	0.918	0.848	0.357	0.169	0.188	98.058	75.271	24.729	1.942	20.011	79.989	4.900	0.941	2.921
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Сумма знаний	0.898	0.870	0.322	0.157	0.165	99.029	68.962	31.038	0.971	20.011	79.989	4.950	0.863	2.906
6. INF3 - частный критерий: Хонквардот: разности между фактич...	Семантический резонанс: зна...	0.900	0.924	0.337	0.117	0.220	100.000	84.513	15.487	20.011	79.989	5.000	1.057	3.028	
6. INF3 - частный критерий: Хонквардот: разности между фактич...	Сумма знаний	0.900	0.926	0.296	0.103	0.194	100.000	84.513	15.487	20.011	79.989	5.000	1.057	3.028	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Семантический резонанс: зна...	0.900	0.916	0.317	0.125	0.192	100.000	85.011	14.989	20.011	79.989	5.000	1.063	3.031	
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Сумма знаний	0.900	0.914	0.235	0.122	0.113	100.000	60.296	39.704	20.011	79.989	5.000	0.754	2.877	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Семантический резонанс: зна...	0.900	0.916	0.318	0.125	0.193	100.000	85.011	14.989	20.011	79.989	5.000	1.063	3.031	
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Сумма знаний	0.900	0.914	0.237	0.123	0.114	100.000	60.296	39.704	20.011	79.989	5.000	0.754	2.877	
9. INF6 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; вер...	Семантический резонанс: зна...	0.900	0.916	0.320	0.126	0.193	100.000	84.777	15.223	20.011	79.989	5.000	1.060	3.030	
9. INF6 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; вер...	Сумма знаний	0.900	0.915	0.233	0.118	0.115	100.000	60.033	39.967	20.011	79.989	5.000	0.751	2.875	
10. INF7 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; ве...	Семантический резонанс: зна...	0.900	0.916	0.320	0.126	0.193	100.000	84.777	15.223	20.011	79.989	5.000	1.060	3.030	
10. INF7 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; ве...	Сумма знаний	0.900	0.915	0.232	0.119	0.113	100.000	60.266	39.734	20.011	79.989	5.000	0.754	2.877	

Наименование модели и частного критерия	Наименование интегрального критерия	S-Точность модели	S-Полнота модели	L2-ошибка проф. Е.В. Луценко	Средний модуль разности объектов	A-Точность модели	A-Полнота модели	L2-ошибка проф. Е.В. Луценко	Средний модуль разности объектов	Средний модуль разности объектов	Разн. Средний модуль разности объектов			
1. ABS - частный критерий: количество встреч соизмеряем. "Клас...	Корреляция абс частот с обр...	0.904	1.000	0.949	0.694	0.119	0.217	0.853	1.000	0.921	0.326	0.120		
1. ABS - частный критерий: количество встреч соизмеряем. "Клас...	Сумма абс частот по признак...	0.497	1.000	0.664	0.713	0.180	0.798	1.000	0.888	0.713	0.180			
2. PRС1 - частный критерий: усл. вероятность его признака сред...	Корреляция усл отн частот с о...	0.904	1.000	0.949	0.694	0.119	0.217	0.853	1.000	0.921	0.326	0.120		
2. PRС1 - частный критерий: усл. вероятность его признака сред...	Сумма усл отн частот по приз...	0.497	1.000	0.664	0.727	0.184	0.798	1.000	0.888	0.727	0.184			
3. PRС2 - частный критерий: условная вероятность его признака...	Корреляция усл отн частот с о...	0.904	1.000	0.949	0.694	0.119	0.217	0.853	1.000	0.921	0.326	0.120		
3. PRС2 - частный критерий: условная вероятность его признака...	Сумма усл отн частот по приз...	0.497	1.000	0.664	0.726	0.184	0.798	1.000	0.888	0.726	0.184			
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Семантический резонанс: зна...	14	0.787	0.998	0.680	0.637	0.057	0.171	0.266	0.788	0.918	0.848	0.357	0.169
4. INF1 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Сумма знаний	26	0.758	1.000	0.862	0.399	0.028	0.132	0.220	0.797	0.909	0.869	0.320	0.156
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Семантический резонанс: зна...	13	0.787	0.998	0.680	0.637	0.057	0.171	0.266	0.788	0.918	0.848	0.357	0.169
5. INF2 - частный критерий: количество знаний по А.Харкевичу в...	Сумма знаний	27	0.758	1.000	0.862	0.603	0.027	0.153	0.221	0.797	0.908	0.870	0.322	0.157
6. INF3 - частный критерий: Хонквардот: разности между фактич...	Семантический резонанс: зна...	0.907	1.000	0.951	0.702	0.116	0.230	0.858	1.000	0.924	0.337	0.117		
6. INF3 - частный критерий: Хонквардот: разности между фактич...	Сумма знаний	0.910	1.000	0.953	0.621	0.099	0.202	0.862	1.000	0.926	0.296	0.103		
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Семантический резонанс: зна...	0.900	1.000	0.948	0.660	0.121	0.217	0.845	1.000	0.916	0.317	0.125		
7. INF4 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Сумма знаний	0.770	1.000	0.870	0.641	0.120	0.067	0.842	1.000	0.914	0.235	0.122		
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Семантический резонанс: зна...	0.900	1.000	0.948	0.660	0.121	0.217	0.845	1.000	0.916	0.318	0.125		
8. INF5 - частный критерий: ROI (Return On Investment), вероятно...	Сумма знаний	0.770	1.000	0.870	0.647	0.121	0.067	0.842	1.000	0.914	0.237	0.123		
9. INF6 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; вер...	Семантический резонанс: зна...	0.899	1.000	0.947	0.663	0.122	0.219	0.845	1.000	0.916	0.320	0.126		
9. INF6 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; вер...	Сумма знаний	0.771	1.000	0.871	0.633	0.117	0.067	0.844	1.000	0.915	0.233	0.118		
10. INF7 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; ве...	Семантический резонанс: зна...	0.899	1.000	0.947	0.663	0.122	0.219	0.845	1.000	0.916	0.320	0.126		
10. INF7 - частный критерий: разн усл и безуслов вероятностей; ве...	Сумма знаний	0.771	1.000	0.871	0.632	0.118	0.067	0.843	1.000	0.915	0.232	0.119		

Рисунок 1. Экранная форма с оценкой достоверности моделей с разными частными и интегральными критериями на основе метрики, предложенной Е.В. Луценко, сходной с F-критерием, но не предполагающей нормальность распределения, а лишь интегрально учитывающей верные и ошибочные результаты идентификации и не идентификации

На основе этого можно говорить о наличии достоверной зависимости радиуса атома от различных его характеристик.

Частотные распределения модулей уровня сходства объектов с классами представлены на рис. 2 и также подтверждают, что созданная модель не дает ложных решений.

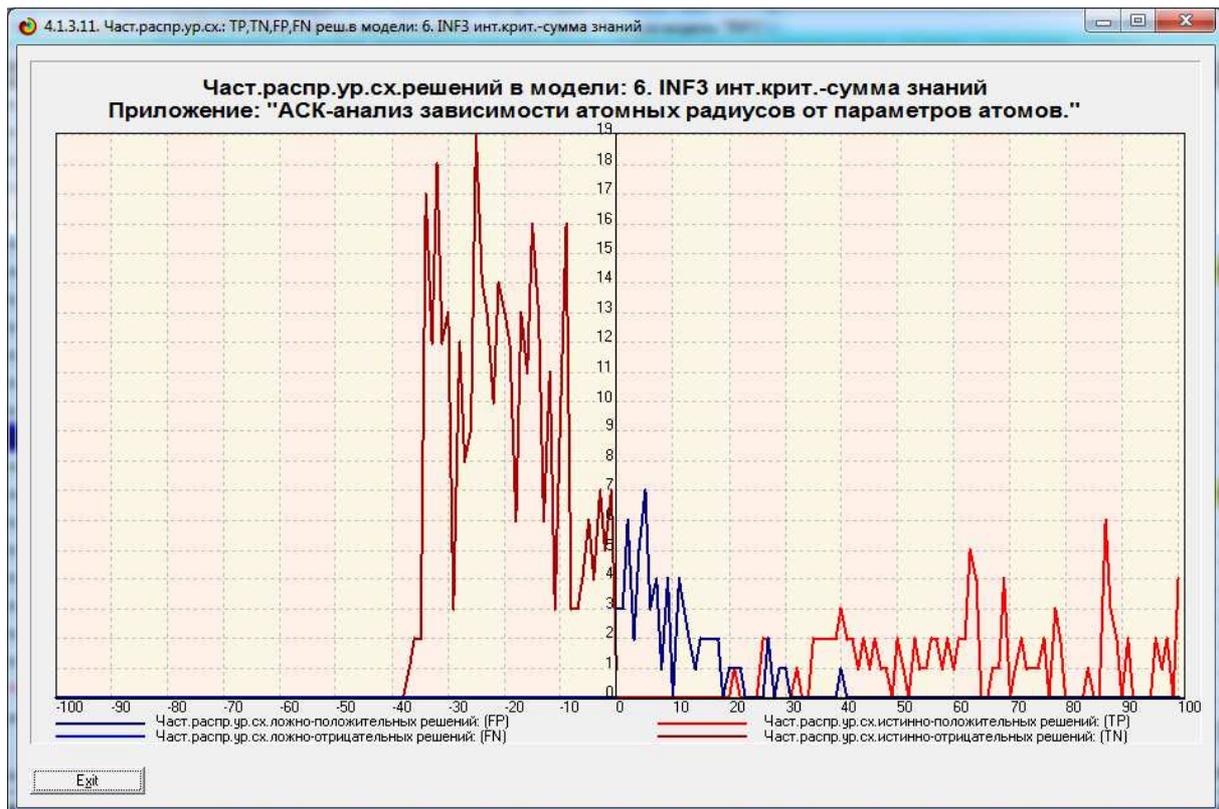


Рисунок 2. Частотные распределения модулей уровня сходства объектов с классами при TP, TN, FP и FN решениях при в RND-INF3 модели, при интегральном критерии «сумма знаний»

