

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ SYSTEM ANALYSIS AND PROCESSING OF KNOWLEDGE

УДК 303.732.4: 001.51:519.2:332.14

## СОБЫТИЙНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДОВ РОССИИ ПО КОМПЛЕКСУ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

### EVENT ASSESSMENT OF RUSSIAN CITIES' CONDITION ON A COMPLEX OF SOCIAL AND ECONOMIC INDEXES

**А.В. Звягинцева**  
**A.V. Zviagintseva**

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

e-mail: zviagintseva@bsu.edu.ru

#### Аннотация

Изучены показатели состояния и развития 159 городов Российской Федерации с населением свыше 100 тыс. чел. Собранные информация охватывает данные о 63 показателях муниципальных образований России за период с 2003 по 2015 гг., представленные Федеральной службой государственной статистики. Предложен метод комплексной оценки городов на основе определения вероятности индикативных событий, отличающийся представлением состояния объектов через совокупность показателей и совместные события их одновременного наблюдения. Выполнено многопараметрическое ранжирование городов по комплексу социально-экономических показателей. В процессе анализа данных установлено, что возможно получение вероятностных распределений совместных событий наблюдения нескольких атрибутивных показателей и установление связи вероятности таких событий с показателями состояния городов. Полученные результаты позволяют предложить объективный метод комплексной оценки городов и построить систему анализа их состояния.

#### Abstract

The indicators of the state and development of 159 cities in Russian Federation with over 100 thousand people population were studied. The collected information covers data on 63 Russian municipal entities indicators for the period from 2003 to 2015, presented by the Federal State Statistics Service. The method of cities complex estimation is proposed on the determining of indicative events probability basis, differing in the representation of the objects state through several indicators simultaneous observation joint events. The multi-parametrical cities ranking on the socio-economic indicators set was carried out. In the data analysis process was established that it is possible to obtain joint events probabilistic distributions of several attributive indicators observation and to establish the connection between the such events probability and the cities state indicators. The results obtained make it possible to propose an objective method for the integrated assessment of cities and to construct a system for analyzing their state.

**Ключевые слова:** комплексная оценка городов и муниципальных образований, многопараметрическое ранжирование, совместные события и их вероятности, статистические данные.

**Keywords:** complex estimation of cities and municipalities, multiparametric ranking, joint events and their probabilities, statistical data.

#### Введение

Особенностью современного этапа социально-экономического развития городов является рост открытости их экономики и усиливающиеся процессы глобализации на фоне



крайне неравномерного развития регионов мира. Все это ведет к новым возможностям и угрозам для развития городов. Муниципальные образования должны быть готовы к конкуренции со стороны городов-соседей, к переменам в законодательстве, значительным изменениям в работе предприятий и сферы услуг, а также к вызовам, связанным с формирующейся новой социально-экономической средой. Наличие четких целей и приоритетов в экономике и социальной политике улучшает конкурентные позиции городов на внутреннем и внешнем рынках, позволяет эффективно выстраивать отношения с бизнесом, инвесторами, финансовыми организациями, адекватно реагировать на стратегические вызовы.

В городах, которые приняли к руководству принципы устойчивого развития, на первое место выходит обеспечение высокого уровня и качества жизни горожан при сохранении природных систем. В этом плане развитый город представляется по меркам страны городом с высокими доходами и небольшой стоимостью проживания, территорией с развитой транспортной инфраструктурой и благоустроенными общественными и зелеными зонами, с общедоступным и высоким качеством услуг в области образования, здравоохранения и жилищно-коммунальной сферы, а также с комфортными санитарно-гигиеническими условиями окружающей среды и разнообразной природной средой пригородов. Такие развитые города и населенные пункты видятся адаптированными для жизни, безопасными, жизнестойкими и устойчивыми.

