

УДК 004.896:338

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

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Самутин Андрей Кириллович  
аспирант кафедры прикладной математики  
samutinandrey@mail.ru

Попова Ольга Витальевна  
аспирант кафедры интеллектуальных информационных систем  
ovpopova1006@gmail.com

Азарова Юлия Евгеньевна,  
аспирант кафедры интеллектуальных информационных систем  
jaulii@mail.ru

Коваленко Анна Владимировна  
к.э.н., доцент  
Scopus ID: 553228224000  
SPIN-код: 3693-4813  
savanna-05@mail.ru

Уртенов Махамет Али Хусеевич  
д.ф.-м.н., профессор  
Scopus ID: 6603363090  
SPIN-код: 7189-0748  
urtenovmax@mail.ru  
*Кубанский государственный университет, Россия, 350040, Краснодар, Ставропольская, 149*

В статье представлены способы оценивания социально-экономического состояния субъектов Российской Федерации с помощью нечетких продукционных систем, дискриминантного анализа и нейронной сети. Рейтинговым агентством «РИА Рейтинг» выделено тринадцать показателей, характеризующих социально-экономическое положение регионов Российской Федерации, на которых и основывается данное исследование. Целью работы является разработка программного комплекса объединяющего указанные выше способы оценивания и позволяющего на основе тринадцати показателей выдавать три альтернативных варианта оценки субъекта РФ. В разработанной программе, каждому региону присваивается оценка из набора: AAA – самые высокие показатели социально-экономического положения, AA – очень высокие показатели, A – высокие показатели, BBB – выше среднего, BB – средние, B – ниже среднего, CCC – низкие, CC – очень низкие, C – самые низкие

UDC 004.896:338

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

**SOFTWARE PACKAGE FOR THE ESTIMATION OF THE SOCIO-ECONOMIC CONDITION OF THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION**

Samutin Andrey Kirillovich  
graduate student  
samutinandrey@mail.ru

Popova Olga Vitalievna  
graduate student  
ovpopova1006@gmail.com

Azarova Yulia Evgenievna  
graduate student  
jaulii@mail.ru

Kovalenko Anna Vladimirovna  
Cand.Econ.Sci., associate professor  
Scopus ID: 553228224000  
RSCI SPIN-code: 3693-4813  
savanna-05@mail.ru

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

The article presents ways to estimate the socio-economic condition of the subjects of the Russian Federation using fuzzy production systems, discriminant analysis and neural networks. This study is based on the thirteen indicators of the socio-economic condition of the regions of the Russian Federation identified by RIA Rating rating agency. The goal of the work is to develop a software package combining the estimation methods above and allowing to get three alternative estimation options for a subject of the Russian Federation, using these thirteen indicators. The developed program assigns each region an estimation from the following set: AAA– the highest socio-economic condition, AA - very high, A– high, BBB– above average, BB– average, B– below average, CCC– low, CC– very low, C– the lowest indicators of the socio-economic conditions in the region of the Russian Federation. The software package is developed in Matlab and has an intuitive interface. The results can be used as an alternative to current methods of estimation of the socio-economic

показатели социально-экономического положения региона Российской Федерации. Программный комплекс разработан в среде «Matlab» и имеет интуитивно понятный интерфейс. Полученные результаты могут использоваться в качестве альтернативы текущим способам оценки социально-экономических показателей

indicators

Ключевые слова: ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ РЕГИОНОВ РФ, РЕЙТИНГ, НЕЙРОННАЯ СЕТЬ, ДИСКРИМИНАНТНЫЙ АНАЛИЗ, НЕЧЕТКАЯ ПРОДУКЦИОННАЯ СИСТЕМА

Keywords: ESTIMATION OF THE SOCIO-ECONOMIC CONDITION OF THE SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION, RATING, NEURAL NETWORK, DISCRIMINANT ANALYSIS, FUZZY PRODUCTION SYSTEM

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-160-012>

## Введение

В современное время информационные технологии все глубже интегрируются в различные сферы экономики. В рамках данной работы исследуется социально-экономическое состояние регионов Российской Федерации и на основе полученных данных создается программный комплекс, позволяющий получать оценку с помощью нейронной сети, нечеткой логики и дискриминантного анализа.