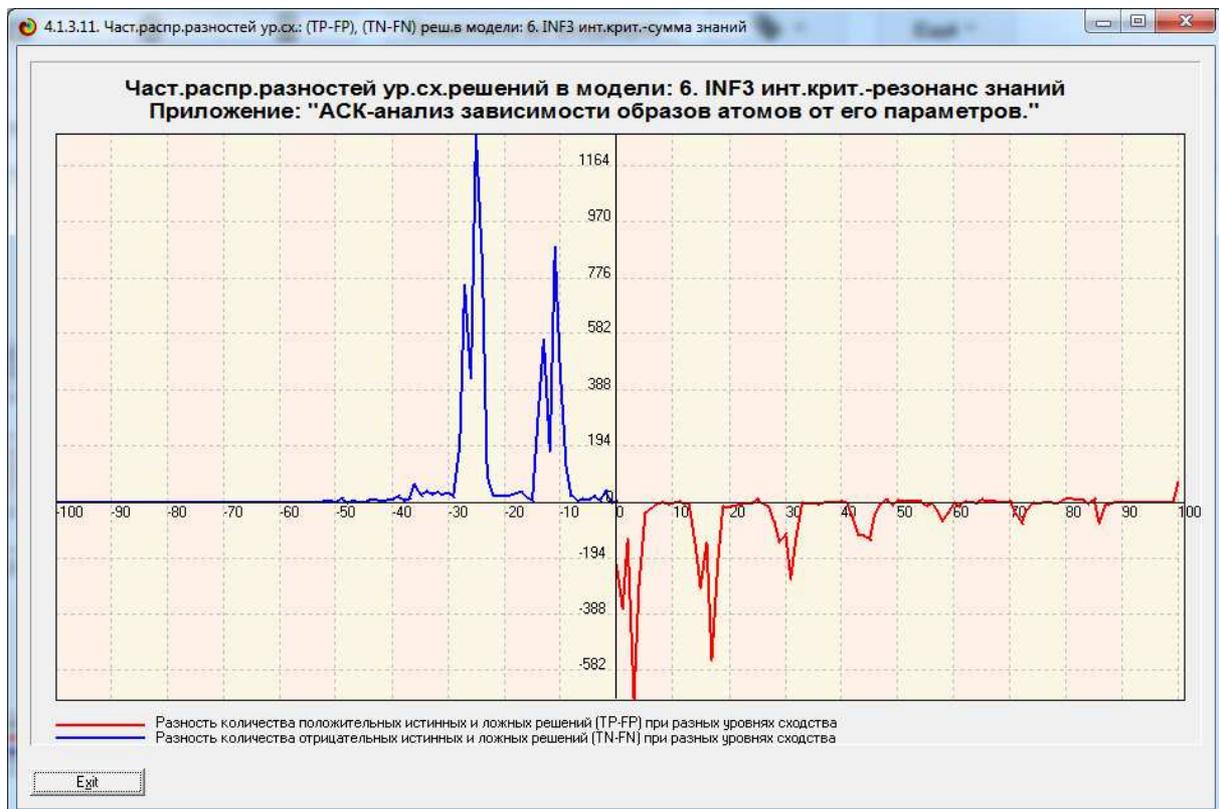


Рисунок 3. Частотные распределения модулей уровня сходства объектов с классами при (TP- FP), (TN -FN) решениях при в RND-INF3 модели, при интегральном критерии «сумма знаний»

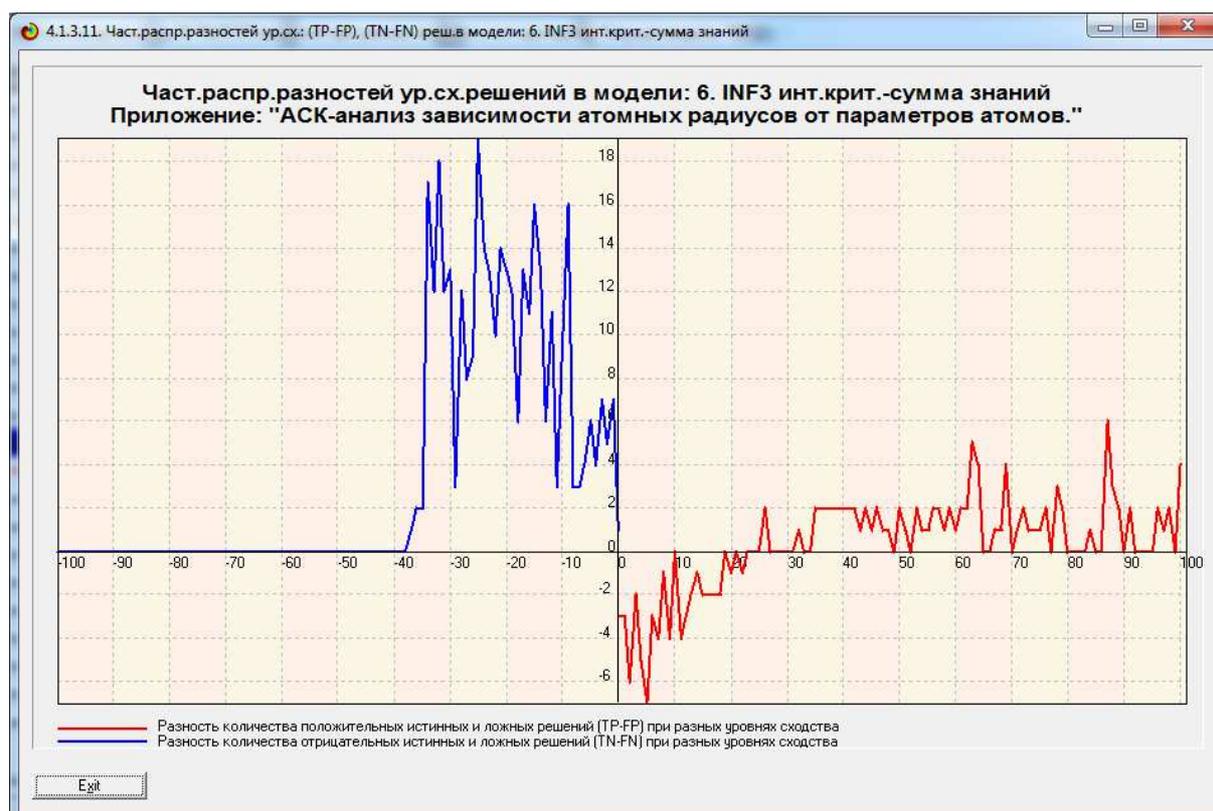


Рисунок 4. Частотные распределения модулей уровня сходства объектов с классами при (TP- FP), (TN -FN) решениях при в RND-INF3 модели, при интегральном критерии «сумма знаний»

В соответствии с технологией АСК-анализа необходимо определиться, какая из созданных моделей будет использоваться в дальнейшем для решения задач прогнозирования, принятия решений и исследования моделируемой предметной области [25, 26]. Как правило, для этого выбирается наиболее достоверная из созданных моделей. В нашем случае, можно выбрать любую из моделей – Inf4, Inf5, Inf6 или Inf7.

Принятие решения – это задача, обратная задаче прогнозирования. Если при прогнозировании мы по значениям действующих факторов определяем будущее состояние объекта управления, то при принятии решений мы наоборот, по будущему состоянию (желательному или нежелательному) определяем какие значения факторов его обуславливают [25].

Результаты кластерно-конструктивного анализа признаков представлены на рисунках 5, 6.

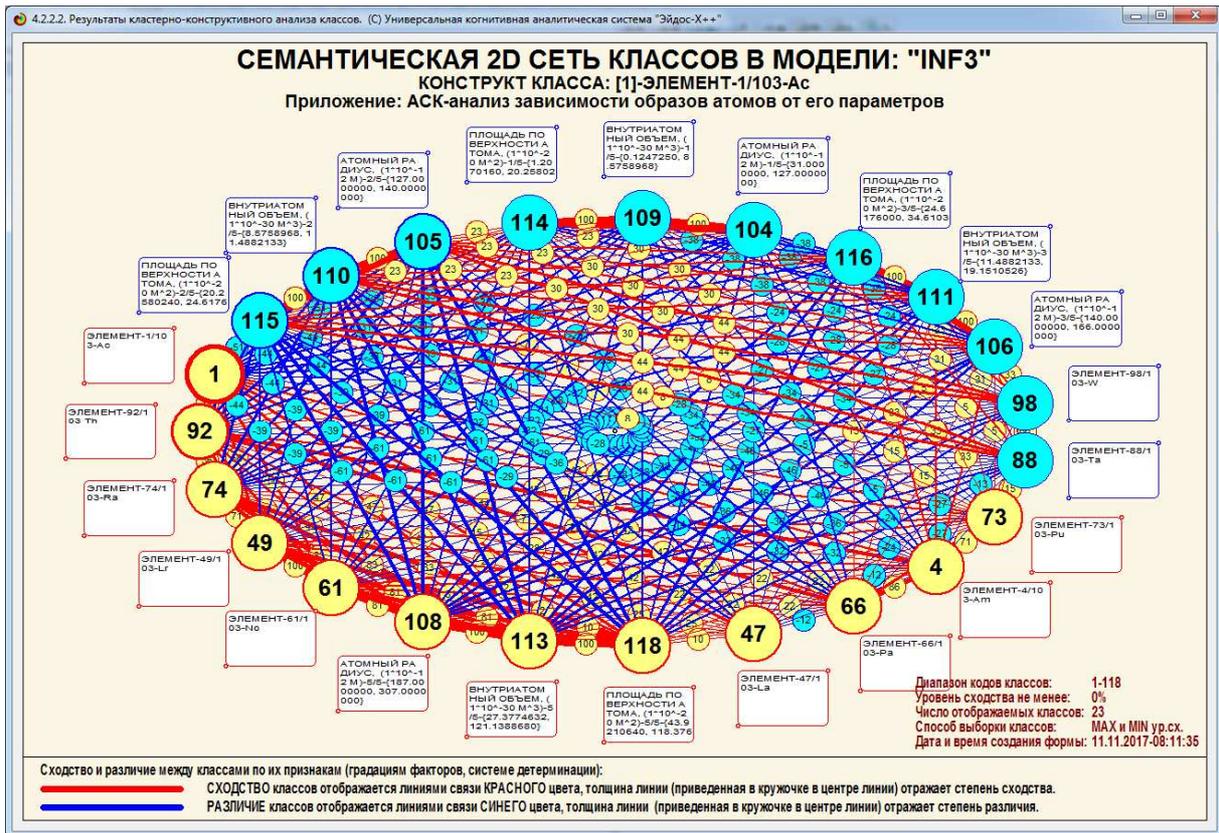


Рисунок 5. Экранная форма, отображающая систему детерминации класса «Элемент 1-103».

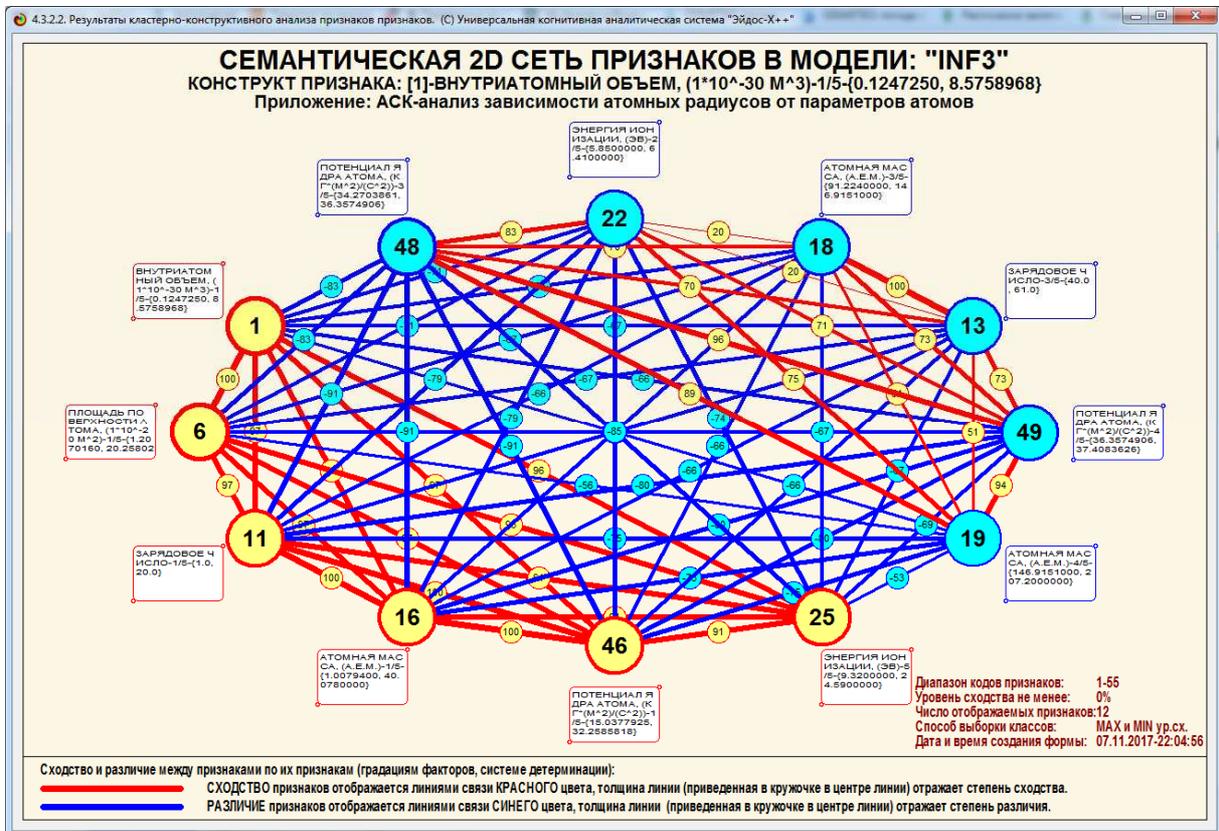


Рисунок 6. Экранная форма, отображающая систему детерминации класса «Внутриатомный объем».

