

УДК 004.514.4

05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

**АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ РЕГИОНА С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ (FEA)**

Коваленко Анна Владимировна  
 Доктор технических наук, доцент  
 Scopus Author ID: 55328224000  
 SPIN-код автора: 3693-4813

Калайдина Галина Вениаминовна  
 Кандидат физико-математических наук, доцент  
 Scopus Author ID: 55328224000  
 SPIN-код автора: 3693-4813

Акиншина Вера Александровна  
 Кандидат педагогических наук, доцент  
 Scopus Author ID: 55328224000  
 SPIN-код автора: 3693-4813

Мельник Владимир Владимирович  
 студент

Мельник Дмитрий Владимирович  
 студент  
*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Российская Федерация*

В статье рассказывается о программном исполнении на языке программирования Python задачи построения системы нечеткой логики для анализа финансово-экономического состояния региона. В качестве исходных параметров для построения нечеткой производственной системы использовались 11 экономических показателей кредитоспособности 69 субъектов Российской Федерации, предоставленных рейтинговым агентством АК&М за 2002 год. Благодаря применению корреляционного анализа начальные данные удалось сократить до 4 исходных переменных путем отбрасывания подобных показателей с высокой степенью корреляционной взаимосвязи. Исходя из количества переменных процедурно формируются правила, общее число которых составляет 5 в степени 4, то есть 625 правил. Таким образом, программа получает на вход 4 значения, находящиеся в установленных диапазонах, после чего происходит просмотр каждого условия на полное соответствие по всем введенным показателям. По итогу выдается численное значение показателя экономического состояния региона, соответствующее заданным правилам, и его уровень. Помимо этого, продемонстрирован интерфейс взаимодействия

UDC 004.514.4

05.13.18-Mathematical modeling, numerical methods and software packages (technical sciences)

**REGIONAL FINANCIAL ANALYSIS USING FUZZY LOGIC (FEA)**

Kovalenko Anna Vladimirovna  
 Doctor of Engineering Sciences, docent  
 Scopus Author ID: 55328224000  
 RSCI SPIN-code: 3693-4813

Kalajdina Galina Veniaminovna  
 Candidate of Physico-mathematical Sciences, docent  
 AuthorID: 335215

Akinshina Vera Aleksandrovna  
 Candidate of Pedagogic Sciences, docent  
 RSCI SPIN-code: 4622-1058

Melnik Vladimir Vladimirovich  
 student

Melnik Dmitriy Vladimirovich  
 student  
*Kuban state university, Krasnodar, Russia*

The article describes the software execution in the Python programming language for the problem of building a fuzzy logic system for the financial and economic analysis condition of the region. 11 economic indicators of creditworthiness of 69 subjects of the Russian Federation provided by the rating Agency AK&M for 2002 were used as initial parameters for constructing a fuzzy production system. Using correlation analysis, the initial data was reduced to 4 initial variables by discarding such indicators with a high degree of correlation. Based on the number of variables, the rules are procedurally generated, the total number of which is 5 in 4 degree, i.e. 625 rules. Thus, the program receives 4 input values, which are in the set ranges, after each condition is viewed for full compliance with all the entered indicators. As a result, the numerical value of the indicator of the economic condition of the region, corresponding to the specified rules, and its level are given. Besides, the interface of interaction between the user and the created program with a window for input of source data and a window for output of a report on calculated economic indicators, implemented in the R programming language, is demonstrated. Also, we performed a registration copyright for that developed application

между пользователем и созданной программой с окном ввода исходных данных и окном вывода отчета по рассчитанным экономическим показателям, реализованный на языке программирования R. Также для данного приложения была проведена процедура регистрации авторского права

Ключевые слова: РЕЙТИНГОВОЕ АГЕНТСТВО, НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА, PYTHON, R-STUDIO, ИНТЕРФЕЙС, БИБЛИОТЕКА

Keywords: RATING AGENCY, FUZZY LOGIC, PYTHON, R-STUDIO, INTERFACE, LIBRARY

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-169-009>

## Введение

С каждым годом работа с системами нечеткого вывода набирает все большую популярность ввиду развития систем искусственного интеллекта и нейросетевых технологий. На данный момент из списка общедоступных программных комплексов, позволяющих решить задачи указанной области, можно выделить 5 основных: Python, MATLAB, Fuzzy Logic, Statistica, R-Studio.

В настоящей работе при помощи средств языка программирования Python был реализован пример построения системы нечеткой логики для анализа финансово-экономического состояния региона [1].

## Анализ

В работе [1] были использованы следующие определения:

— Нечеткое множество  $A$  – это множество значений носителя, такое, что каждому значению носителя сопоставлена степень принадлежности этого значения множеству  $A$ .