Основой для анализа выбран рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ, составленный рейтинговым агентством «РИА Рейтинг». Данным агентством используются следующие показатели:

**X1** – объем производства товаров и услуг (тыс. руб.) на душу населения (характеризует эффективность использования производственных ресурсов);

**X2** – доходы консолидированных бюджетов (тыс. руб.) на душу населения (показывает уровень обеспеченности региона финансовыми ресурсами, что характеризует возможности администрации для развития региона и сохранения социальной стабильности);

**X3** – численность занятых в экономике (тыс. чел.) (данный показатель характеризует емкость рынка труда в регионе);

**X4** – инвестиции в основной капитал (тыс. руб.) на душу населения (характеризует уровень инвестиционной активности в субъекте РФ и определяет предпосылки экономического развития);

**X5** – доля прибыльных организаций в общем числе организаций, % (характеризует финансовое положение предприятий на территории субъекта РФ и эффективность их деятельности);

**X6** – отношение задолженности по налогам к объему поступивших налогов и сборов в бюджетную систему РФ, % (характеризует налоговую дисциплину экономических субъектов и эффективность налоговых органов регионов, а также косвенно характеризует финансовое положение предприятий);

**X7** – доля налоговых и неналоговых доходов в суммарном объеме доходов консолидированного бюджета, % (характеризует вклад собственных источников в формирование доходной базы бюджета);

**X8** – отношение государственного долга к налоговым и неналоговым доходам консолидированного бюджета, % (характеризует уровень долговой нагрузки и обеспеченность долга собственной доходной базой);

**X9** – отношение дефицита/профита к налоговым и неналоговым доходам консолидированного бюджета, % (характеризует соответствие доходной базы необходимым для стабильного и устойчивого развития региона финансовым потребностям);

**X10** – отношение денежных доходов населения к стоимости фиксированного набора потребительских товаров и услуг, раз (позволяет оценить уровень доходов и покупательную способность населения, а также характеризует объем средств, которые остаются в распоряжении жителей субъекта РФ после проведения необходимых для осуществления жизнедеятельности расходов);

**X11** – уровень безработицы, %. Характеризует ситуацию на рынке труда в частности и социально-экономическую ситуацию в целом.

**X12** – ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет (данный показатель комплексно характеризует качество жизни населения, качество медицинской помощи, экологию, уровень социальной поддержки);

**X13** – уровень младенческой смертности, число детей, умерших в возрасте до 1 года на 1000 родившихся (характеризует уровень здоровья жителей, качество медицинских услуг, общие условия жизни) [1-4].

Используя материалы рейтингового агентства за период 2013-2015 г. регионы были разбиты на 9 групп: AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, CC, C. Все страны которые попали в группу AAA – имеют самую высокую оценку социально-экономического состояния, C – самую низкую оценку. Для дальнейшего анализа использовались данные «Министерства финансов РФ» и «Росстата» [5, 6].

### **Нечеткая продукционная система (НПС)**

Для построения нечеткой продукционной системы, необходимо перевести каждый из показателей в нечеткую переменную. Для этого были построены гистограммы и на их основе получена градация (при этом учитывалось, что имеются также и инверсные показатели).

Гистограмма для **X1** представлена на рисунке 1. Отсюда получаем градацию для данного показателя: AAA – более 1600, AA – от 628 до 1600, A – от 535 до 628, BBB– от 440 до 535, BB – от 345 до 440, B – от 250 до 345, CCC – от 157 до 250, CC – от 62 до 157, C – ниже 62.