Толщина линий соответствует силе влияния факторов, а цвет линии – знаку влияния. Таким образом, на атомный объем и площадь поверхности атома в первую очередь оказывает влияние радиус атома, что, вероятно связано с их формульной зависимостью, потенциал ядра атома в данной модели тесно связан с атомной массой, что связано с формулой расчетов ($\varphi=(mc^2/Z)$), а также имеется зависимость данной характеристики с энергией ионизации, зарядовым числом, площадью поверхности атома и объемом атома.

О силе влияния того или иного фактора также можно судить по графику визуализации когнитивных функций. В когнитивной функции количество информации в аргументе о значении функции отображено цветом. Аппроксимация сделана на основе предложенной автором модификации взвешенного метода наименьших квадратов путем применения в качестве весов наблюдений количества информации в аргументе о значении функции [24]. Ширина полосы аппроксимации обратно пропорциональна количеству информации, т.е. чем уже полоса, тем более определенно фактор влияет на то или иное состояние.

Таким образом, в нашем случае можно считать, что фактор «атомный радиус» имеет высокую степень влияния на объем атома (рис. 7) и площадь поверхности атома (рис.8).

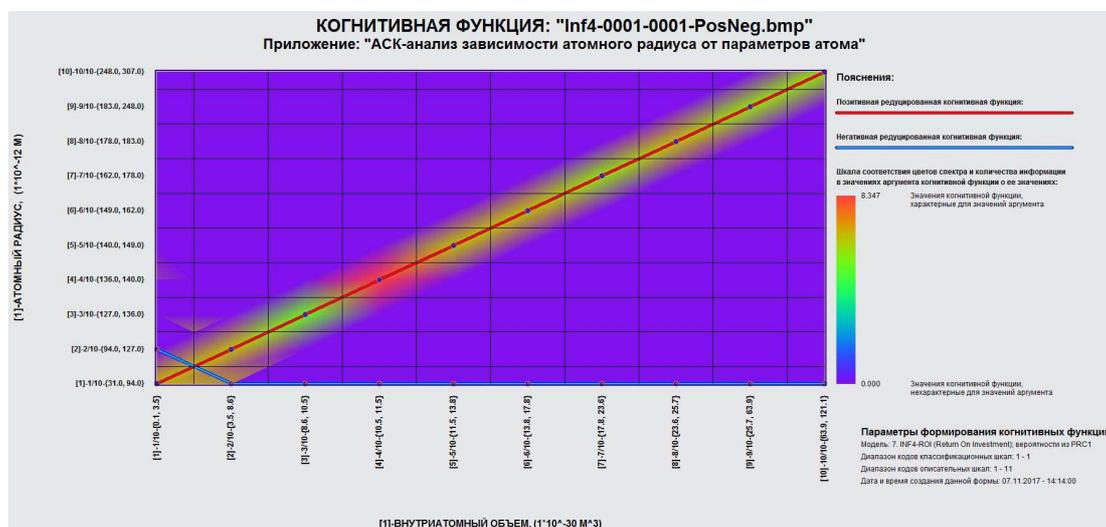


Рисунок 7. Когнитивная функция в INF 4. «Атомный радиус/ внутриатомный объем»