— Функция принадлежности  $\mu_A(u)$  – это функция, областью определения которой является носитель  $U$ ,  $u \in U$ , а областью значений – единичный интервал  $[0,1]$ . Чем выше  $\mu_A(u)$ , тем выше оценивается степень принадлежности элемента носителя  $u$  нечеткому множеству  $A$ .

— Нечеткое число – это нечеткое подмножество универсального множества действительных чисел, имеющее нормальную и выпуклую функцию принадлежности, то есть такую, что: а) существует такое значение носителя, в котором функция принадлежности равна единице, а также б) при отступлении от своего максимума влево или вправо функция принадлежности убывает. Нечеткие числа, в свою очередь, подразделяют на трапециевидные и треугольные.

В качестве исходных параметров для построения нечеткой продукционной системы было решено использовать 11 экономических показателей кредитоспособности [7] 69 субъектов Российской Федерации, предоставленных рейтинговым агентством АК&М за 2002 год. Полную таблицу с данными можно увидеть на предоставленном ниже изображении (рисунок 1).

Для осуществления анализа необходимо дать определения входных параметров:

- X1 - Отношение государственного долга к доходам бюджета;
- X2 - Отношение объема заемных средств к доходам бюджета;
- X3 - Доля собственных доходов в общем объеме доходов;
- X4 - Объем собственных доходов бюджета;
- X5 - Отношение профицита (дефицита) бюджета к доходам бюджета;
- X6 - Доля средств, направляемых в бюджеты других уровней в расходах;
- X7 - Доля выделяемых кредитов и бюджетных ссуд в расходах;
- X8 - Отношение задолженности по налогам к объему налоговых платежей;
- X9 - Доля прибыльных предприятий в общем количестве, зарегистрированных на территории региона;

- X10 - Сальдо прибылей и убытков предприятий;
- X11 - Денежные доходы населения в расчете на одного жителя.

