

УДК 51-77

UDC 51-77

01.00.00 Физико-математические науки

Physics and Math

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КРЕДИТНОГО РЕЙТИНГА СТРАН**

**THE DEVELOPMENT OF COUNTRIES' CREDIT RATING ASSESSMENT SYSTEM**

Бабанская Виктория Викторовна  
студентка  
РИНЦ SPIN-код автора: 1380-4920  
autumnvictoria.1993@gmail.com  
*Кубанский государственный университет,  
Россия, 350040, Краснодар, Ставропольская, 149*

Babanskaya Victoria Victorovna  
student  
RISC SPIN-code: 1380-4920  
autumnvictoria.1993@gmail.com  
*Kuban State University, Krasnodar, Russia*

Уртенов Махамет Али Хусеевич  
д.ф.-м.н., профессор  
РИНЦ SPIN-код: 7189-0748  
Scopus Author ID: 6603363090  
*Кубанский государственный университет,  
Краснодар, Россия*

Urtenov Makhamet Ali Khuseevich  
Dr.Sci.Phys.-Math., professor  
RSCI SPIN-code: 7189-0748  
Scopus Author ID: 6603363090  
*Kuban State University, Krasnodar, Russia*

Коваленко Анна Владимировна  
к.э.н., доцент  
РИНЦ SPIN-код автора: 3693-4813  
Scopus Author ID: 55328224000

Kovalenko Anna Vladimirovna  
Cand.Econ.Sci., associate professor  
RSCI SPIN-code: 3693-4813  
Scopus Author ID: 55328224000

Русанов Алексей Витальевич  
студент  
РИНЦ SPIN-код автора: 7342-4530  
thecrynex@gmail.com  
*Кубанский государственный университет,  
Россия, 350040, Краснодар, Ставропольская, 149*

Rusanov Alexey Vitalevich  
student  
RISC SPIN-code: 7342-4530  
thecrynex@gmail.com  
*Kuban State University, Krasnodar, Russia*

В работе предложен новый подход к определению рейтинга кредитоспособности государств, на основе современных математических моделей, таких, как нейросетевая модель, множественная регрессия, нелинейное многомерное моделирование, кластерный анализ, дискриминантный анализ. С такими показателями стран, как ВВП на душу населения, объем ВВП, годовой темп прироста ВВП, ПИИ – приток иностранных инвестиций, уровень безработицы, инфляция индекса потребительских цен, размер государственного долга в процентах от ВВП были проведены следующие анализы: дискриминантный, кластерный, кроме того, была построена модель множественной регрессии, нелинейная модель, а также – нейронная сеть. Полученные по каждой модели результаты были объединены в систему оценки кредитного рейтинга стран «7М»

This work presents a new approach to the countries' credit rating definition, based on the advanced mathematical models, such as neural network model, multiple regression, cluster analysis and discriminant analysis. A range of the analyses such as discriminant, cluster, multiple regression models and a neural network were performed on the following economic figures: GDP per capita, GDP value, annual growth rate of GDP, FDI - foreign investment, rate of unemployment, consumer price inflation index, the size of government debt in percentage of GDP. The results, obtained for each model were combined in the countries' credit rating estimation system called "7M"

Ключевые слова: РЕЙТИНГ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ, МНОЖЕСТВЕННАЯ РЕГРЕССИЯ, КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ, ДИСКРИМИНАНТНЫЙ АНАЛИЗ, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ

Keywords: CREDIT RATING, MULTIPLE REGRESSION, CLUSTER ANALYSIS, DISCRIMINANT ANALYSIS, NEURAL NETWORK, NON-LINEAR MODEL

## **Введение**

Мировая экономика – сложная глобальная система, состоящая из множества элементов, характеризующаяся иерархичностью и сложной структурой. Цель этой системы – производство материальных и духовных благ, их распределение и потребление. Мировая экономика существует за счет экономического взаимодействия различных государств. Но, как известно, экономическое взаимодействие – это не только покупка – продажа сырья, готовой продукции, интеллектуальных достижений, а также это и выдача кредитов и выплаты по долговым обязательствам. На сегодняшний день, в мире далеко не все страны имеют стабильную, сильную экономику, поэтому такие государства вынуждены брать кредиты у более развитых. Вот тут и возникает необходимость в создании рейтинга, который будет отражать финансовое положение государства, его способность расплачиваться по долговым обязательствам – рейтинга кредитоспособности стран.