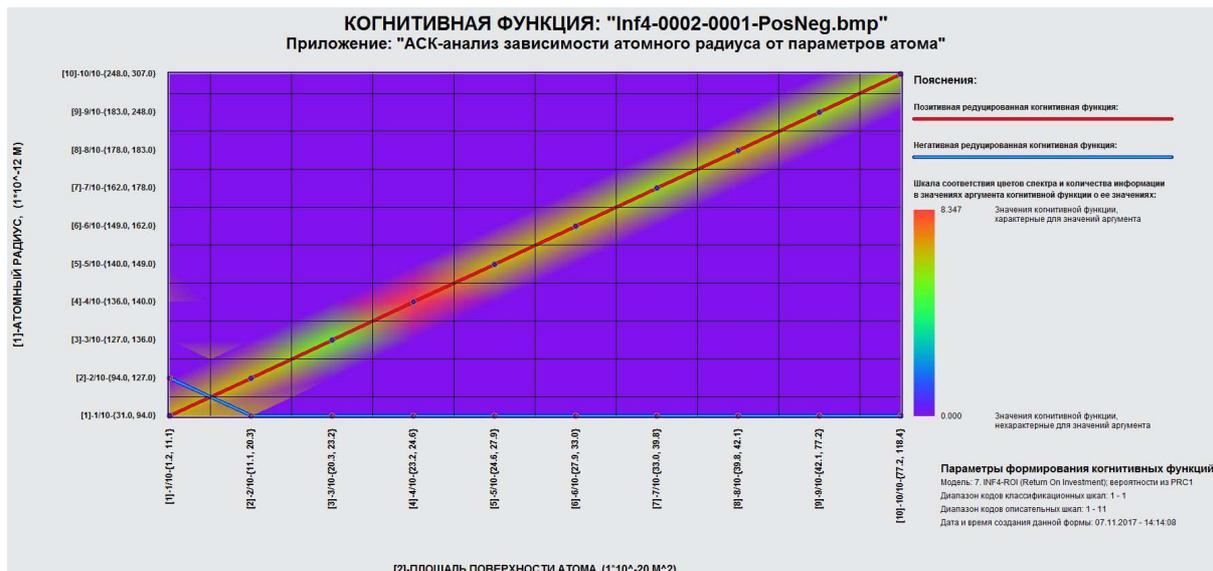
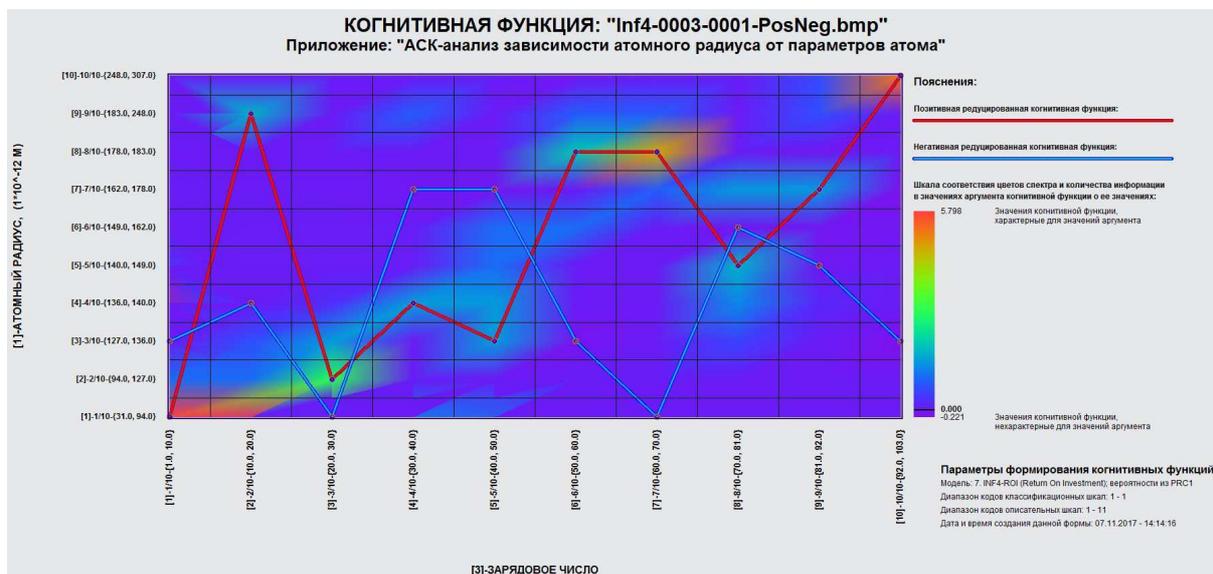
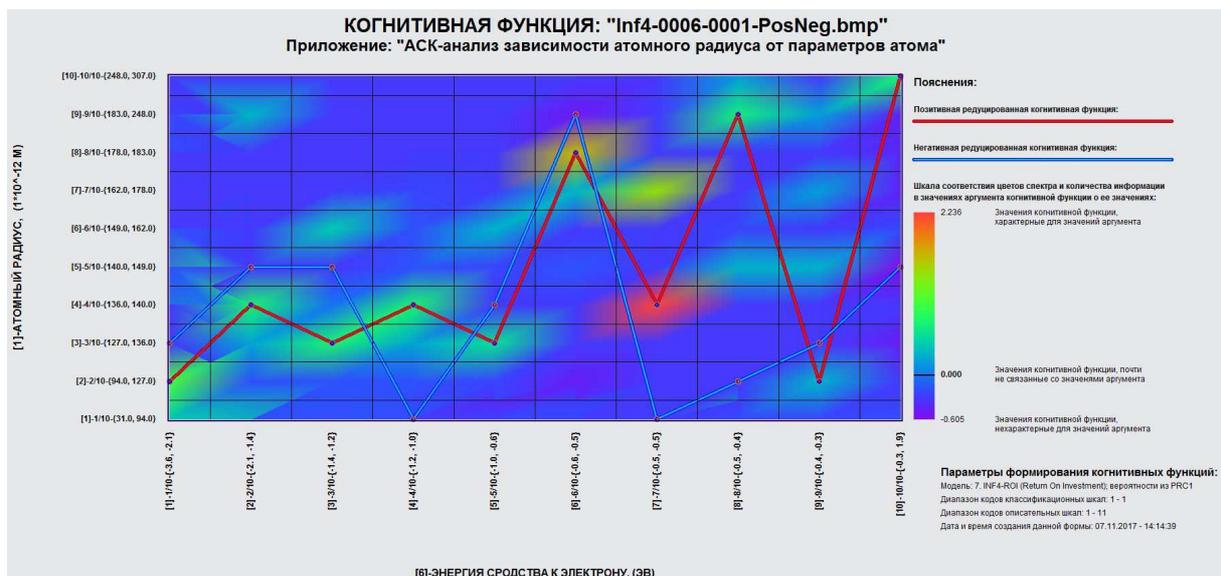
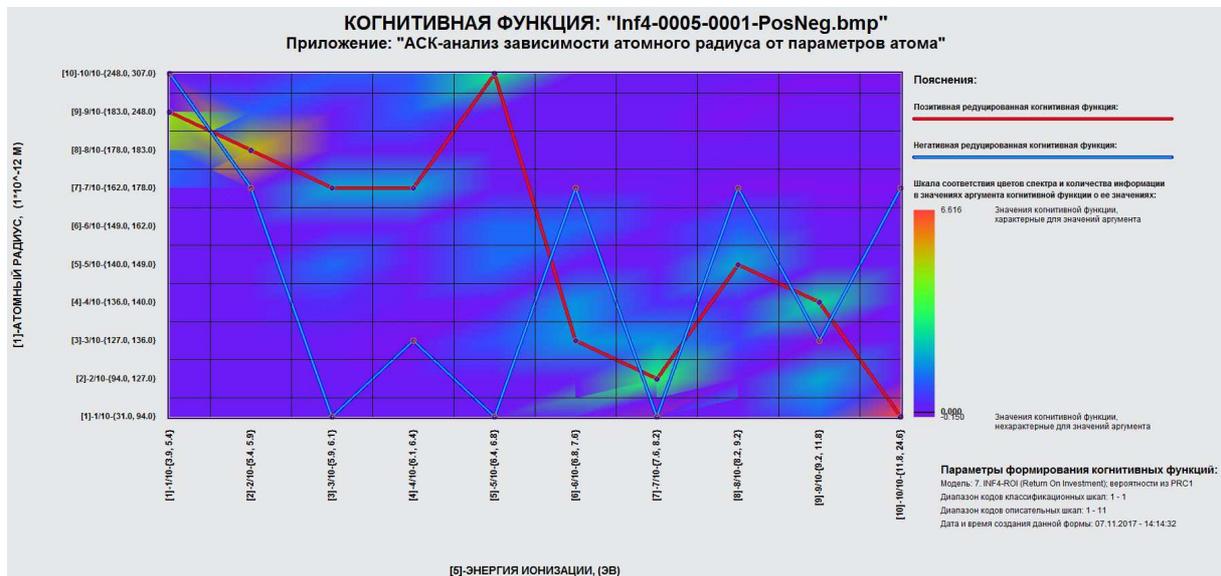
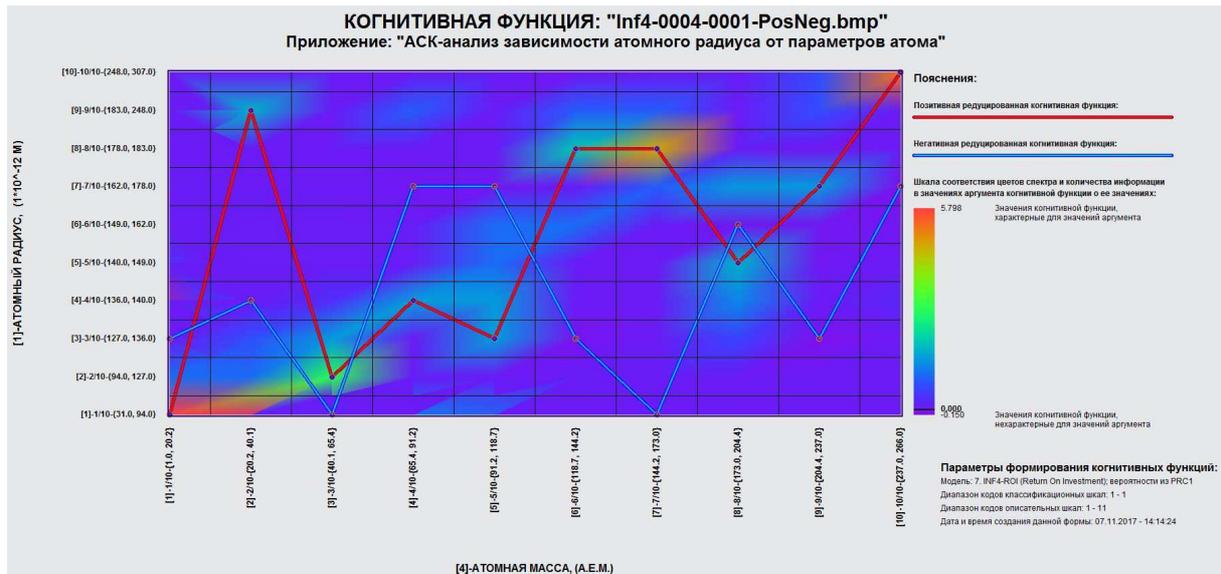
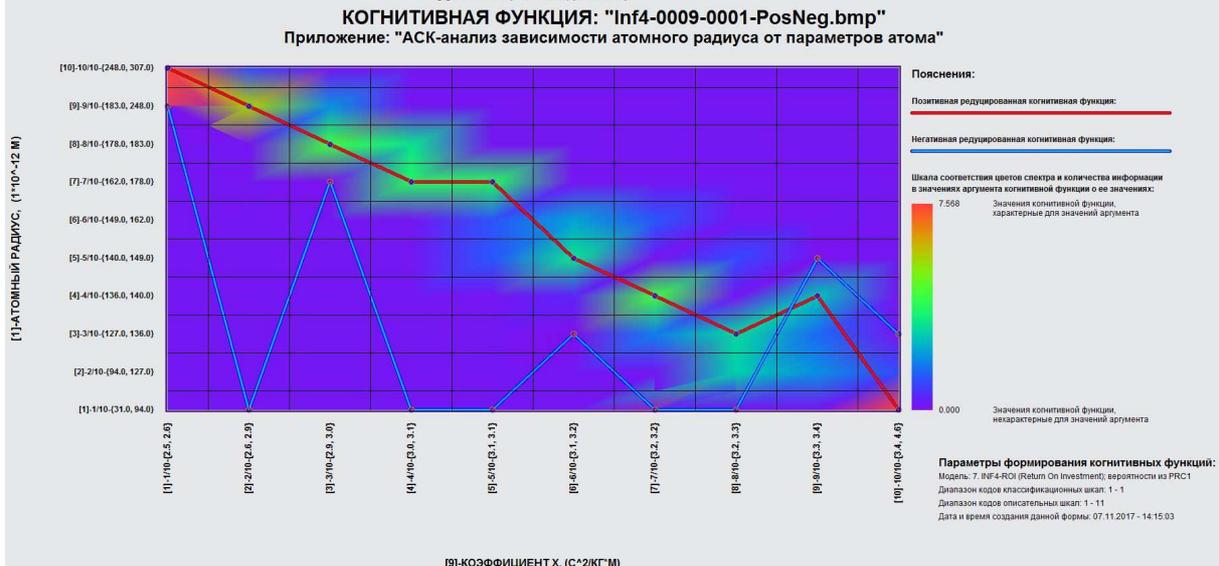
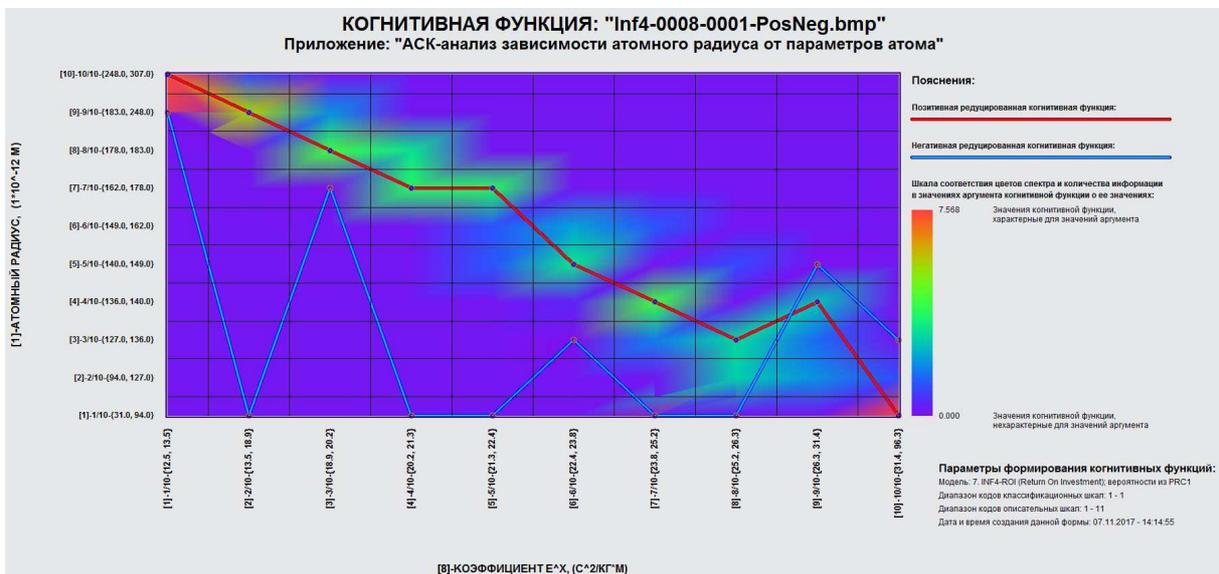
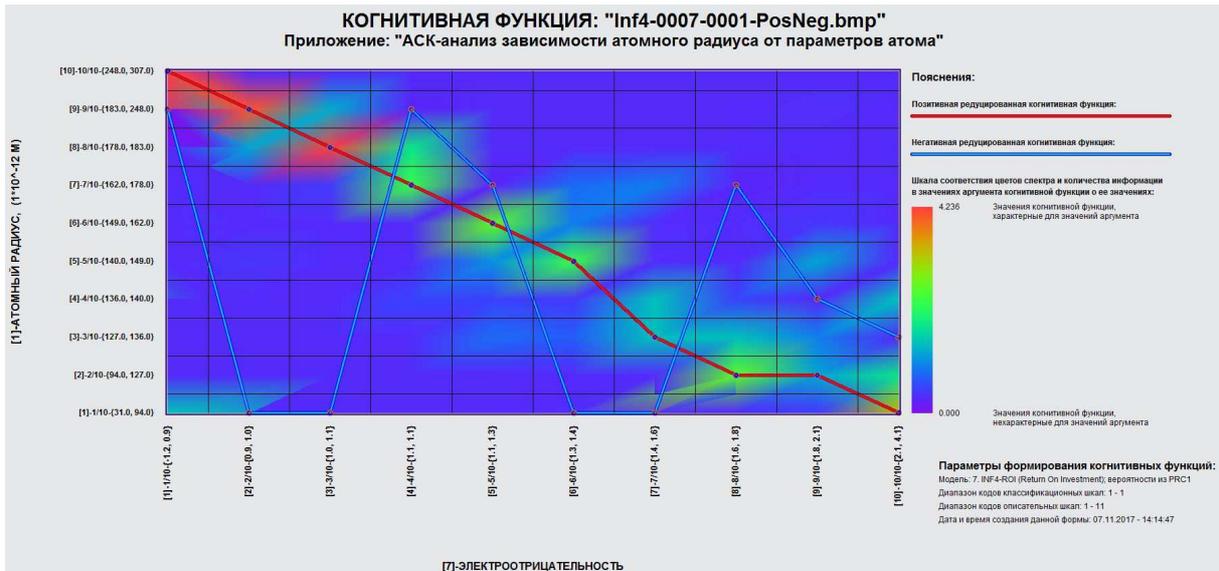


Рисунок 8. Когнитивная функция в INF 4. «Атомный радиус/ площадь поверхности атома»

На рисунке 9 приведены функции влияния атомного радиуса на различные характеристики атома (в когнитивной функции INF 4).