Очевидно, что качество жизни, в первую очередь, неразрывно связано с уровнем доходов горожан и формированием городского бюджета. Богатые города больше и охотнее вкладывают средства в развитие инфраструктуры, энергосберегающие технологии, решение социальных и экологических проблем. Успешные города в Европе, как правило, не очень велики, их население не превышает 1 – 3 млн чел., однако они имеют ВВП от 20 – 25 тыс. долларов на душу населения по паритету покупательной способности (ППС). В свою очередь, уровень ВВП на душу населения (по ППС) в Москве в 2014 г. составлял \$45 803, а в Санкт-Петербурге – \$22 600. Все остальные города России (за исключением Южно-Сахалинска, Ханты-Мансийска, Сургута, Норильска и Петропаловска-Камчатского) имеют значения удельного ВВП на душу населения (по ППС) от \$2 500 до \$12 000. С данным показателем тесно связана среднемесячная начисленная заработная плата, которая для городов России в 2015 г. составляла от 18900 до 78800 руб. Из выполненного анализа следует, что только отдельные города России могут за ближайшие 5 – 10 лет достигнуть показателей удельного ВВП на душу населения (по ППС) от \$20 000 до \$25 000, однако такая цель должна формироваться уже сегодня.

Все описанное выше подчеркивает актуальность оценки городов по комплексу социально-экономических показателей, которые, в принципе, являются разноплановыми. Такие показатели имеют разные единицы измерения (численности, протяженности, стоимости, доли единиц и т. д.). Сравнение разноплановых показателей возможно только на основе представления наблюдаемых их значений в виде событий, для которых можно оценить вероятности по имеющимся статистическим данным. Это позволяет обрабатывать имеющуюся статистическую информацию, основываясь на вероятностных закономерностях процессов развития городов.

Таким образом, целью данной статьи является разработка метода комплексной оценки и ранжирования городов на основе определения вероятности индикативных событий, характеризующих состояние городов России. При этом в качестве индикативных событий рассматриваются совместные события наблюдения нескольких социально-экономических показателей. Другими словами, считается, что информацию о состояниях объектов могут нести в себе как данные в виде показателей, так и различные факты в виде событий. Связь между вероятностями событий и данными позволяет предложить математические модели процессов развития городов.

### **Данные и методика обработки информации**

Анализ информации о состоянии и развитии городов России основывался на данных Федеральной службы государственной статистики [База..., 2017]. На основе этого источника



сформирован массив данных, характеризующих состояние экономики, социальной и жилищно-коммунальной сферы городов с населением свыше 100 тыс. чел. (всего 159 городов).

Для каждого города использовалась информация по 63 показателям, которые входят в 11 групп статистической информации:

- общие социально-экономические показатели (10 показателей);
- демография (5 показателей);
- трудовые отношения (3 показателя);
- уровень жизни населения и социальная сфера (17 показателей);
- основные фонды (4 показателя);
- предприятия и организации (1 показатель);
- добыча полезных ископаемых, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды (5 показателей);
- строительство (8 показателей);
- городской пассажирский транспорт (4 показателя);
- торговля (4 показателя);
- инвестиции (2 показателя).

Имеющиеся данные охватывали период времени с 2003 по 2015 гг., таблицы данных «города – показатели» формировались с шагом один год. Общий объем анализируемой информации составил более 200 тыс. наблюдений. В процессе первичной обработки статистических данных выполнены следующие виды исследований: статистическое описание исходных данных с определением основных характеристик и пределов варьирования переменных; анализ резко выделяющихся наблюдений; проверка однородности исходных данных; анализ одномерных эмпирических распределений исследуемых показателей; нахождение вероятности простых событий наблюдения каждого из показателей; выбор наиболее влияющих (атрибутивных) показателей и приемлемых методов дальнейшего статистического анализа информации.