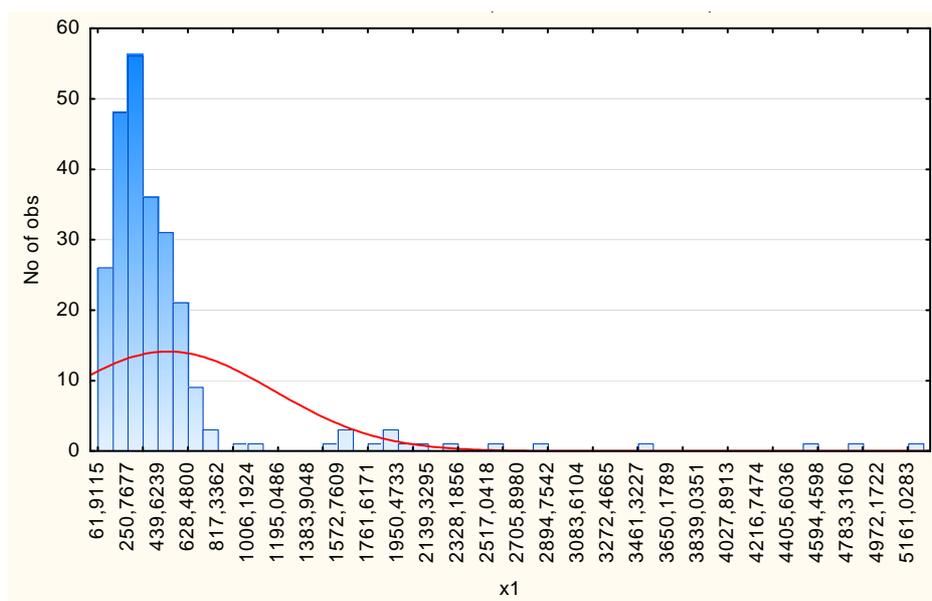


Рисунок 1. Гистограмма для переменной **X1**

Аналогично были получены градации и для остальных переменных.

Для показателя **X2** градация: AAA – более 86, AA – от 78 до 86, A – от 70 до 78, ВВВ– от 61 до 70, ВВ – от 53 до 61, В – от 45 до 53, ССС – от 37 до 45, СС – от 29 до 37, С – ниже 29.

Для показателя **X3**: AAA – более 2000, AA – от 1612 до 2000, A – от 1015 до 1612, ВВВ– от 816 до 1015, ВВ – от 618 до 816, В – от 419 до 618, ССС – от 220 до 419, СС – от 21 до 220, С – ниже 21.

Для показателя **X4**: AAA – более 450, AA – от 266 до 450, A – от 205 до 266, ВВВ– от 145 до 205, ВВ – от 115 до 145, В – от 85 до 115, ССС – от 55 до 85, СС – от 25 до 55, С – ниже 25.

Градация для **X5**: AAA – более 80, AA – от 75 до 80, A – от 65 до 70, ВВВ– от 60 до 65, ВВ – от 55 до 60, В – от 50 до 55, ССС – от 40 до 50, СС – от 35 до 40, С – ниже 35.

Показатель **X6** является инверсным и имеет градацию: AAA – ниже 0,4; AA – от 0,4 до 3,3; A – от 3,3 до 6,1; ВВВ – от 6,1 до 9; ВВ – от 9 до 11,8; В – от 11,8 до 14,6; ССС – от 14,6 до 17,5; СС – от 17,5 до 34,5; С – более 34,5.

Показатель **X7** имеет градацию: AAA – более 90, AA – от 80 до 90, A – от 70 до 80, BBB – от 60 до 70, BB – от 50 до 60, B – от 40 до 50, CCC – от 30 до 40, CC – от 20 до 30, C – ниже 20.

Показатель **X8** (инверсный) имеет градацию: AAA – ниже 11, AA – от 11 до 22, A – от 22 до 33, BBB – от 33 до 44, BB – от 44 до 55, B – от 55 до 66, CCC – от 66 до 77, CC – от 77 до 88, C – более 88.

Для показателя **X9** градация: AAA – более 14; AA – от 7 до 14; A – от 0 до 7; BBB – от -7,14 до 0; BB – от -14,4 до -7,14; B – от -21,5 до -14,4; CCC – от -28,7 до -21,5; CC – от -35,8 до -28,7; C – ниже -35,8.

Для показателя **X10** градация: AAA – более 2,8; AA – от 2,58 до 2,8; A – от 2,4 до 2,58; BBB – от 2,15 до 2,4; BB – от 1,9 до 2,15; B – от 1,7 до 1,9; CCC – от 1,3 до 1,7; CC – от 1,1 до 1,3; C – ниже 1,1.

Показатель **X11** (инверсный) имеет градацию: AAA – ниже 1,4; AA – от 1,4 до 2,6; A – от 2,6 до 3,8; BBB – от 3,8 до 5; BB – от 5 до 6,2; B – от 6,2 до 7,4; CCC – от 7,4 до 8,6; CC – от 8,6 до 11; C – более 11.

Для показателя **X12**: AAA – более 76, AA – от 74 до 76, A – от 72 до 74, BBB – от 70 до 72, BB – от 68 до 70, B – от 66 до 68, CCC – от 64 до 66, CC – от 62 до 64, C – ниже 62.

И, наконец, показатель **X13** (инверсный) имеет следующую градацию: AAA – ниже 2, AA – от 2 до 4, A – от 4 до 6, BBB – от 6 до 8, BB – от 8 до 10, B – от 10 до 12, CCC – от 12 до 14, CC – от 14 до 16, C – более 16.