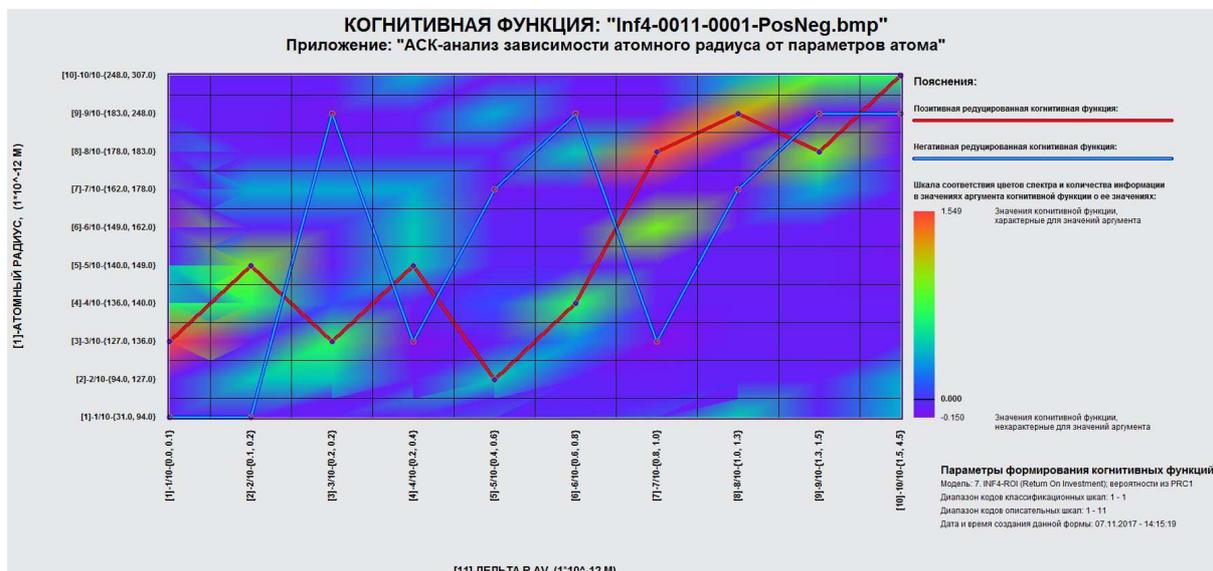
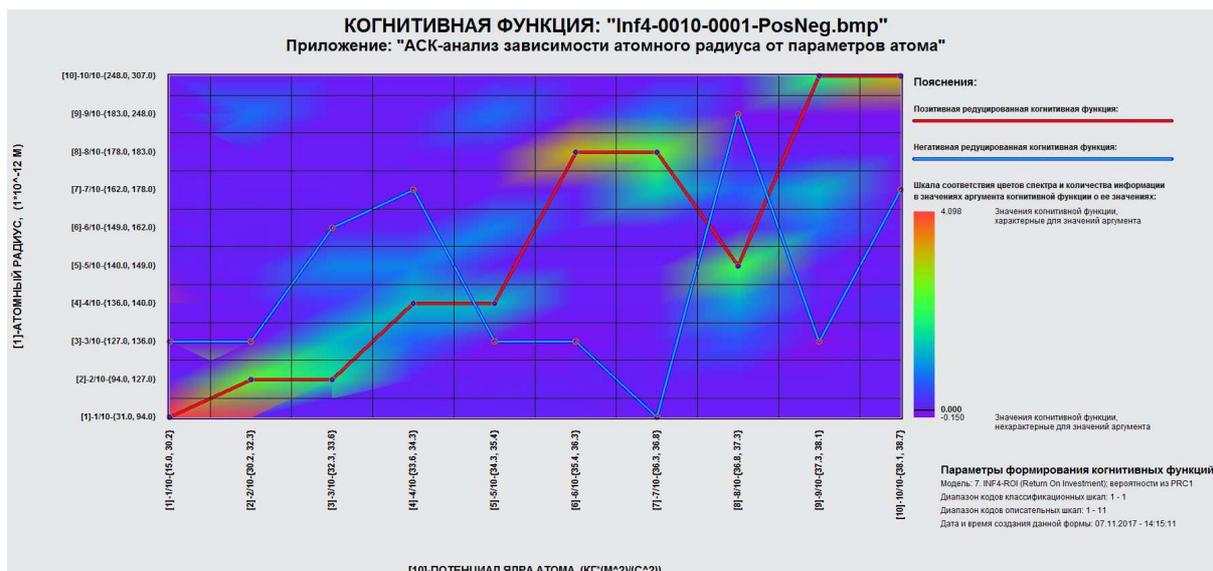


Рисунок 9. Когнитивные функции в модели INF 4 «Влияние различных параметров атома на значения атомного радиуса».

Следует отметить, что радиус атома обратно пропорционален электроотрицательности (с учетом коэффициента пересчета), как показано на рисунке 9, зависимость в данной модели имеет практически линейный характер. Также близки к линейности зависимости атомного радиуса от коэффициентов e^x и x .

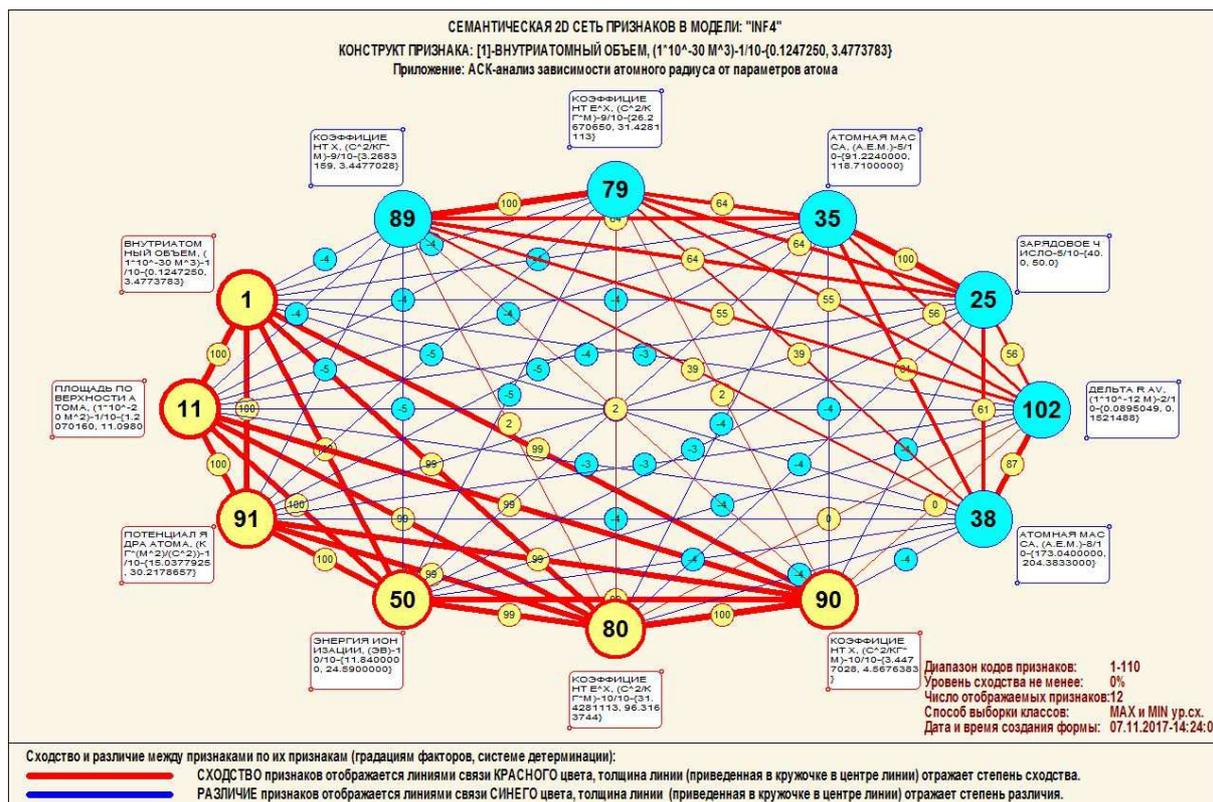


Рисунок 10. Семантическая 2D сеть признаков в модели INF 4, при детерминации класса «Внутриатомный объем»

Как показано на рисунке 10, значительное влияние в модели INF 4 на внутриатомный объем оказывают площадь поверхности атома, потенциал ядра атома, энергия ионизации и коэффициенты e^x и x . Коэффициент x оказывает влияние на коэффициент e^x и в меньшей степени на атомную массу, зарядовое число, ΔR_{av} .

Система «Эйдос» позволяет получить не только коэффициенты корреляции между рассматриваемыми классами, но наглядно отразить уровень взаимосвязи в виде семантической сети (рис. 11). Аналогичный анализ, при необходимости, возможно провести и с используемыми в модели факторами.

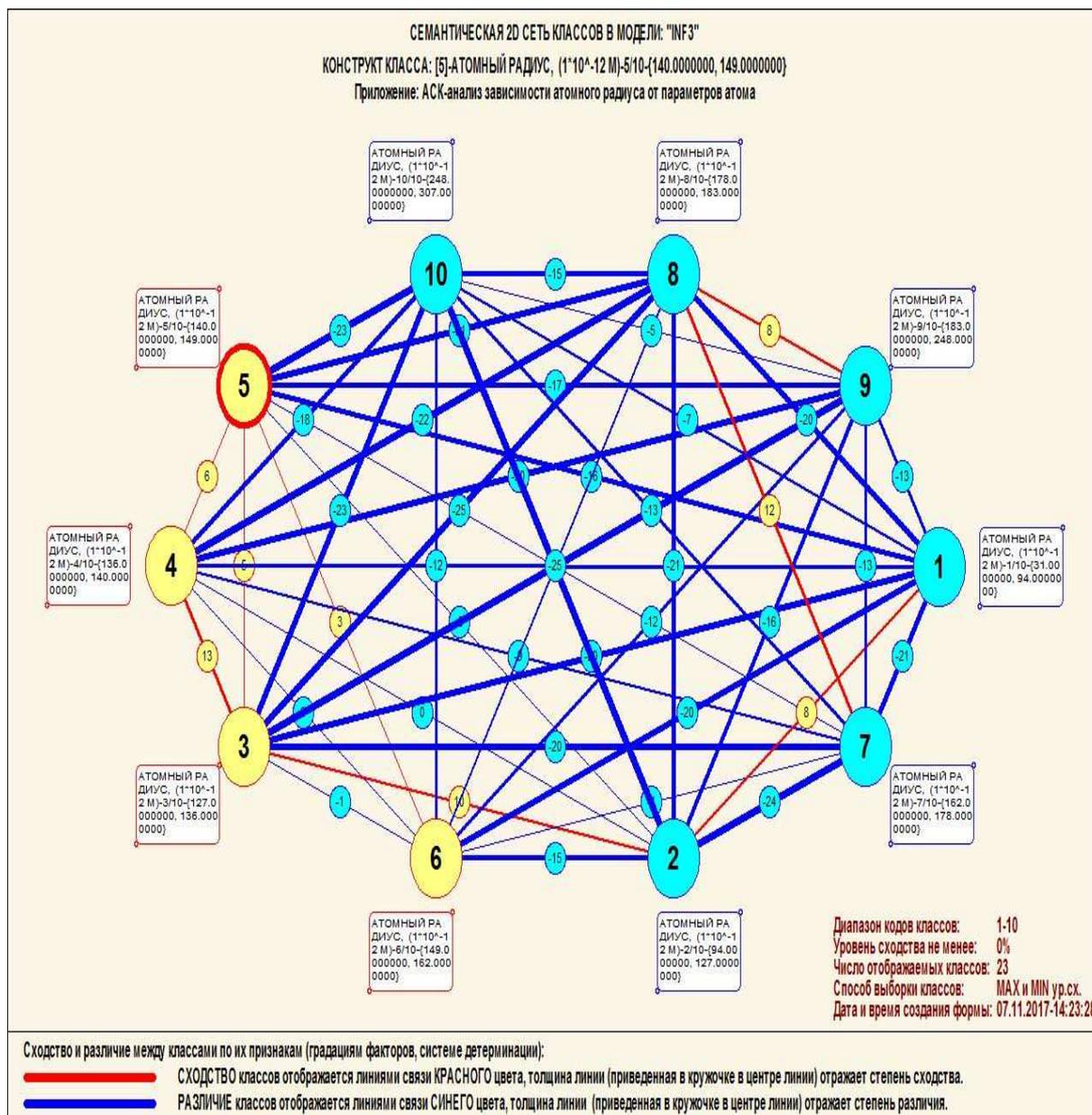


Рисунок 11. Семантическая 2D сеть признаков в модели INF 3, при детерминации класса «Атомный радиус»

Наглядно степень влияния различных атомных характеристик на состояние изучаемых параметров можно оценить, построив Парето-подмножество нелокальной нейронной сети (рис. 12). В случае разработки модели влияния той или иной характеристики атома, именно этот режим системы «Эйдос» дает исследователю наиболее целостную и наглядную картину.