Region	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
Амурская область	10.17	-2.77	34.23	2057	1.34	41.62	10.38	70.85	50.7	625	22740
Архангельская область	33.97	0.57	45.7	2819	-0.66	40.76	-2.92	38.25	52.5	2210	30288
Астраханская область	12.34	-0.21	74.66	2185	-0.52	30.03	1.27	8.59	63	2074	23710
Белгородская область	50.08	1.99	81.64	3664	-6.12	31.69	2.49	32.53	60.4	4061	19847
Брянская область	4.51	-0.31	24.51	990	2.73	30.02	1.74	49.72	47.5	1065	17784
Владимирская область	13.26	-0.04	46.69	1811	3.24	58.46	1.28	31.59	61.2	3481	16021
Волгоградская область	33.46	-4.14	71.38	4836	2.07	34	0.38	26.15	61.6	9500	18822
Вологодская область	27.64	17.36	82.2	4635	-11.21	22.25	-0.61	15.26	66.1	14054	26603
Воронежская область	0.86	6.38	39.38	1857	-1.62	25.15	13.2	55.83	59.3	2994	20569
Еврейская автономная область	2.47	-0.05	13.93	224	4.37	55.75	1.92	49.52	47.9	-213	22770
Ивановская область	14.16	-0.14	31.3	1223	0.86	47.59	-0.63	66.04	55.3	589	12258
Иркутская область	24.19	3.26	75.67	7251	-1.21	28.5	1.83	46.24	53.1	15517	31907
Кабардино-Балкарская Республика	35.18	-6.45	26.3	984	1.94	24.88	-1.38	103.93	56.2	-47	18715
Калининградская область	76.87	-0.59	62.46	1878	-1.15	37.92	-1.72	28.38	61.3	4180	22587
Калужская область	18.71	1.24	44.14	1814	-0.82	24.81	-1.25	20.72	63.7	2251	18795
Карачаево-Черкесская Республика	12.64	1.32	11.44	167	0.36	49.23	1.59	53.95	59.6	33	14905
Кировская область	9.58	-1.5	47.94	2196	1.49	48.59	4.65	43.76	54.9	3514	17412
Костромская область	44.71	-2.2	43.73	908	-0.17	32.15	2.92	48.15	41.2	896	17377
Краснодарский край	7.04	0.58	65.8	7571	-1.44	36.46	0.49	19.21	73.8	23718	24003
Красноярский край	19.53	19.19	87.02	10923	-10.36	52.27	-4.58	27.17	56	63507	37755
Курганская область	61.97	-1.89	31.62	999	1.66	53.44	-5.87	43.46	39.9	1122	18970
Курская область	33.11	-3.61	66.89	2447	1.61	30.35	-0.1	46.6	47.2	2774	19974
Ленинградская область	29.11	0.92	82.09	6749	1.61	19.71	1.85	16.23	64.8	9031	20764
Липецкая область	5.92	-9.43	89.24	4004	1.63	22.97	2.28	17.87	61.5	11473	26203
Москва	15.13	-13.18	96.97	225660	3.82	0.12	0.18	10.05	82.3	325381	131428
Московская область	8.86	2.23	88.45	24169	-3.84	25.47	0.85	27.29	73.5	21099	29934
Мурманская область	16.69	1.05	76.82	2882	-9.51	40.54	3.61	46.25	64	3541	50085
Нижегородская область	51.96	-8.19	83.89	9424	3.14	30.25	-9.37	38.07	59.1	16563	23944
Новгородская область	35.79	0.57	61.85	1355	-0.58	31.38	1.79	17.88	59.4	2808	25938
Новосибирская область	26.78	12.22	66.99	6938	-4.53	26.92	2.78	36.68	70.3	6959	21013
Омская область	48.65	-8.38	63.9	5309	3.75	17.01	-0.45	32.12	49.5	5491	20903
Оренбургская область	63.49	-2.11	83.65	5415	-0.66	28.99	-4.16	23.56	57.5	5991	21292
Пензенская область	1.83	-3.22	35.85	1475	3.21	21.74	1.08	49.56	51.4	1558	16134
Пермская область	2.88	-0.1	91.51	11874	2.43	36.52	-0.27	16.81	59.9	30409	33411
Приморский край	19.8	-3.23	36.7	3684	1.82	47.79	6.25	36.88	58.9	1116	25691
Псковская область	31.83	-3.46	35.74	1109	1.34	18.47	1.58	29.9	58.3	866	18641
Республика Алтай	24.59	-4.45	32.89	718	4.75	33.52	1.31	22.73	54.2	167	20496
Республика Башкортостан	8.84	2.62	62.65	15636	-3.05	29.7	-1.02	42.37	67.9	38413	28009
Республика Бурятия	28.07	-1.38	37.46	2112	1.13	52.63	7.73	34.1	46.6	1087	21182
Республика Дагестан	10.35	0	8.36	872	-0.37	43.39	1.22	32.59	65.1	783	14364
Республика Калмыкия	2.66	1.82	25.48	311	0.52	46.51	-5.77	57.85	59.2	96	16247
Республика Карелия	14.75	-0.42	71.36	3038	0.31	21.69	0.95	28.6	57.4	2381	31629
Республика Коми	37.1	-3.89	91.97	7235	4.09	31.84	2.1	30.7	53.7	12840	50646
Республика Марий-Эл	13.66	-1.69	27.9	597	1.4	34.3	5.15	56.56	55.3	329	12628
Республика Мордовия	22.34	0.31	55.41	2802	-0.31	16.04	-0.12	11.78	59	1267	17962
Республика Саха (Якутия)	27.86	-5.25	71.55	23861	3.08	0.08	-0.75	33.28	47.5	12075	52397
Республика Северная Осетия - Алания	51.81	1.37	27.74	963	-0.1	23.22	0.97	27.89	61.5	144	29042
Республика Татарстан	7.06	-4.23	68.73	29291	5.86	17.74	-12.26	21.53	65.8	40557	28387
Республика Тыва	28.76	-3.32	5.32	155	3.37	48.68	2.01	41.56	41.5	-298	19126
Ростовская область	10.68	5.02	57.89	7349	-3.4	40.58	0.54	38.28	73.1	9399	25769
Санкт-Петербург	24.04	-6.83	95.2	47068	4.68	0.58	0.48	26.73	83	36910	41318
Саратовская область	31.2	-5.26	60.83	3892	3.24	17.01	3.62	32.19	58.4	7180	21549
Сахалинская область	32.58	1.91	47.19	2120	-3.4	36.23	2.92	44.45	56.8	5379	40345
Свердловская область	11.02	-5.85	86.75	14130	4.4	12.66	3.12	34.8	61.8	25536	27083
Смоленская область	28.44	-0.7	63.43	1765	1.85	21.18	6.17	39.27	48.8	2173	25492
Ставропольский край	9.25	1.26	54.48	4016	1.48	11.79	0.98	27.58	67.5	8844	19019
Тамбовская область	12.63	-1.41	44.62	1754	1.71	42.46	0.3	36.39	45.4	892	23404
Тверская область	22.99	0.66	51.84	2542	-0.77	36.37	4.23	38.77	51	2931	18996
Томская область	52.94	18.27	79.5	3700	-15.34	25.04	8.24	20.9	54.5	5590	31724
Тульская область	15.79	5.86	68.52	3645	-1.21	46.28	2.08	36	57.8	5516	21867
Тюменская область	34.08	2.28	95.15	13718	1.55	31.53	-2.91	11.46	64.9	215572	83585
Удмуртская Республика	6.05	-1.85	78.68	5278	2.73	24.9	0.83	15.09	61.5	13151	21996
Ульяновская область	39.08	-2.44	50.94	1795	1.58	23.62	1.25	59.09	49.7	1028	18253
Усть-Ордынский Бурятский АО	2.26	5.02	4.65	44	-2.8	47.06	1.82	50.19	65.5	10	8041
Хабаровский край	13.17	1.1	65.2	7900	-2.73	22.41	7.39	41.38	66.8	18520	32794
Ханты-Мансийский АО	2.24	0	98.64	41149	-5.44	38.53	-1.9	14.09	55.3	15346	113578
Чувашская Республика	17.72	-1.78	47.59	2257	1.42	46.66	1.62	28.98	65.6	2699	15884
Ямало-Ненецкий АО	10.88	-3.21	95.5	20850	2.42	23.93	-2.83	45.45	57.4	18847	126983
Ярославская область	66.27	3.53	85.52	4093	-0.7	38.09	-3.12	25.51	66.9	10219	26196