Для программной реализации нечеткой продукционной системы использовался пакет «Fuzzy logic toolbox» в среде «Matlab» (рисунок 2).

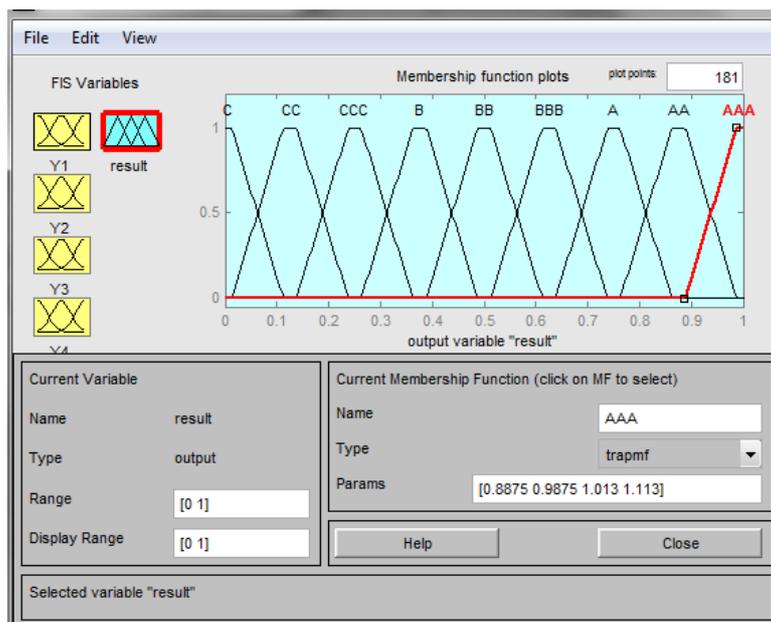


Рисунок 2. Результирующая НПС в «Fuzzy logic toolbox»

Так как тринадцать показателей со шкалой равной девяти требует слишком много нечетких правил, вся система была разбита на пять подсистем:

1. Первая нечеткая подсистема имеет на входе показатели X1, X2, X3, на выходе Y1;
2. Вторая подсистема имеет на входе X4, X5, X6, на выходе Y2;
3. Третья подсистема имеет на входе X7, X8, X9, на выходе Y3;
4. Четвертая подсистема имеет на входе четыре показателя X10, X11, X12, X13 на выходе Y4;
5. Последняя подсистема на входе имеет результаты предыдущих подсистем (Y1, Y2, Y3, Y4) и на выходе общую оценку социально-экономического состояния регионов.

В НПС (нечеткой продукционной системе) используются трапециевидные функции принадлежности, модель Мамдани.

### Нейронная сеть

На основе полученных статистических данных и данных полученных из рейтингового агентства «РИА Рейтинг» была обучена нейронная сеть. В качестве типа нейронной сети был выбран многослойный персептрон (MLP) – нейронная сеть прямого распространения сигнала с тремя слоями: входным, одним скрытым и выходным. Для построения и обучения нейронной сети использовалась платформа «STATISTICA Neural Networks». Топология сети представлена на рисунке 3.

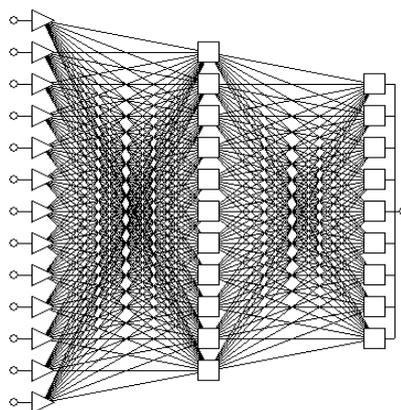


Рисунок 3. Схема многослойного персептрона для оценки социально-экономического состояния регионов

Программа «STATISTICA Neural Networks» позволяет выбрать шесть вариантов для обучения многослойного персептрона. Мы остановились на методе обучения распространения обратной ошибки.

### Дискриминантный анализ

Дискриминантный анализ позволяет на основе измерения различных показателей классифицировать его, иными словами отнести к одной из нескольких групп некоторым оптимальным способом. Используя в качестве зависимого переменного значения, полученные из рейтинга «РИА Рейтинг», были получены уравнения, благодаря которым можно классифицировать регион по группам: AAA, AA, A, BBB, BB, B, CCC, CC,

С. Коэффициенты таких уравнений представлены на рисунке 4 (каждое уравнение состоит из 13 коэффициентов и одного свободного члена).