В настоящее время существует множество рейтинговых агентств, оценивающих рейтинг кредитоспособности, например, «АК&М»; Национальное Рейтинговое Агентство»; агентство «Эксперт РА»; «Fitch Ratings»; «Moody's Investors Service»; «Moody's Interfax Rating Agency»; «RusRating»; «Standard&Poor's». Причем каждое из них имеет свою методологию оценивания кредитного рейтинга стран, кроме того, при составлении рейтинга учитываются не только количественные показатели стран, а также и субъективные мнения аналитиков, составляющих рейтинг [1].

Рейтинг кредитоспособности государств – весьма популярный на сегодняшний день показатель, который определяет состоятельность государства, его возможность отвечать по долговым обязательствам. Для разработки системы оценки кредитного рейтинга стран были взяты следующие показатели государств: X1 - ВВП на душу населения, X2 - объем ВВП, X3 - годовой темп прироста ВВП, X4 - ПИИ – приток иностранных инвестиций, X5 - уровень безработицы, X6 - инфляция индекса потребительских

цен, X7 - размер государственного долга в процентах от ВВП. Данные показатели отражены ниже в табл. 1.

*Таблица 1. Исходные данные*

Государство	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
Австралия	67,47	1560,6	2,66	49 826,20	5,6	2,45	28,79
Австрия	49,07	415,84	0,39	11 082,70	4,8	2	74,19
Азербайджан	7,81	73,56	5,8	2 632,00	5,5	5,43	13,75
Албания	4,65	12,9	1,3	1 225,50	16,1	1,94	70,5
Армения	3,5	10,43	3,5	370	16	5,79	41,9
Беларусь	7,58	71,71	0,89	2 232,70	5,9	18,31	36,71
Бельгия	45,39	508,12	0,2	-2 405,90	8,6	1,11	99,75
Болгария	7,3	53,01	0,9	1 450,40	13,1	0,89	17,63
Бразилия	11,21	2245,67	2,49	64 045,30	6,6	6,2	66,34
Великобритания	39,35	2522,26	1,66	37 100,90	7,5	2,55	90,1
Венесуэла	14,41	438,28	1,34	7 040,00	7,6	40,64	49,76
Германия	45,08	3634,82	0,43	26 720,80	5,3	1,5	78,06
Греция	21,91	241,72	-3,86	2 566,50	27,6	-0,92	173,81
Грузия	3,6	16,13	3,18	1 009,70	14,3	-0,51	31,79
Дания	58,93	330,81	0,4	2 083,20	7,1	0,78	45,17
Египет	3,31	271,97	2,1	5 553,00	12,7	9,48	89,18
Замбия	1,54	22,38	6,35	1 810,90	13,2	6,97	35,11
Израиль	36,15	291,36	3,31	11 803,80	6,7	1,53	66,73
Индия	1,5	1876,8	5,02	28 199,40	3,7	10,91	66,72
Ирландия	47,4	217,82	-0,34	35 519,70	13,6	0,5	122,82
Исландия	45,26	14,62	3,26	347,8	5,6	3,88	90,2
Испания	29,12	1358,26	-1,22	39 166,60	26,7	1,41	93,91
Италия	34,62	2071,31	-1,85	16 507,80	12,2	1,22	132,53
Казахстан	13,17	224,41	6	9 738,50	5,2	5,84	13,53
Канада	51,91	1825,1	2,01	62 324,70	7,1	0,94	89,12
Китай	6,81	9240,27	7,67	123 911,00	4,6	2,63	22,4
Люксембург	111,16	60,38	2,14	30 075,40	5,7	1,73	22,87
Македония	4,85	10,22	3,1	333,9	29,7	2,78	35,76
Мексика	10,31	1260,91	1,07	38 285,70	5	3,81	46,48
Молдова	2,23	7,94	8,9	231,3	5,9	4,64	24,39
Нидерланды	47,62	800,17	-0,82	24 388,90	6,7	2,51	74,91
Норвегия	100,82	512,58	0,65	9 329,70	3,5	2,13	29,52
Польша	13,43	517,54	1,57	-6 037,70	10,4	1,17	57,48
Португалия	21,03	219,96	-1,37	3 114,00	16,9	0,27	128,84
Россия	14,61	2096,78	1,32	79 262,00	5,8	6,76	13,41
Румыния	9,5	189,64	3,5	3 616,80	7,4	3,99	39,25
Сербия	5,94	42,52	2,46	1 033,70	22,6	7,69	65,75