Рисунок 1 – Рейтинг кредитоспособности субъектов РФ.

Расчет экономического состояния региона, происходит при помощи правил нечеткой логики. Для показателей, используемых в реализации, использовались диапазоны значений, в которых данные показатели встречаются.

После проведения корреляционного анализа (рисунок 2) были выбраны критерии X1, X2, X4, X7 и убраны повторяющиеся показатели с высокой корреляцией [5].

Корреляция (pedosekin)  
Отмеченные корреляции значимы на уровне  $p < .05000$   
N=69 (Построчное удаление ПД)

Переменная	Средние	Ст. откл.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	23.52	17.56	1,000000	-0,003173	-0,020999	-0,107843	-0,113658	-0,065130	-0,200065	-0,083050	-0,231512	-0,050965	-0,090263
X2	-0,13	5,55	-0,003173	1,000000	-0,260464	-0,304237	-0,817994	0,276874	0,131074	-0,088325	0,033754	-0,157347	-0,150529
X3	70,89	112,23	-0,020999	-0,260464	1,000000	0,964836	0,067138	-0,378338	-0,072578	-0,303913	0,390915	0,841891	0,622582
X4	9419,45	27880,41	-0,107843	-0,304237	0,964836	1,000000	0,123023	-0,401467	-0,124481	-0,270010	0,427842	0,835770	0,675179
X5	0,03	3,87	-0,113658	-0,817994	0,067138	0,123023	1,000000	-0,153365	-0,163338	0,108148	-0,094930	0,085804	-0,035352
X6	31,74	13,13	-0,065130	0,276874	-0,378338	-0,401467	-0,153365	1,000000	0,027528	0,268770	-0,313621	-0,292994	-0,280499
X7	1,01	3,94	-0,200065	0,131074	-0,072578	-0,124481	-0,163338	0,027528	1,000000	0,197610	-0,137850	-0,175126	-0,165268
X8	35,26	16,29	-0,083050	-0,088325	-0,303913	-0,270010	0,108148	0,268770	0,197610	1,000000	-0,368530	-0,322562	-0,273664
X9	58,52	8,82	-0,231512	0,033754	0,390915	0,427842	-0,094930	-0,313621	-0,137850	-0,368530	1,000000	0,410706	0,219108
X10	16141,65	46732,33	-0,050965	-0,157347	0,841891	0,835770	0,085804	-0,292994	-0,175126	-0,322562	0,410706	1,000000	0,652624
X11	29349,33	23229,83	-0,090263	-0,150529	0,622582	0,675179	-0,035352	-0,280499	-0,165268	-0,273664	0,219108	0,652624	1,000000

Рисунок 2 – Корреляция показателей по отношению друг к другу.

4 элемента для анализа являются оптимальным количеством, поскольку при увеличении переменных, возрастает время, затрачиваемое на подсчет и вывод результатов, а при трех и менее результаты достаточно необъективны. Для данного набора входных параметров было сформулировано  $5^4$  правил, а именно 625 (рисунок 3).

```
array = [0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9]
result=[]
for i1 in array:
    for i2 in array:
        for i3 in array:
            for i4 in array:
                temp=[]
                temp.append(i1)
                temp.append(i2)
                temp.append(i3)
                temp.append(i4)
                result.append(temp)
#print (result)
print (len(result))

import numpy as np
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd

data_pandas=pd.DataFrame(result)
data_pandas

data_pandas['v3']=[np.mean(i) for i in data_pandas.values[:,0:3]]
v3=[]
for j in range(len(data_pandas.values[:,4])):
    if ((0.1 <= round(data_pandas.values[j,4], 2)) & (round(data_pandas.values[j,4],2)< 0.26)): z="H"
    else:
        if ((0.26 <= round(data_pandas.values[j,4], 2)) & (round(data_pandas.values[j,4],2)< 0.42)): z="CH"
        else:
            if ((0.42 <= round(data_pandas.values[j,4], 2)) & (round(data_pandas.values[j,4],2)< 0.58)): z="C"
            else:
                if ((0.58 <= round(data_pandas.values[j,4], 2)) & (round(data_pandas.values[j,4],2)< 0.74)): z="CB"
                else:
                    if ((0.74 <= round(data_pandas.values[j,4], 2)) & (round(data_pandas.values[j,4],2)< 0.9)): z="B"
                    v3.append(z)

data_pandas['v2']=v3
data_pandas

data_pandas.to_csv("4param.csv", sep=';')
```