Определение атрибутивных показателей для описания массива данных основывалось на рекомендациях специалистов, исследовавших процессы урбанизации [Forrester, 1969; Яйли, 2006; Guide, 2006; Казанская и др., 2011; Urban, 2011; Битюкова, 2012; Joss, 2012; Дружинин, Угольницкий, 2013; Глазырин, 2016; Eurostat..., 2017], изучении вариабельности показателей, анализе корреляционных связей между показателями и вероятностями индикативных событий. Показатели, имеющие слабую изменчивость с течением времени (вариабельность), не рассматривались как атрибутивные. Корреляционные связи между значениями показателей и вероятностями событий наблюдения соответствующих показателей исследовались на основе анализа многомерных корреляционных матриц. В результате из 63 показателей, характеризующих состояние городов, было отобрано 9, которые при построении моделей событийной оценки приняты в виде атрибутивных величин:

- численность населения  $p_1$ , тыс. чел.;
- среднегодовая численность работников организаций  $p_9$ , тыс. чел.;
- среднемесячная номинальная начисленная заработная плата  $p_{11}$ , руб.;
- наличие основных фондов организаций  $p_{21}$ , млн руб.;
- ввод в действие основных фондов  $p_{22}$ , млн руб.;
- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства»  $p_{26}$ , млн руб.;
- объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство»  $p_{28}$ , млн руб.;
- оборот розничной торговли  $p_{30}$ , млн руб.;
- инвестиции в основной капитал  $p_{31}$ , млн руб.

В результате статистической обработки данных о состоянии и развитии городов установлено, что приведенные выше показатели имеют значимые взаимосвязи со многими



показателями и могут быть скомпонованы в группы, которые при наблюдении можно рассматривать как сложные совместные события, отражающие особенности городов по определенным аспектам их развития.

Группа показателей (*группа 1*), охватывающая три показателя: численность работников организаций  $p_9$ , среднемесячную заработную плату  $p_{11}$  и инвестиции в основной капитал  $p_{31}$ , отражала состояние и развитие городов по факту возможности ведения различных видов социально-экономической деятельности. Объединенные в одну группу показатели (*группа 2*): объем товаров и услуг промышленного производства  $p_{26}$ , объем работ, выполненных в строительстве  $p_{28}$ , оборот розничной торговли  $p_{30}$  определяли экономический потенциал развития городов. В свою очередь, группа показателей (*группа 3*), состоящая из показателей: численность населения  $p_1$ , наличие основных фондов организаций  $p_{21}$  и ввод в действие основных фондов  $p_{22}$ , характеризовала аспект демографического и инфраструктурного состояния и развития городов.

Выполненный анализ показал, что практически во всех случаях значения показателей городов Москва и Санкт-Петербург можно рассматривать как аномальные наблюдения по отношению к основной группе городов России, что вполне естественно, если исходить из особенностей данных городов. Анализ статистических характеристик средних, максимальных и минимальных значений основных показателей, а также среднеквадратичного отклонения указывает на существенную неоднородность и значительный разброс значений социально-экономических показателей для городов России (табл. 1).

Комплексная оценка объектов исследования проводилась на основе выделения индикативных совместных событий, характеризующих состояние городов. Для построения уравнений состояний объектов в виде вероятностных распределений была применена предложенная ранее методика оценки вероятности значимых событий [Звягинцева, 2013; Zviagintseva, 2014; Averin et al., 2015; Звягинцева, 2016а, б, в]. В качестве основного индикативного события, характеризующего состояние города в определенном аспекте, принято совместное событие одновременного наблюдения нескольких атрибутивных показателей. Статистическая вероятность совместных событий определялась путем разбиения всего наблюдаемого пространства показателей на прямоугольники (при двух показателях) или параллелепипеда (при трех показателях). Для этого длина всего диапазона наблюдаемых значений переменных от минимального до максимального делилась на одинаковое количество интервалов группирования и в образованных таким образом геометрических фигурах подсчитывалось количество находящихся точек. Относительные частоты находились делением числа этих точек на общее количество всех городов. Принципы, подходы и гипотезы, положенные в основу разработанного метода комплексной оценки и многопараметрического ранжирования, а также используемые алгоритмы приведены в работах [Аверин, 2014; Звягинцева, 2016а, в]. Статистическая вероятность  $w$  подсчитывалась кумулятивно во всей группе объектов (159 городов).