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
AAA	-0,03483	0,50826	0,00713	-0,07884	2,25872	-2,43136	3,26735
AA	-0,02544	0,43151	-0,00229	-0,07943	2,24653	-2,21322	3,14622
A	-0,03801	0,43412	-0,00678	-0,05216	2,18730	-2,13355	3,16372
BBB	-0,03574	0,42377	-0,00725	-0,05494	2,09388	-2,09336	3,05810
BB	-0,03849	0,42357	-0,00950	-0,04700	1,97604	-2,03303	3,04927
B	-0,03780	0,41834	-0,00989	-0,04339	1,80132	-2,02606	2,88679
CCC	-0,03866	0,41438	-0,01091	-0,04119	1,72072	-1,96574	2,72441
CC	-0,03574	0,40729	-0,01191	-0,04344	1,55092	-1,84447	2,73926
C	-0,03509	0,39222	-0,01231	-0,03187	1,39639	-1,75485	2,53546
	X8	X9	X10	X11	X12	X13	Xсв
	-0,88775	0,37359	32,12590	-3,95254	32,62479	8,37030	-1565,63952
	-0,78478	0,37017	26,50338	-3,50414	30,80525	8,86309	-1376,19976
	-0,74487	0,41202	27,74756	-3,27431	30,23195	9,13469	-1325,09480
	-0,72300	0,32555	23,13904	-3,38796	29,93794	9,20351	-1277,13231
	-0,70913	0,29335	19,63154	-3,38803	29,76855	9,40020	-1247,83300
	-0,67842	0,24252	17,65862	-3,60610	29,69240	9,26431	-1214,35873
	-0,63992	0,18498	17,59172	-3,66182	29,19961	9,25031	-1166,57943
	-0,63463	0,15985	13,25325	-3,59593	29,25410	9,78485	-1160,78573
	-0,59763	0,06749	4,89565	-3,26302	28,38118	10,09979	-1082,05534

Рисунок 4. Коэффициенты уравнений дискриминантного анализа

### Результаты

Результатом данного исследования является программный комплекс, разработанный с помощью среды «Matlab». Данная программа объединяет указанные выше исследования и на основе выделенных факторов позволяет получить оценки социально-экономического состояния регионов Российской Федерации с помощью дискриминантного анализа, нечетких продукционных систем и нейронной сети (рисунок 5).