Рисунок 3 – Фрагмент кода программы, по формированию условий нечеткой логики.

```
p1=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['low'] & x11['low'], Vived['H'])
p2=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['low'] & x11['medium-low'], Vived['H'])
p3=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['low'] & x11['medium'], Vived['H'])
p4=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['low'] & x11['medium-high'], Vived['H'])
p5=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['low'] & x11['high'], Vived['CH'])
p6=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-low'] & x11['low'], Vived['H'])
p7=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-low'] & x11['medium-low'], Vived['H'])
p8=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-low'] & x11['medium'], Vived['H'])
p9=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-low'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p10=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-low'] & x11['high'], Vived['CH'])
p11=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium'] & x11['low'], Vived['H'])
p12=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium'] & x11['medium-low'], Vived['H'])
p13=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p14=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p15=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium'] & x11['high'], Vived['CH'])
p16=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-high'] & x11['low'], Vived['H'])
p17=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-high'] & x11['medium-low'], Vived['CH'])
p18=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-high'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p19=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-high'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p20=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['medium-high'] & x11['high'], Vived['CH'])
p21=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['high'] & x11['low'], Vived['CH'])
p22=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['high'] & x11['medium-low'], Vived['CH'])
p23=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['high'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p24=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['high'] & x11['medium-high'], Vived['C'])
p25=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['low'] & x10['high'] & x11['high'], Vived['C'])
p26=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['low'] & x11['low'], Vived['H'])
p27=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['low'] & x11['medium-low'], Vived['H'])
p28=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['low'] & x11['medium'], Vived['H'])
p29=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['low'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p30=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['low'] & x11['high'], Vived['CH'])
p31=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-low'] & x11['low'], Vived['H'])
p32=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-low'] & x11['medium-low'], Vived['H'])
p33=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-low'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p34=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-low'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p35=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-low'] & x11['high'], Vived['CH'])
p36=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium'] & x11['low'], Vived['H'])
p37=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium'] & x11['medium-low'], Vived['CH'])
p38=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p39=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p40=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium'] & x11['high'], Vived['C'])
p41=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-high'] & x11['low'], Vived['CH'])
p42=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-high'] & x11['medium-low'], Vived['CH'])
p43=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-high'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p44=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-high'] & x11['medium-high'], Vived['C'])
p45=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['medium-high'] & x11['high'], Vived['C'])
p46=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['high'] & x11['low'], Vived['CH'])
p47=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['high'] & x11['medium-low'], Vived['CH'])
p48=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['high'] & x11['medium'], Vived['C'])
p49=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['high'] & x11['medium-high'], Vived['C'])
p50=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium-low'] & x10['high'] & x11['high'], Vived['C'])
p51=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['low'] & x11['low'], Vived['H'])
p52=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['low'] & x11['medium-low'], Vived['H'])
p53=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['low'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p54=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['low'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
p55=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['low'] & x11['high'], Vived['CH'])
p56=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['medium-low'] & x11['low'], Vived['H'])
p57=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['medium-low'] & x11['medium-low'], Vived['CH'])
p58=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['medium-low'] & x11['medium'], Vived['CH'])
p59=ctrl.Rule(x8['low'] & x9['medium'] & x10['medium-low'] & x11['medium-high'], Vived['CH'])
```

Рисунок 4 – Часть правил, сформированных для 4 переменных.

Как можно видеть на рисунке 4, список сформированных правил достаточно объемён, поскольку перебираются все возможные комбинации.

После определения условий оценки вводимых показателей, для удобства дальнейшего использования, необходимо реализовать интерфейс приложения, в котором пользователь сможет вводить определенный показатель для получения нечеткого вывода по кредитоспособности субъекта. С целью реализации поставленной задачи было создано окно для взаимодействия с внешним источником на языке R, при работе с которым использовался ряд библиотек:

— `Reticulate` – библиотека, используемая для запуска части кода Python в R-Studio.