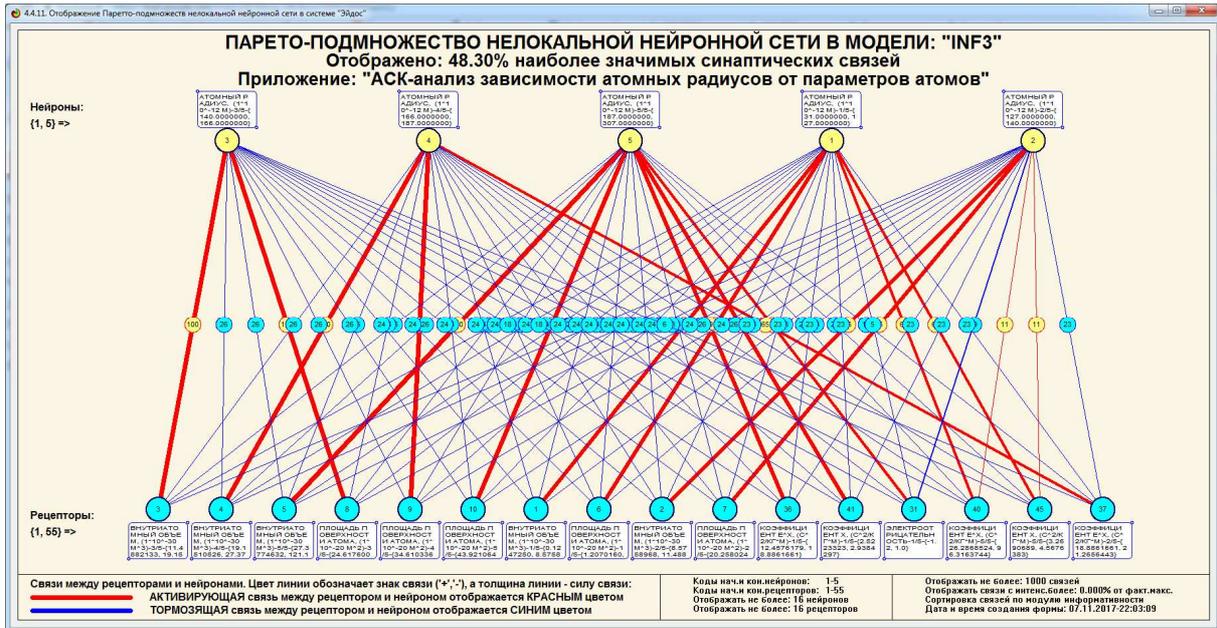


Рисунок 12. Парето-подмножество нелокальной нейронной сети в модели INF 3.

Система «Эйдос» обеспечивает автоматизацию SWOT-анализа, который является широко известным и общепризнанным методом стратегического планирования [25, 26]. Этот подход дает возможность оценить, какие факторы способствуют, а какие препятствуют проявлению тех или иных состояний. Остановимся на характеристиках, оказывающих наибольшее и наименьшее влияние на радиус атома (рис. 13):