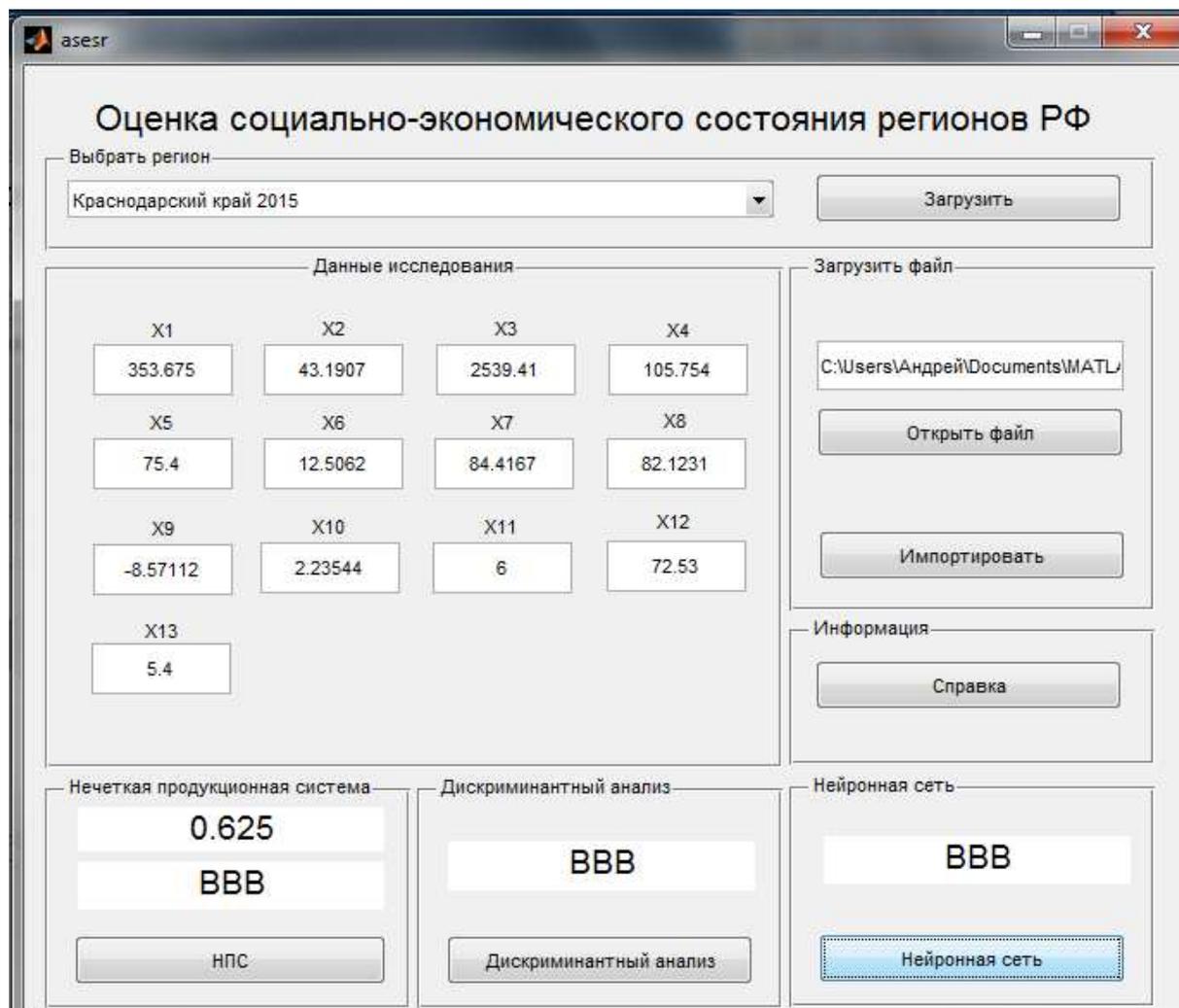


Рисунок 5. Интерфейс программы «Оценка финансово-экономического состояния регионов РФ»

### Библиографический список

1. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ. Итоги 2013 года (<http://www.riarating.ru>) [Электронный ресурс] Адрес доступа: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2014.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2014.pdf) (дата обращения 1.03.2019).
2. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ. Итоги 2014 года (<http://www.riarating.ru>) [Электронный ресурс] Адрес доступа: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2015.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2015.pdf) (дата обращения 1.03.2019).
3. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ. Итоги 2015 года (<http://www.riarating.ru>) [Электронный ресурс] Адрес доступа: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2016.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2016.pdf) (дата обращения 1.03.2019).
4. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ. Итоги 2018 года (<http://www.riarating.ru>) [Электронный ресурс] Адрес доступа: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2019.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2019.pdf) (дата обращения 1.03.2019)
5. Министерство финансов Российской Федерации [Электронный ресурс] Адрес доступа: <https://www.minfin.ru/ru/statistics/> (дата обращения 1.03.2019).

6. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]  
 Адрес доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения 1.03.2019).

## References

1. Rejting social'no-jekonomicheskogo polozhenija sub#ektov RF. Itogi 2013 goda (<http://www.riarating.ru>) [Jelektronnyj resurs] Adres dostupa: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2014.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2014.pdf) (data obrashhenija 1.03.2019).
2. Rejting social'no-jekonomicheskogo polozhenija sub#ektov RF. Itogi 2014 goda (<http://www.riarating.ru>) [Jelektronnyj resurs] Adres dostupa: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2015.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2015.pdf) (data obrashhenija 1.03.2019).
3. Rejting social'no-jekonomicheskogo polozhenija sub#ektov RF. Itogi 2015 goda (<http://www.riarating.ru>) [Jelektronnyj resurs] Adres dostupa: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2016.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2016.pdf) (data obrashhenija 1.03.2019).
4. Rejting social'no-jekonomicheskogo polozhenija sub#ektov RF. Itogi 2018 goda (<http://www.riarating.ru>) [Jelektronnyj resurs] Adres dostupa: [http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating\\_regions\\_2019.pdf](http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2019.pdf) (data obrashhenija 1.03.2019)
5. Ministerstvo finansov Rossijskoj Federacii [Jelektronnyj resurs] Adres dostupa: <https://www.minfin.ru/ru/statistics/> (data obrashhenija 1.03.2019).
6. Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Jelektronnyj resurs] Adres dostupa: <http://www.gks.ru> (data obrashhenija 1.03.2019).