С этими показателями были проведены дискриминантный и кластерный анализы, построены нейронная сеть и множественная регрессия. Полученные результаты были объединены в систему оценки кредитного рейтинга стран «7М».

## **1. Кластерный анализ**

### **1.1. Метод К - средних**

Назначение кластерного анализа – разбиение множества исследуемых объектов и признаков на кластеры. Кластерный анализ производит разбиение объектов по ряду признаков, а не по одному параметру. А также немаловажным отличием кластерного анализа от других методов классификации является отсутствие обучающей выборки, иными словами, это классификация без обучения.

Метод К-средних относят к дивизивным процедурам.

Принцип работы иерархических агломеративных (дивизивных) процедур состоит в последовательном объединении (разделении) групп элементов сначала самых близких (далеких), а затем все более отдаленных (близких) друг от друга. Большинство этих алгоритмов исходит из матрицы расстояний (сходства). К недостаткам иерархических процедур следует отнести громоздкость их вычислительной реализации. На каждом шаге алгоритмы требуют вычисления матрицы расстояний, а, следовательно, емкой машинной памяти и большого количества времени [1].

Данный метод группировал список стран в десять кластеров, полученный рейтинг сравнивался с рейтингом «Национального рейтингового агентства». В результате было получено 31% верной классификации.

## **2. Дискриминантный анализ**

Цель дискриминантного анализа состоит в том, чтобы на основе измерения различных характеристик (признаков, параметров) объекта классифицировать его, т.е. отнести к одной из нескольких групп (классов) некоторым оптимальным способом. Под оптимальным способом понимается

либо минимум математического ожидания потерь, либо минимум вероятности ложной классификации. Этот вид статистического анализа является многомерным, так как использует несколько параметров объекта [1].

Дискриминантный анализ классифицирует объекты по различиям (дискриминирует их).

Для проведения данного анализа был использован пакет Statistica. Данный метод разделял список стран на десять кластеров, полученный рейтинг сравнивался с рейтингом «Национального рейтингового агентства». В результате было получено 61% верной классификации.

### **3. Нейронная сеть**

Нейронные сети - мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить сложные нелинейные зависимости. Способность к моделированию нелинейных процессов, работе с зашумленными данными и адаптивность дают возможность применять нейронные сети для решения широкого класса экономических задач [2].

Нейронные сети – новая, активно развивающаяся вычислительная технология, которая позволяет по – новому исследовать экономические процессы. Нейронные сети обучаются на примерах (обучение с учителем). При работе с нейронной сетью, при ее построении и обучении от разработчика требуется следующее: подготовить обучающую выборку, определить архитектуру сети, обучить нейронную сеть, правильно интерпретировать полученные результаты.

Существенным преимуществом нейронных сетей, является то, что зависимость между входными переменными и выходными находится в процессе обучения сети. И если нейронная сеть обучена правильно и хорошо, то она способна моделировать неизвестную функцию, а это значит, что полученную нейронную сеть можно использовать на практике, например, при прогнозировании экономических процессов.