Регрессионные зависимости статистической вероятности совместного события наблюдения двух или трех показателей для таблиц данных за каждый из 2003 – 2015 гг. определялись в виде:

$$w = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{Prob} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad Prob = c_0 + s; \quad s = c_1 \cdot \ln \frac{p_1}{p_{1_0}} + c_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_{2_0}}$$

$$\text{или } s = c_1 \cdot \ln \frac{p_1}{p_{1_0}} + c_2 \cdot \ln \frac{p_2}{p_{2_0}} + c_3 \cdot \ln \frac{p_3}{p_{3_0}}, \quad (1)$$

где *Prob* (пробит) – инверсная функция нормального распределения со средним, равным нулю и дисперсией, равной единице;  $w$  – статистическая вероятность совместных событий наблюдения показателей  $p_1, p_2$  или  $p_1, p_2, p_3$ , определенная алгоритмически;  $s$  – энтропия состояния объектов;  $c_0, c_1, c_2, c_3$  – эмпирические константы;  $p_1, p_2, p_3$  – выбранные показатели. В качестве опорных величин принимались минимальные значения показателей  $p_{i_0} = p_{i_{min}}$  в группе городов (в столбце данных), которые наблюдались в 2003 году.

Таблица 1  
Table 1Показатели и статистические характеристики городов России с населением более 100 тысяч человек  
Indicators and statistical characteristics of Russian cities, which population is more than 100 thousand people

№ п.п.	Показатель	Кол-во городов	Среднее значение	Минимум	Максимум	$\sigma$	Эмпирическое распределение	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Численность населения, тыс. чел.	178	418,4	4,80	12108	997,1	$Pr ob = -6,843 + 1,252 \cdot \ln p_1; \kappa = 0,992$	
2	Число родившихся на 1000 чел. населения	178	13,1	3,40	25	2,5	$Pr ob = -15,353 + 6,037 \cdot \ln p_6; \kappa = 0,997$	
3	Число умерших на 1000 чел. населения	178	12,0	0,50	20	3,1	$k = 0,992; Pr ob = 2,281 + 0,998 \cdot s;$ $s = -6,08 \cdot \ln p_7 + 2,08 \cdot \ln^2 p_7$	
4	Миграционный прирост, убыль (-) населения, чел.	178	2642,6	-3377,00	108800	9152,5	$Pr ob = -5,606 + 0,79 \cdot \ln p_8; \kappa = 0,987$	
5	Среднегодовая численность работников организаций, тыс. чел.	178	133,2	2,20	4701	387,5	$Pr ob = -4,587 + 1,104 \cdot \ln p_9; \kappa = 0,996$	
6	Численность признанных безработными, чел.	174	1346,2	9,40	24500	2368,7	$Pr ob = -8,123 + 1,225 \cdot \ln p_{10}; \kappa = 0,993$	
7	Среднемесячная номинальная начисленная зарплата, руб.	178	32082,8	16111,10	81533	12157,4	$Pr ob = -38,432 + 3,736 \cdot \ln p_{11}; \kappa = 0,993$	
8	Средний размер назначенных месячных пенсий, руб.	176	10805,8	101,00	28644	2716,4	$Pr ob = -46,204 + 4,978 \cdot \ln p_{12}; \kappa = 0,956$	
9	Численность пенсионеров, тыс. чел.	174	115,6	0,20	2836	243,4	$Pr ob = -5,354 + 1,264 \cdot \ln p_{13}; \kappa = 0,994$	
10	Общая площадь жилых помещений, приходящая в среднем на одного чел., м <sup>2</sup>	178	23,0	12,50	49	3,8	$Pr ob = -25,322 + 8,153 \cdot \ln p_{14}; \kappa = 0,989$	
11	Число дошкольных образовательных организаций	177	84,8	1,00	1097	123,7	$Pr ob = -5,086 + 1,265 \cdot \ln p_{15}; \kappa = 0,996$	
12	Число детей в дошкольных образов. организац., тыс. чел.	178	28,4	0,30	1738	133,8	$Pr ob = -3,104 + 1,256 \cdot \ln p_{16}; \kappa = 0,997$	
13	Численность врачей на 10000 чел. населения, чел.	172	57,9	17,70	138	25,9	$Pr ob = -10,060 + 2,528 \cdot \ln p_{17}; \kappa = 0,986$	
14	Число больничных организац.	172	16,2	1,00	207	21,1	$Pr ob = -2,749 + 1,234 \cdot \ln p_{18}; \kappa = 0,969$	
15	Число зарегистрированных преступлений	171	6885,5	73,00	175000	14689,7	$Pr ob = -10,837 + 1,281 \cdot \ln p_{19}; \kappa = 0,964$	
16	Выявлено лиц, совершивших преступления, чел.	170	2445,0	33,00	37151	3602,7	$Pr ob = -9,106 + 1,236 \cdot \ln p_{20}; \kappa = 0,997$	
17	Наличие основных фондов организаций, млн руб.	178	275204,1	1980,80	9633474	785819,4	$Pr ob = -10,222 + 0,891 \cdot \ln p_{21}; \kappa = 0,994$	
18	Ввод в действие основных фондов, млн руб.	178	34435,6	174,80	1419107	120060,6	$Pr ob = -8,423 + 0,909 \cdot \ln p_{22}; \kappa = 0,978$	
19	Число предприятий и организаций	178	21949,3	158,00	1173170	92657,4	$Pr ob = -7,881 + 0,897 \cdot \ln p_{23}; \kappa = 0,995$	
20	Число перевезенных автобусами за год пассажиров, млн чел.	102	153,6	0,20	11990	1190,9	$Pr ob = -1,818 + 0,904 \cdot \ln p_{24}; \kappa = 0,991$	
21	Объем отгруженных товаров, выполненных работ и услуг собственными силами, млн. руб.:	добыча полезных ископаемых	71	38882,8	9,50	1330198	163353,1	$Pr ob = 12,817 + 1,01 \cdot s;$ $s = -2,96 \cdot \ln p_{25} + 0,177 \cdot \ln^2 p_{25}; \kappa = 0,998$
22		обрабатывающие производства	174	100128,3	3,90	3761464	329350,7	$Pr ob = -10,72 + 1,07 \cdot \ln p_{26}; \kappa = 0,979$
23		производство и распределение электроэнергии, газа и воды	174	16682,3	10,80	561464	45605,6	$Pr ob = -9,652 + 1,071 \cdot \ln p_{27}; \kappa = 0,990$
24	Объем работ, выполненных по виду деятельности «Строительство», млн руб.	170	14447,6	22,40	674277	60173,0	$Pr ob = -7,367 + 0,890 \cdot \ln p_{28}; \kappa = 0,996$	