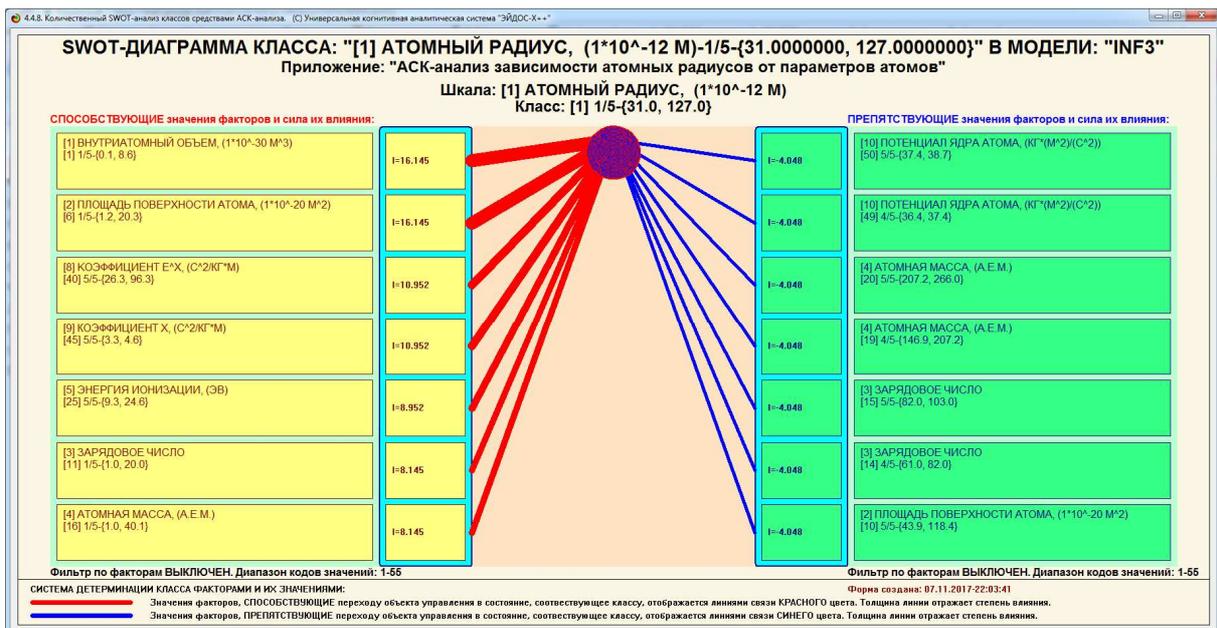
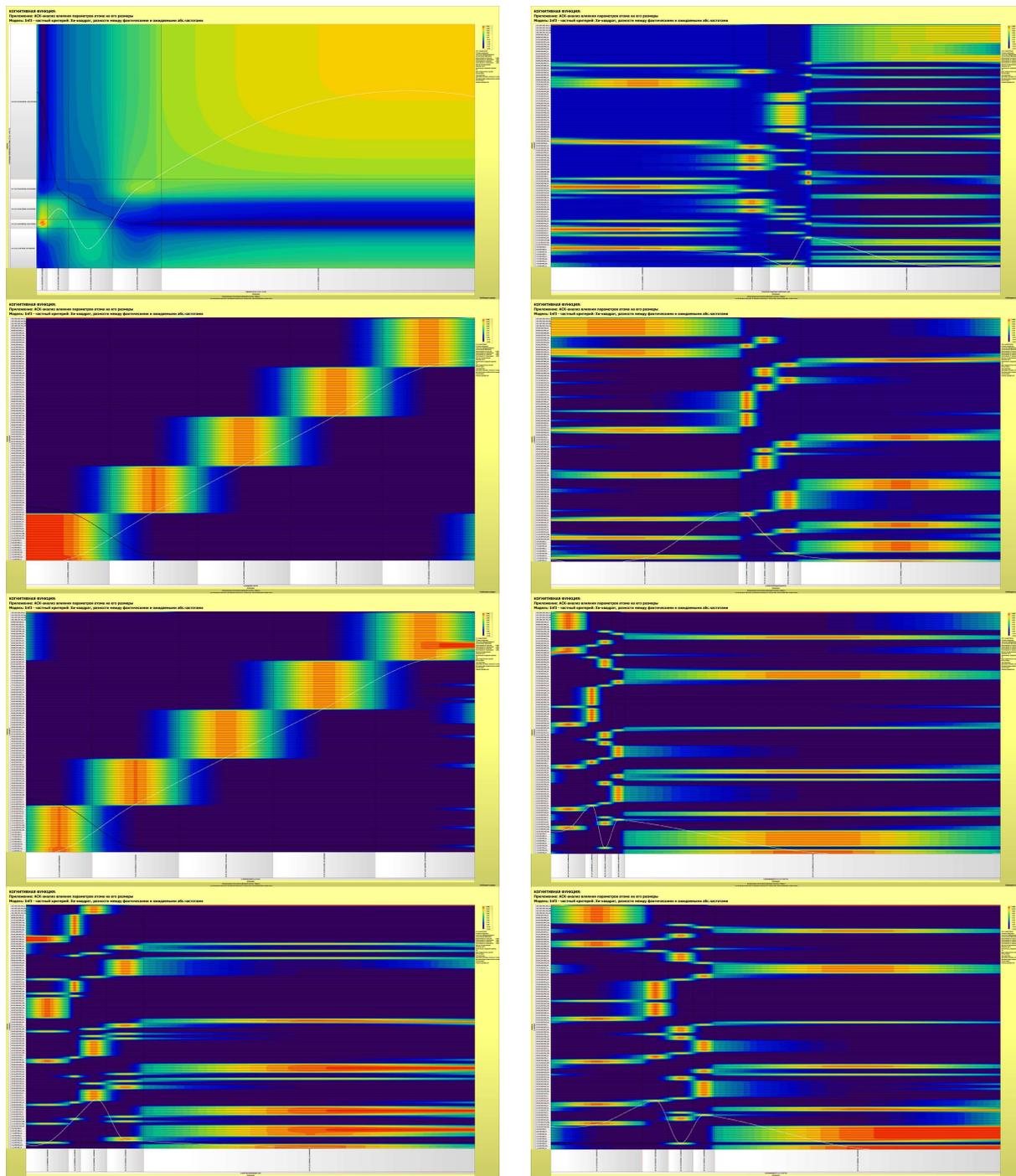
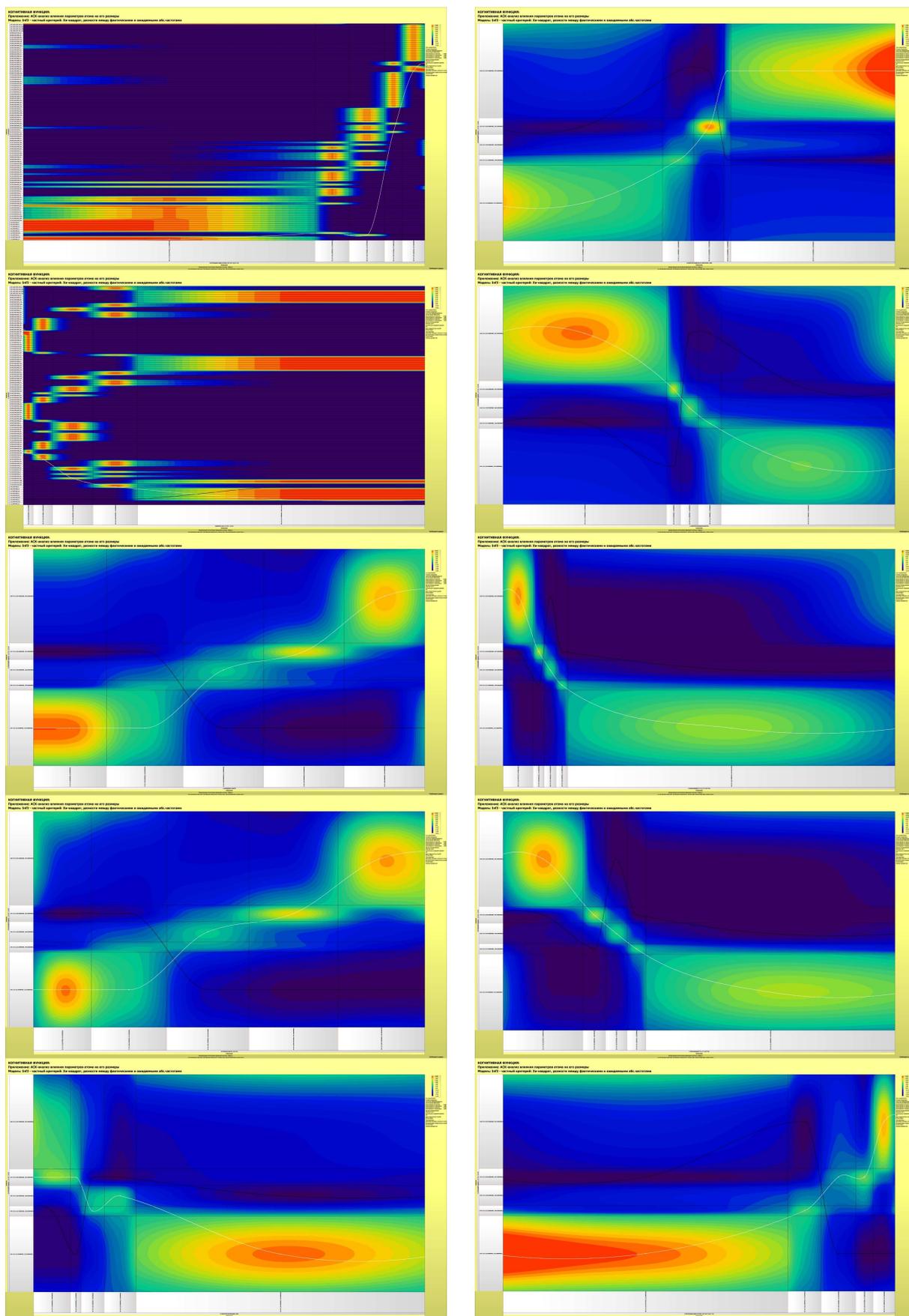
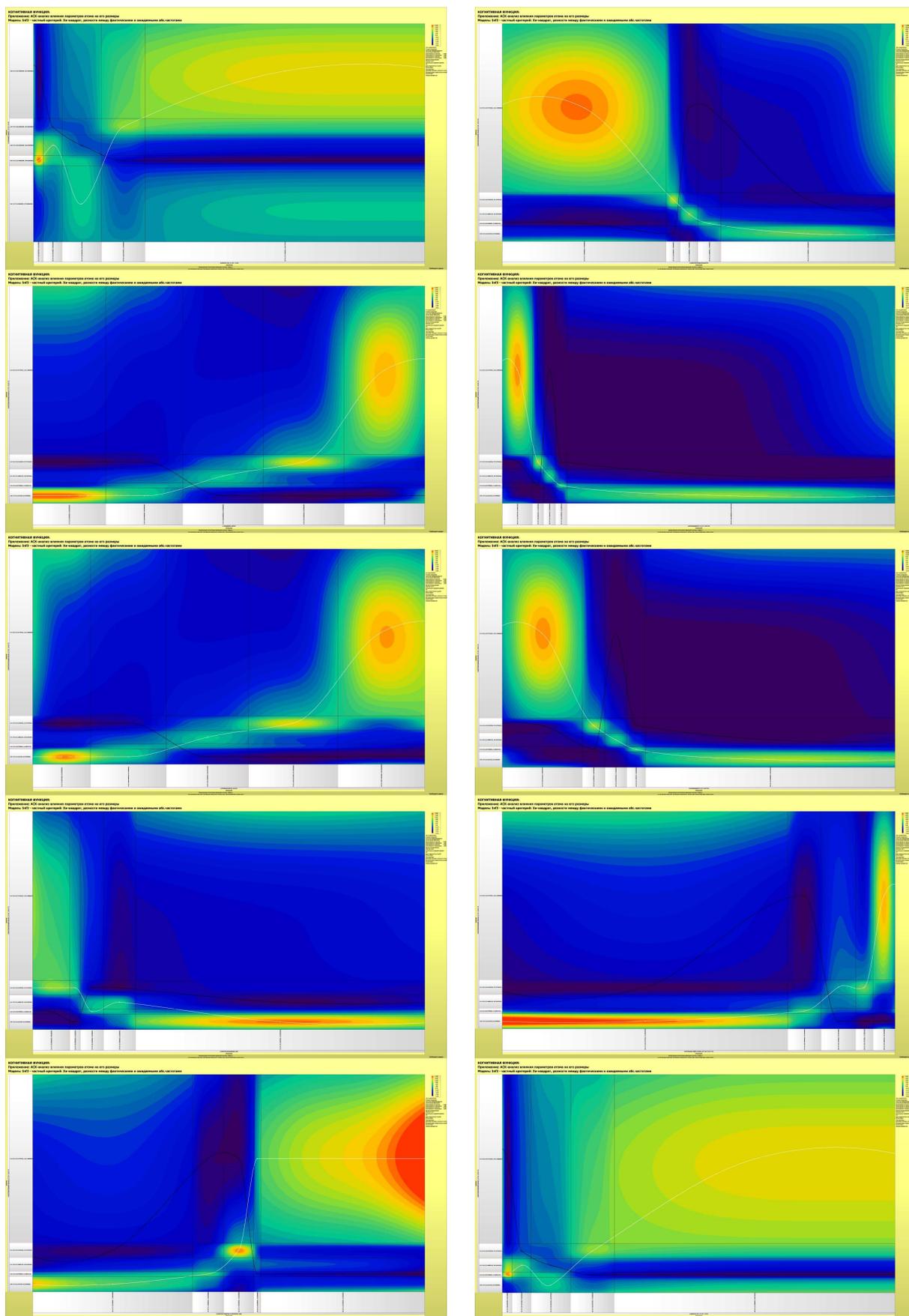


Рисунок 13. SWOT-диаграммы влияния характеристик атома на атомный радиус

На рисунке 14 приведены функции влияния атомного радиуса на различные характеристики атома (в когнитивной функции INF 3).







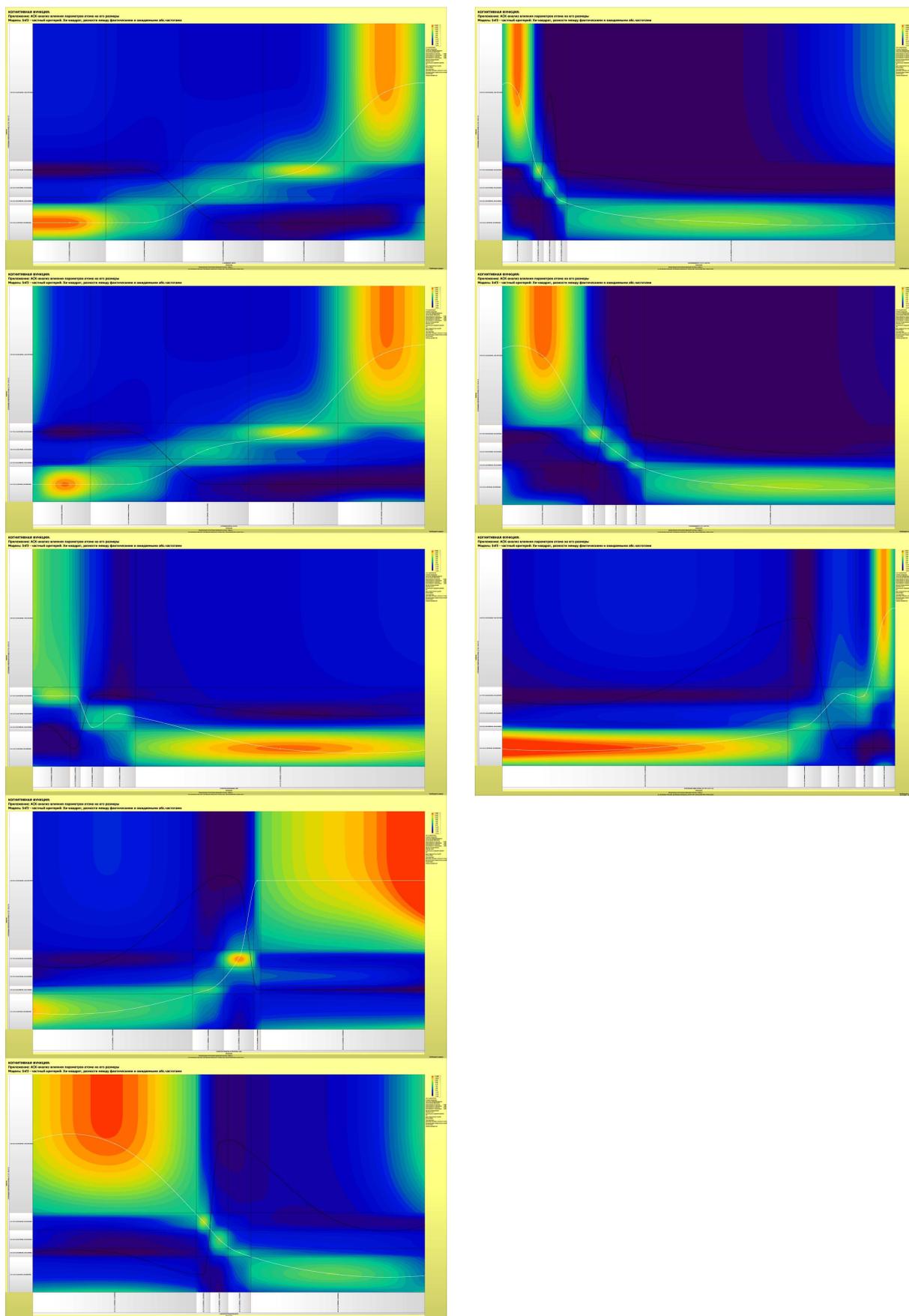


Рисунок 14. Когнитивные функции в модели INF 3 «Влияние значения атомного радиуса на различные параметры атома».