— `gWidgets2` – пакет для создания графических пользовательских интерфейсов внутри R. Сюда входят `RGtk2`, `tcltk`, `qtbase` и набор виджетов браузера предоставляемых `ExtJS`. На данный момент близится к завершению только `gWidgets2RGtk2`.

— `gWidgetstcltk` – программный интерфейс для создания графических пользовательских интерфейсов внутри R. Обеспечивает доступ к графическим библиотекам. Этот пакет обеспечивает реализацию интерфейс с базовым пакетом `tcltk`.

— `gWidgets2RGtk2` – программный интерфейс для создания графических пользовательских интерфейсов внутри R. Обеспечивает доступ к графическим библиотекам. Этот пакет обеспечивает реализацию интерфейс с базовым пакетом `RGtk2`.

— `foreign` – сканирует файл как библиотеку формата SAS XPORT и возвращает список, содержащий информацию о библиотеке SAS.

При запуске скрипта программы в R-Studio, который носит название «FEA», открывается диалоговое окно (рисунок 5), в котором пользователю необходимо выбрать одну из кнопок. При нажатии на кнопку «Справка» открывается окно справки (рисунок 6), содержащее описание

программного комплекса. Также пользователь может узнать более подробную техническую информацию о системе (рисунок 7), активировав кнопку «О программе».