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
25	Ввод в действие жилых домов, тыс. м <sup>2</sup> общей площади	174	239,0	6,10	3146	377,5	$Pr ob = -4,722 + 0,974 \cdot \ln p_{25}$ ; $\kappa = 0,983$
26	Оборот розничной торговли, млн руб.	177	52679,1	12,20	4016987	30888,7	$Pr ob = -8,045 + 0,853 \cdot \ln p_{26}$ ; $\kappa = 0,988$
27	Инвестиции в основной капитал, млн руб.	177	33064,3	631,40	1412086	112864,2	$Pr ob = -8,483 + 0,903 \cdot \ln p_{27}$ ; $\kappa = 0,992$

$\sigma$  – среднеквадратичное отклонение;  $k$  – коэффициент корреляции;  $Pr ob$  – пробит вероятности

Согласно результатам работ [Аверин, 2014; Zviagintseva, 2014; Звягинцева, 2016а, б, в] вероятностные распределения (1), представленные через энтропию, позволяют преобразовать нелинейное пространство состояний объектов в линейное, где возможно введение понятия потенциала, отличающегося аддитивностью. При этом зависимости для потенциала при выборе индикативных совместных событий наблюдения двух или трех показателей представлялись в безразмерном виде:

$$U = \frac{p_1^2 - p_{1\min}^2}{c_1 \cdot p_{1\min}^2} + \frac{p_2^2 - p_{2\min}^2}{c_2 \cdot p_{2\min}^2}; \quad U = \frac{p_1^2 - p_{1\min}^2}{c_1 \cdot p_{1\min}^2} + \frac{p_2^2 - p_{2\min}^2}{c_2 \cdot p_{2\min}^2} + \frac{p_3^2 - p_{3\min}^2}{c_3 \cdot p_{3\min}^2}, \quad (2)$$

где  $p_i$  – выбранные для анализа показатели;  $c_i$  – константы, которые определяются регрессионным анализом;  $p_{i\min}$  – минимальные значения показателей.