Из рисунка 14 следует, что радиус атома обратно пропорционален электроотрицательности (с учетом коэффициента пересчета), зависимость в данной модели имеет характер близкий к линейному. В зависимости для INF 3 атомного радиуса от сродства к электрону наблюдается «плато». Зависимость атомного радиуса от массы и атома и зарядового числа имеют идентичную форму и размер, что, вероятно, связано с линейным возрастанием этих параметров в Периодической системе химических элементов. Также наблюдается аналогичная форма зависимостей радиусов атомов от коэффициентов e^x и x , что связано с тем, что данные коэффициенты взаимосвязаны.

Таким образом, полученные результаты АСК-анализа подтверждают теоретические предположения и формульные зависимости основных характеристик атома, таких как радиус, объем атома, электроотрицательность, энергия ионизации, энергия сродства к электрону, заряд атома, коэффициент e^x , коэффициент x , потенциал ядра атома и ΔR_{av}

Материалы данной статьи могут быть использованы в качестве лабораторной работы при преподавании дисциплин «Интеллектуальные системы и технологии», «Общая химия элементов» и других дисциплин, связанных с интеллектуальными системами и общей химии элементов. Следует отметить, что этому способствует и то, что система «Эйдос» находится в полном открытом бесплатном доступе: <http://lc.kubagro.ru/aidos/Aidos-X.htm>, причем с исходными текстами, и существует форум, на котором можно получить консультации ее автора и разработчика, т.е. автора данной статьи: <http://proflutsenko.vdforum.ru/>.

Результаты, представленные в данной работе, требуют дополнительных исследований, которые дадут более полную картину об информационной составляющей атома и его основных характеристик.

Литература:

1. Прохоров А.М. Большой энциклопедический словарь. Физика // М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. 944 с.
2. Ельяшевич М.А. Атом // М.: Советская Энциклопедия, 1970. Т. 2. С. 389—394.
3. Wieser M.E. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) // Pure and Applied Chemistry, 2013. V. 85 (5). P. 1047—1078.
4. Рабинович В.А. Краткий химический справочник // Л.: Химия, 1978. 392 с.
5. Шилов Н.Н. Гидродинамическая модель планет Солнечной системы. – Красноярск, Самиздат. – 2005. – 25 с. – Рег. №16339.
6. Кузьмин М.А., Гаркушин И.К., Лаврентьева О.В. Математическое описание зависимости коэффициента сжимаемости, атомного и ковалентного радиусов металлов VB-группы периодической системы от заряда их ядра / Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2002. - №16. - с. 200–202.
7. Холоднов В.А., Хартманн К., Чепикова В.Н., Андреева В.П.. Системный анализ и принятие решений. Компьютерные технологии моделирования химико-технологических систем с материальными и тепловыми рециклами. [Текст]: учебное пособие./ В.А. Холоднов, К. Хартманн. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2006.-160 с.
8. Холоднов В.А. Структурный анализ разомкнутых химико-технологических систем.:Методические указания /В.А. Холоднов, В.Н. Чепикова, В.П. Андреева, Г.Н. Вениаминова. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009. - 21 с.
9. Ахметов Н. С. Актуальные вопросы курса неорганической химии // М.:Просвещение, 1991. 224 с.
10. Казаченко А.С. Альтернативная модель расчетов значений атомных радиусов / Казаченко А.С., Шилов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №08(132). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/51.pdf>
11. Казаченко А.С. Взаимосвязь модели расчетов атомных радиусов и различных системных характеристик / Казаченко А.С., Казаченко А.С., Шилов Н.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №09(133). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/31.pdf>
12. Казаченко А.С. Применение массово-радиальной модели расчета атомных радиусов для изотопов химических элементов / Казаченко А.С., Шилов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №07(131). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/72.pdf>
13. Казаченко А.С. Разработка новой модели расчетов значений атомных радиусов / Казаченко А.С., Шилов П.Н. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №07(131). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/47.pdf>
14. Луценко Е.В. Количественная оценка уровня системности на основе меры информации К. Шеннона (конструирование коэффициента эмерджентности Шеннона) / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №05(079). С. 249 – 304. – IDA [article ID]: 0791205018. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/18.pdf>, 3,5 у.п.л.

15. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ. 2002. – 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

16. Луценко Е.В. Открытая масштабируемая интерактивная интеллектуальная on-line среда для обучения и научных исследований на базе АСК-анализа и системы «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2017. – №06(130). С. 1 – 55. – IDA [article ID]: 1301706001. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/01.pdf>, 3,438 у.п.л.

17. Луценко Е.В., Универсальная автоматизированная система распознавания образов "ЭЙДОС". Свидетельство РосАПО №940217. Заяв. № 940103. Опубл. 11.05.94. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/1994000217.jpg>, 3,125 у.п.л.

18. Луценко Е.В., Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС". Пат. № 2003610986 РФ. Заяв. № 2003610510 РФ. Опубл. от 22.04.2003. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2003610986.jpg>, 3,125 у.п.л.

19. Луценко Е.В., Универсальная когнитивная аналитическая система "ЭЙДОС-Х++". Пат. № 2012619610 РФ. Заявка № 2012617579 РФ от 10.09.2012. Зарегистр. 24.10.2012. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2012619610.jpg>, 3,125 у.п.л.

20. Луценко Е.В., Открытая масштабируемая интерактивная интеллектуальная on-line среда «Эйдос» («Эйдос-online»). Свид. РосПатента РФ на программу для ЭВМ, Заявка № 2017618053 от 07.08.2017, Гос.рег.№ 2017661153, зарегистр. 04.10.2017. – Режим доступа: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2017661153.jpg>, 2 у.п.л.

21. Луценко Е.В. Метризация измерительных шкал различных типов и совместная сопоставимая количественная обработка разнородных факторов в системно-когнитивном анализе и системе «Эйдос» / Е.В. Луценко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №08(092). С. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 у.п.л.

References

1. Prohorov A.M. Bol'shoj jenciklopedicheskij slovar'. Fizika // М.: Bol'shaja Rossijskaja jenciklopedija, 1998. 944 s.

2. El'jashevich M.A. Atom // М.: Sovetskaja Jenciklopedija, 1970. Т. 2. S. 389—394.

3. Wieser M.E. Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report) // Pure and Applied Chemistry, 2013. V. 85 (5). P. 1047—1078.

4. Rabinovich V.A. Kratkij himicheskij spravocnik // L.: Himija, 1978. 392 s.

5. Shilov N.N. Gidrodinamicheskaja model' planet Solnečnoj sistemy. – Krasnojarsk, Samizdat. – 2005. – 25 s. – Reg. №16339.

6. Kuz'min M.A., Garkushin I.K., Lavrent'eva O.V. Matematicheskoe opisanie zavisimosti koeficienta szhimaemosti, atomnogo i kovalentnogo radiusov metallov VB-gruppy periodicheskoj sistemy ot zarjada ih jadra / Vestn. Sam. gos. tehn. un-ta. Ser. Fiz.-mat. nauki, 2002. - №16. - s. 200–202.

7. Holodnov V.A., Hartmann K., Chepikova V.N., Andreeva V.P.. Sistemnyj analiz i prinjatje reshenij. Komp'juternye tehnologii modelirovanija himiko-tehnologicheskix sistem s material'nymi i teplovymi reciklami. [Tekst]: uchebnoe posobie./ V.A. Holodnov, K. Hartmann. SPb.: SPbGTI (TU), 2006.-160 s.

8. Holodnov V.A. Strukturnyj analiz razomknutyh himiko-tehnologicheskikh sistem.:Metodicheskie ukazaniya /V.A. Holodnov, V.N. Chepikova, V.P. Andreeva, G.N. Veniaminova. SPb.: SPbGTI (TU), 2009. - 21 s.

9. Ahmetov N. S. Aktual'nye voprosy kursa neorganicheskoy himii // M.:Prosveshhenie, 1991. 224 s.

10. Kazachenko A.S. Al'ternativnaja model' raschetov znachenij atomnyh radiusov / Kazachenko A.S., Shilov P.N. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №08(132). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/51.pdf>

11. Kazachenko A.S. Vzaimosvjaz' modeli raschetov atomnyh radiusov i razlichnyh sistemnyh harakteristik / Kazachenko A.S., Kazachenko A.S., Shilov N.N. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №09(133). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/09/pdf/31.pdf>

12. Kazachenko A.S. Primenenie massovo-radial'noj modeli rascheta atomnyh radiusov dlja izotopov himicheskikh jelementov / Kazachenko A.S., Shilov P.N. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №07(131). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/72.pdf>

13. Kazachenko A.S. Razrabotka novej modeli raschetov znachenij atomnyh radiusov / Kazachenko A.S., Shilov P.N. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №07(131). – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/47.pdf>

14. Lucenko E.V. Kolichestvennaja ocenka urovnja sistemnosti na osnove mery informacii K. Shennona (konstruirovanie kojefficienta jemerdzhentnosti Shennona) / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №05(079). S. 249 – 304. – IDA [article ID]: 0791205018. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/18.pdf>, 3,5 u.p.l.

15. Lucenko E.V. Avtomatizirovannyj sistemno-kognitivnyj analiz v upravlenii aktivnymi ob#ektami (sistemnaja teorija informacii i ee primenenie v issledovanii jekonomicheskikh, social'no-psihologicheskikh, tehnologicheskikh i organizacionno-tehnicheskikh sistem): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar: KubGAU. 2002. – 605 s. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

16. Lucenko E.V. Otkrytaja masshtabiruemaja interaktivnaja intellektual'naja on-line sreda dlja obuchenija i nauchnyh issledovanij na baze ASK-analiza i sistemy «JeJdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2017. – №06(130). S. 1 – 55. – IDA [article ID]: 1301706001. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2017/06/pdf/01.pdf>, 3,438 u.p.l.

17. Lucenko E.V., Universal'naja avtomatizirovannaja sistema raspoznavanija obrazov "JeJDOS". Svidetel'stvo RosAPO №940217. Zajav. № 940103. Opubl. 11.05.94. – Rezhim dostupa: <http://lc.kubagro.ru/aidos/1994000217.jpg>, 3,125 u.p.l.

18. Lucenko E.V., Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema "JeJDOS". Pat. № 2003610986 RF. Zajav. № 2003610510 RF. Opubl. ot 22.04.2003. – Rezhim dostupa: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2003610986.jpg>, 3,125 u.p.l.

19. Lucenko E.V., Universal'naja kognitivnaja analiticheskaja sistema "JeJDOS-X++". Pat. № 2012619610 RF. Zajavka № 2012617579 RF ot 10.09.2012. Zaregistr. 24.10.2012. – Rezhim dostupa: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2012619610.jpg>, 3,125 u.p.l.

20. Lucenko E.V., Otkrytaja masshtabiruemaja interaktivnaja intellektual'naja on-line sreda «Jejdos» («Jejdos-online»). Svid. RosPatenta RF na programmu dlja JeVM, Zajavka № 2017618053 ot 07.08.2017, Gos.reg.№ 2017661153, zaregistr. 04.10.2017. – Rezhim dostupa: <http://lc.kubagro.ru/aidos/2017661153.jpg>, 2 u.p.l.

21. Lucenko E.V. Metrizacija izmeritel'nyh shkal razlichnyh tipov i sovместnaja sopostavimaja kolichestvennaja obrabotka raznorodnyh faktorov v sistemno-kognitivnom analize i sisteme «Jejdos» / E.V. Lucenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №08(092). S. 859 – 883. – IDA [article ID]: 0921308058. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/08/pdf/58.pdf>, 1,562 u.p.l.