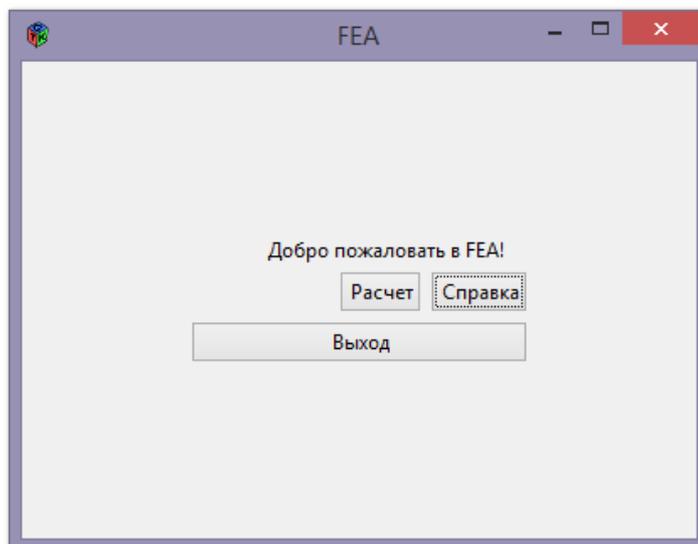


Рисунок 5 – Главное окно

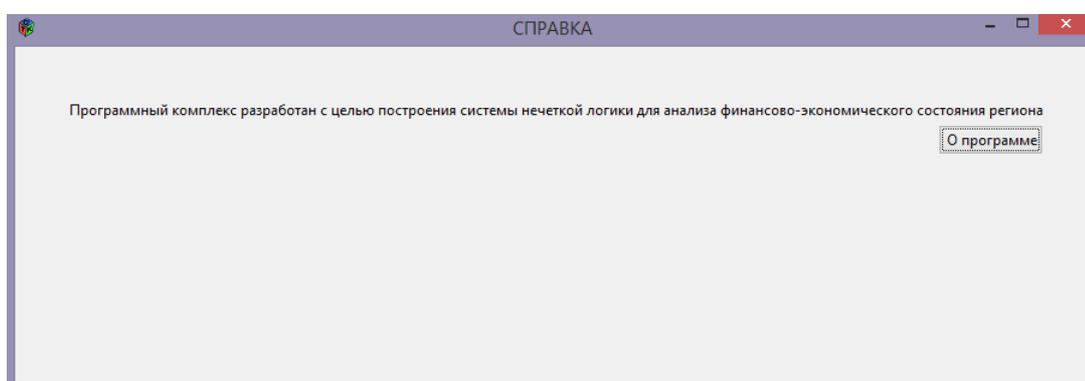


Рисунок 6 – Окно справки

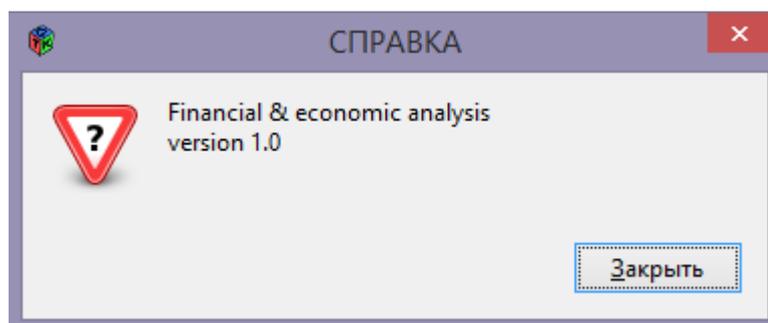
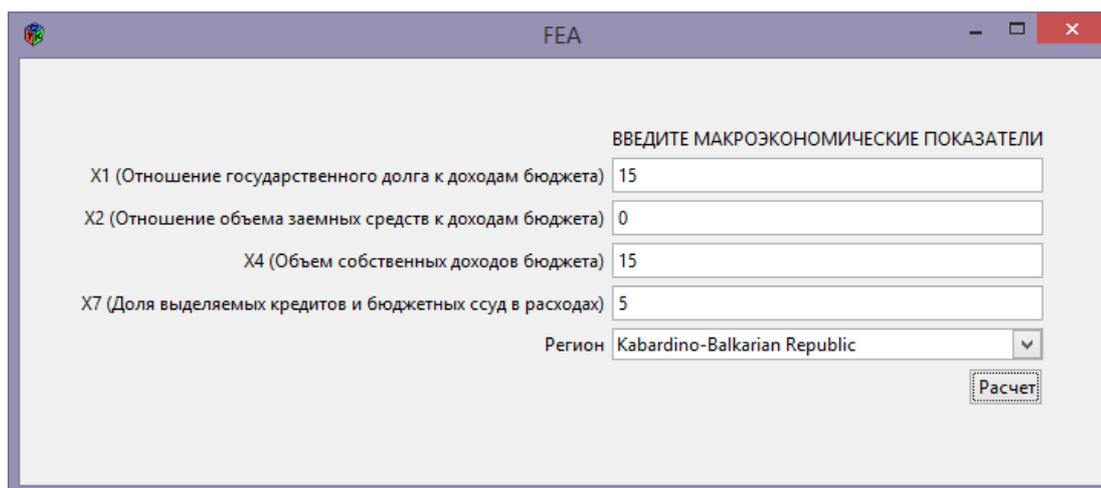


Рисунок 7 – Окно информации о программном комплексе

Для проведения анализа необходимо в основном окне нажать на кнопку «Расчет», после чего откроется окно, в котором нужно ввести начальные данные для проведения расчетов (рисунок 8). После ввода значений указанного диапазона необходимо нажать на кнопку «Расчет» для выполнения подсчета и предоставления окна вывода.

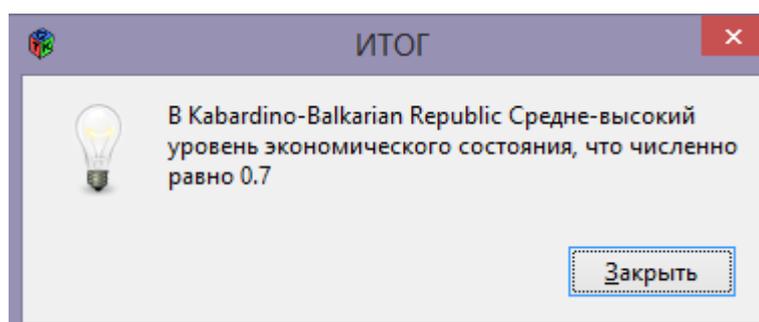


The screenshot shows a window titled 'FEA' with a light gray background. At the top right, there are standard window control buttons (minimize, maximize, close). The main area contains the text 'ВВЕДИТЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ' (Enter macroeconomic indicators). Below this, there are four input fields with labels: 'X1 (Отношение государственного долга к доходам бюджета)' with value '15', 'X2 (Отношение объема заемных средств к доходам бюджета)' with value '0', 'X4 (Объем собственных доходов бюджета)' with value '15', and 'X7 (Доля выделяемых кредитов и бюджетных ссуд в расходах)' with value '5'. To the right of these fields is a dropdown menu labeled 'Регион' (Region) with 'Kabardino-Balkarian Republic' selected. At the bottom right, there is a button labeled 'Расчет' (Calculate).

Рисунок 8 – Интерфейс ввода входных параметров.

Критерии экономического состояния делятся на 5 категорий: Низко (Н) — 0.1, Средне-Низко (СН) — 0.3, Средне (С) — 0.5, Средне-Высоко (СВ) — 0.7, Высоко (В) — 0.9. В зависимости от работы программы, значения могут незначительно отличаться от обозначенных выше чисел.

По окончании работы, программа выводит числовое и буквенное значения финансового благосостояния региона, основываясь на полученных в процессе расчета числах (рисунок 9).