Использование потенциала позволяет осуществить ранжирование городов в пространстве анализируемых показателей.

### Результаты оценки состояния городов России

Некоторые из полученных уравнений состояний для различных комбинаций показателей приведены в таблице 2 и на рисунках 1, а – 1, б. Как видно из таблицы 2 и рисунка 1, вероятности совместных событий наблюдения нескольких показателей тесно связаны с логарифмами отношений данных показателей к их соответствующим опорным значениям. Коэффициенты корреляции для регрессионных зависимостей пробит-энтропия имеют высокие значения (от 0,96 до 0,99), что говорит о возможности построения уравнений состояния городов в виде эмпирических функций распределения совместных событий.

Таблица 2  
Table 2

Уравнения состояния городов (для 2015 года)  
Equations of cities' condition (for 2015)

Показатели городов	Уравнение состояния	Коэф. корреляции
1	2	3
<i>Группа 1</i>		
$p_9, p_{11}, p_{31}$	$Pr ob = -4,763 + 0,520 \cdot \ln \frac{p_9}{p_{9\min}} + 0,923 \cdot \ln \frac{p_{11}}{p_{11\min}} + 0,169 \cdot \ln \frac{p_{31}}{p_{21\min}}$	0,96
$p_9, p_{11}$	$Pr ob = -4,700 + 0,696 \cdot \ln \frac{p_9}{p_{9\min}} + 1,160 \cdot \ln \frac{p_{11}}{p_{11\min}}$	0,96
$p_9, p_{31}$	$Pr ob = -3,025 + 0,711 \cdot \ln \frac{p_9}{p_{9\min}} + 0,350 \cdot \ln \frac{p_{31}}{p_{31\min}}$	0,99
$p_{11}, p_{31}$	$Pr ob = -5,919 + 1,234 \cdot \ln \frac{p_{11}}{p_{11\min}} + 0,437 \cdot \ln \frac{p_{31}}{p_{31\min}}$	0,98
<i>Группа 2</i>		
$p_{26}, p_{28}, p_{30}$	$Pr ob = -4,960 + 0,246 \cdot \ln \frac{p_{26}}{p_{26\min}} + 0,196 \cdot \ln \frac{p_{28}}{p_{28\min}} + 0,406 \cdot \ln \frac{p_{30}}{p_{30\min}}$	0,96



Окончание табл. 2

1	2	3
$P_{26} \cdot P_{30}$	$Prob = -4,684 + 0,279 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,526 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,97
$P_{28} \cdot P_{30}$	$Prob = -4,623 + 0,300 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,585 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,96
$P_{26} \cdot P_{28}$	$Prob = -4,354 + 0,455 \cdot \ln \frac{P_{26}}{P_{26 \min}} + 0,317 \cdot \ln \frac{P_{30}}{P_{30 \min}}$	0,96

Событийный подход позволяет искать связи и закономерности между вероятностями наблюдения различных событий, свойственных изучаемой группе объектов. Для примера на рисунке 2 представлены связи между вероятностями совместных событий наблюдения показателей групп 1, 2 и 3. Хотя коэффициенты корреляции зависимостей, приведенных на рисунке 2, несколько ниже (от 0,76 до 0,86), чем зависимостей, изображенных на рисунке 1, однако они являются значимыми и описываются линейными зависимостями. Из приведенных данных видно, что при описании состояния городов может быть построено множество событийных моделей в виде вероятностных распределений или уравнений, определяющих взаимосвязь вероятностей различных событий. Модели могут использоваться для установления закономерностей наблюдения событий, характеризующих состояние и развитие городов по различным аспектам (демографическому, социальному, экономическому, инфраструктурному и т. д.).