Используя пакет statistica neural network, была построена нейронная

сеть. Тип – многослойный персептрон, сеть имеет 3 слоя: на первом – 7 элементов, на втором – 4, а на последнем – один. Нейронная сеть обучалась методом спуска по сопряженным градиентам. Ошибка обучения – 0,78, ошибка контрольного множества – 0,77. С помощью построенной нейронной сети был получен кредитный рейтинг стран, который сравнивался с рейтингом «Национального рейтингового агентства». В результате было получено 71% верной классификации.

#### **4. Регрессионный анализ.**

##### **4.1. Множественная регрессия.**

В регрессионном анализе рассматривается односторонняя зависимость случайной зависимой переменной от одной или нескольких независимых переменных, если их количество одному, то регрессию называют простой, иначе — множественной [1].

Цель данного метода – получить регрессионное уравнение, после чего, подставить значения независимых переменных в это уравнение, затем правильно интерпретировать полученный результат.

В результате было выявлено, что наилучшие результаты дает множественная регрессия, уравнение которой составлено не из всех переменных, а только из статистически значимых, а именно –  $X_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_5$  получено следующее уравнение регрессии:

$$Re\ sult = 104.98 + 0.0367 \times X_1 + 0.0002 \times X_2 - 0.1509 \times X_3 - 0.0947 \times X_5 \quad (1)$$

С помощью построенного уравнения множественной регрессии был получен кредитный рейтинг стран, который сравнивался с рейтингом «Национального рейтингового агентства». В результате было получено 49% верной классификации.

##### **4.2 Нелинейное многомерное моделирование**

Известно, что абсолютное большинство зависимостей, как в природе, так и в экономике, бизнесе являются нелинейными. Отсюда возникает

<http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/19.pdf>

необходимость построить нелинейную модель и посмотреть, насколько хорошо она справится с задачей классификации.

Цель данного метода – получить нелинейное уравнение, после чего, подставить значения независимых переменных в это уравнение, затем правильно интерпретировать полученный результат.

Для построения нелинейной модели был использован пакет *statistica*.

В результате было выявлено, что наилучшие результаты дает нелинейная модель, уравнение которой содержит следующие переменные:  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_5$ :

$$\begin{aligned} Re\ sult = & 104.299 + 0.0375 \times X_1 + 0.0005 \times X_2 - 0.1857 \times X_5 - 0.0004 \times X_1^2 - \\ & - 0.000001 \times X_2^2 + 0.0029 \times X_5^2 \end{aligned} \quad (2)$$

С помощью построенного нелинейного был получен кредитный рейтинг стран, который сравнивался с рейтингом «Национального рейтингового агентства». В результате было получено 55% верной классификации.

#### **4.2. Разработанная система оценки кредитного рейтинга стран**

Объединив результаты всех методов и моделей, описанных выше, получаем, математически обоснованную систему оценки кредитного рейтинга стран. Результаты всех вышеописанных методов объединялись в единый следующим образом: полученные качественные рейтинговые шкалы каждого метода для каждой страны переводились в количественные значения в интервале  $[0;1]$ , после этого вычислялось среднее арифметическое всех методов (вес результата из нейронной сети был больше, чем веса остальных методов, так как нейронная сеть показала наилучшие результаты), полученная величина обратно переводилась в качественное значение.

Имеем 57% верной классификации, что весьма приемлемо, учитывая, что из 51 наблюдения обучающей выборки верно классифицировано 29 наблюдений, 16 наблюдений были отнесены либо на рейтинг выше, либо на рейтинг ниже, то есть имеем ошибку, равную плюс или минус единице, оставшиеся 6 наблюдений были классифицированы с большей ошибкой. В

табл. 2 отражены полученные результаты.