The screenshot shows a window titled 'ИТОГ' (Result) with a light gray background. At the top right, there is a close button. The main area contains a lightbulb icon on the left and the text 'В Kabardino-Balkarian Republic Средне-высокий уровень экономического состояния, что численно равно 0.7' (In Kabardino-Balkarian Republic, a medium-high level of economic condition, which is numerically equal to 0.7). At the bottom right, there is a button labeled 'Закреть' (Close).

Рисунок 9 – Результат вычислений.

## Вывод

В проведенном исследовании была решена задача построения системы нечеткой логики для анализа финансово-экономического состояния региона на языке программирования Python и реализован интерфейс на скриптовом языке R. Проведен корреляционный анализ показателей для определения наиболее приемлемых входных переменных. Использование среды взаимодействия с системами нечеткой логики ускоряет процесс анализа состояния региона, что способствует сокращению временных затрат. Окно вывода, в свою очередь, способствует лучшему восприятию итоговой информации.

Для приложения «Анализ финансового состояния региона с помощью нечеткой логики (FEA)» была проведена процедура регистрации авторского права.

## Библиографический список

1. Недосекин А.О. Математические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. докт. экон. наук. СПб., 2003.
2. Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика (Монография 24): Монография (научное издание). – Краснодар, КубГАУ. 2014. – 600 с.
3. Луценко Е.В. Системная нечеткая интервальная математика (СНИМ) – перспективное направление теоретической и вычислительной математики // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №07(091). С. 255 – 308. – IDA [article ID]: 0911307015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>
4. Коваленко А.В. Математические модели и инструментальные средства комплексной оценки финансово-экономического состояния предприятия: дис. канд. экон. наук, Краснодар, 2008.
5. Коваленко А.В., Гаврилов А.А., Теунаев Д.М., Жигулина Т.С., Норовичук И.А. Использование методов многомерного статистического анализа для оценки социально-экономического развития городских округов Краснодарского края. Краснодар, 2020.
6. Коваленко А.В., Муравьёва Л.М., Теунаев Д.М., Боташева Ф.Б. Сопоставительный анализ оценок рейтинговых агентств социально-экономического развития Краснодарского края. Краснодар, 2020.

7. Самутин А.К., Попова О.В., Азарова Ю.Е., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Программный комплекс оценки социально-экономического состояния субъектов Российской Федерации. Краснодар, 2020.

8. Акберова Н.И. Краткое введение в R и RStudio. Учебно-методическое пособие / Н.И. Акберова — 2014. — 14 с.

9. Исследования регионов. Исследование относительной кредитоспособности субъектов РФ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.akmrating.ru/ru/rankings/index/1>

## References

1. Nedosekin A.O. Matematicheskie osnovy modelirovanija finansovoj dejatel'nosti s ispol'zovaniem nechetko-mnozhestvennyh opisaniy: dis. dokt. jekon. nauk. SPb., 2003.

2. Lucenko E.V. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika (Monografija 24): Monografija (nauchnoe izdanie). – Krasnodar, KubGAU. 2014. – 600 s.

3. Lucenko E.V. Sistemnaja nechetkaja interval'naja matematika (SNIM) – perspektivnoe napravlenie teoreticheskoj i vychislitel'noj matematiki // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №07(091). S. 255 – 308. – IDA [article ID]: 0911307015. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/15.pdf>

4. Kovalenko A.V. Matematicheskie modeli i instrumental'nye sredstva kompleksnoj ocenki finansovo-jekonomicheskogo sostojanija predpriyatija: dis. kand. jekon. nauk, Krasnodar, 2008.

5. Kovalenko A.V., Gavrilov A.A., Teunaev D.M., Zhigulina T.S., Norovichuk I.A. Ispol'zovanie metodov mnogomernogo statisticheskogo analiza dlja ocenki social'no-jekonomicheskogo razvitija gorodskih okrugov Krasnodarskogo kraja. Krasnodar, 2020.

6. Kovalenko A.V., Murav'jova L.M., Teunaev D.M., Botasheva F.B. Sopotavitel'nyj analiz ocenok rejtingovyh agentstv social'no-jekonomicheskogo razvitija Krasnodarskogo kraja. Krasnodar, 2020.

7. Samutin A.K., Popova O.V., Azarova Ju.E., Kovalenko A.V., Urtenov M.H. Programmnyj kompleks ocenki social'no-jekonomicheskogo sostojanija sub#ektov Rossijskoj Federacii. Krasnodar, 2020.

8. Akberova N.I. Kраткое введение в R и RStudio. Учебно-методическое пособие / N.I. Akberova — 2014. — 14 s.

9. Issledovanija regionov. Issledovanie otnositel'noj kreditosposobnosti sub#ektov RF [Jelektronnyj resurs]. — Rezhim dostupa: <http://www.akmrating.ru/ru/rankings/index/>