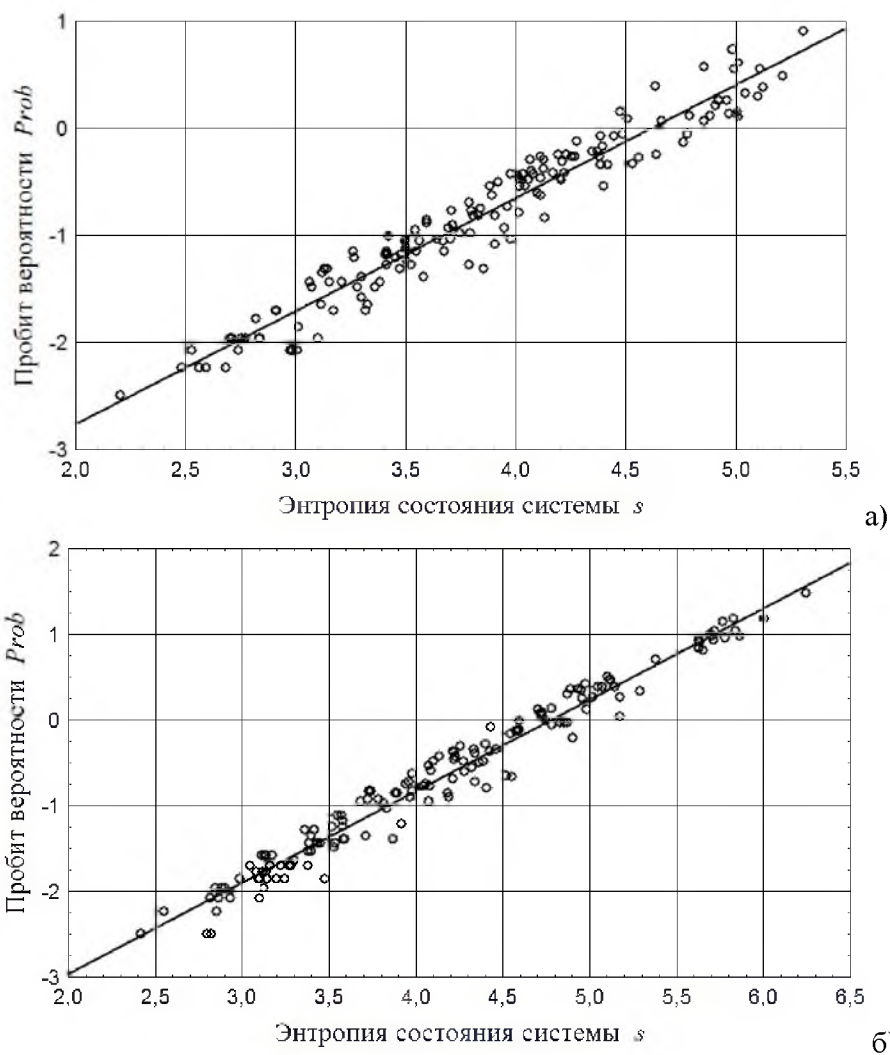


Рис. 1. Распределение вероятностей совместных событий, характеризующих состояния городов в 2013 году: а) группа 1; б) группа 2

Fig. 1. Distribution of probabilities of the joint events characterizing cities' conditions in 2013: a) group 1; b) group 2



Для ранжирования городов по уровню развития в качестве атрибутивных показателей принимались величины, входящие во вторую группу показателей, так как они отражают экономический потенциал развития городов: объем товаров и услуг промышленного производства  $p_{26}$ , объем работ, выполненных в строительстве  $p_{28}$ , оборот розничной торговли  $p_{30}$ . При ранжировании выбранные переменные также относились к значениям  $p_{26\min}$ ,  $p_{28\min}$ ,  $p_{30\min}$ , в качестве которых были приняты минимальные показатели развития городов в 2003 году.

Для примера, результаты ранжирования городов по потенциалу состояния  $U$  для показателей второй группы приведены в таблице 3. В среднем в период с 2003 по 2015 годы в городах России промышленное производство выросло 4,2 раза, объемы работ в строительстве – в 3,9 раза и объемы торговли – в 2,7 раза. Это обеспечило рост среднего потенциала состояния городов в 13,9 раза.