*Таблица 2. Полученные результаты*

Государство	Исходный рейтинг	Рейтинг из НС	Дискриминантный анализ рейтинг	Шкала из множественной регрессии	Шкала из нелинейной модели	Кластерный анализ	Итоговый рейтинг
Австралия	AA+	AA	AA	AA	AA	A	AA
Австрия	AA	A	AA	A	A	AAA	AA
Азербайджан	BB	B	BB	BB	BB	BB	BB
Албания	CC	B	B	BB	B	CC	B
Армения	B+	B	B	B	B	B	B
Беларусь	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB
Бельгия	A	BBB	AA	A	A	AAA	AA
Болгария	BBB	BBB	BBB	BB	B	CC	BB
Бразилия	BBB+	BBB	BBB	BB	BBB	A	BBB
Великобритания	AA	AA	A	A	AA	A	AA
Венесуэла	B+	B	B	B	BB	CCC	B
Германия	AA+	AA	AA	AA	AA	A	AA
Греция	CCC	CCC	CCC	BB	BB	BBB	BB
Грузия	CC	B	BB	BB	B	CC	B
Дания	AA-	AA	AA	AA	A	AAA	AA
Египет	B	B	B	B	B	CC	B
Израиль	A+	BBB	A	BBB	A	AAA	A
Индия	BBB-	BBB	BB	BB	BBB	BB	BBB
Ирландия	B+	BBB	BBB	BBB	BBB	BBB	BBB
Исландия	BB	BBB	AA	BBB	A	AAA	AA
Испания	BBB+	A	B	BB	BBB	BBB	BBB
Италия	A-	A	A	A	A	BBB	A
Казахстан	BB	BB	BB	BB	BB	BB	BB
Канада	AA	AA	AA	A	AA	A	AA
Китай	A+	A	BBB	BBB	A	AA	A
Люксембург	AA-	AAA	AAA	AAA	AA	AAA	AAA
Македония	B	B	B	CCC	B	B	B
Мексика	BBB+	BBB	BBB	BBB	BBB	A	A
Молдова	B	CC	CC	B	BB	C	BB
Нидерланды	AA	A	A	A	A	AAA	AA
Норвегия	AAA	AAA	AAA	AAA	AA	AAA	AAA
Польша	BBB	BBB	BB	BBB	BB	CC	BB
Португалия	BB	B	CCC	BB	BB	BBB	BB
Россия	BBB+	BBB	BBB	BBB	BBB	A	A
Румыния	BBB-	BB	BB	BB	BB	CC	BB
Сербия	B	B	B	CCC	B	B	B



**Заключение.** В результате исследования была разработана система оценки кредитного рейтинга стран. Для этого были собраны такие показатели государств, как: ВВП на душу населения, объем ВВП, годовой темп прироста ВВП, ПИИ – приток иностранных инвестиций, уровень безработицы в процентах, инфляция индекса потребительских цен, размер государственного долга в процентах от ВВП. Кроме того, были проведены следующие анализы: кластерный, дискриминантный, построено уравнение множественной регрессии, нелинейной модели, построена нейронная сеть. Результаты всех анализов были объединены, и была получена математически обоснованная система оценки кредитного рейтинга стран.

### Литература

1. Публичная методика определения рейтинга кредитоспособности предприятия реального сектора экономики: URL: <http://new.akmrating.ru/files/methodology/en/1.pdf>
2. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
3. Барановская Т.П., Кармазин В.Н., Коваленко А.В., Уртенов М.Х. Современные математические методы анализа финансово – экономического состояния предприятия: монография. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – 224 с

### References

1. Public method ranking credit the real sector of economy: URL: <http://new.akmrating.ru/files/methodology/en/1.pdf>
2. Halafjan A.A. STATISTICA 6. Statisticheskij analiz dannyh. 3-e izd. Uchebnik – M.: ООО «Binom-Press», 2007. – 512 s.
3. Baranovskaja T.P., Karmazin V.N., Kovalenko A.V., Urtenov M.H. Sovremennye matematicheskie metody analiza finansovo – jekonomicheskogo sostojanija predpriyatija: monografija. – Krasnodar: KubGAU, 2009. – 224 s