К первым десяти городам, имевшим самый высокий уровень развития в 2013 году, относятся: Москва, Санкт-Петербург, Уфа, Омск, Пермь, Екатеринбург, Тольятти, Челябинск, Волгоград, Набережные Челны. Из таблицы видно, что потенциал состояния Москвы, Санкт-Петербурга, Уфы, Омска и Перми соотносится приблизительно как 137:22:1,3:1,25:1,0. Все это указывает на крайнюю неравномерность развития мегаполисов. В свою очередь, различие в оставшейся группе городов с населением более 100 тыс. человек при комплексной оценке по трем указанным выше показателям  $p_{26}$ ,  $p_{28}$  и  $p_{30}$  еще более существенно и достигает по потенциалу состояния в 100 – 300 раз.

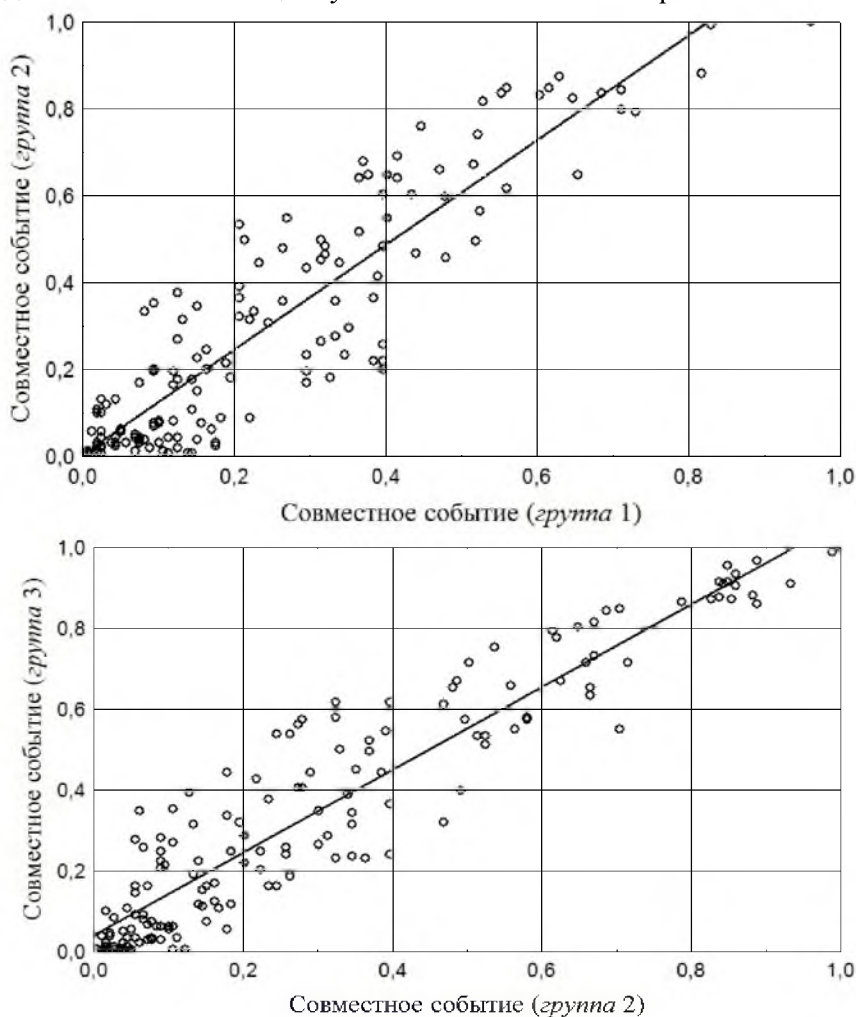


Рис. 2. Связь вероятностей совместных событий наблюдения групп показателей, характеризующих состояния городов в 2013 году

Fig. 2. Relation of probabilities of joint events of indicators' observation which characterize cities' conditions in 2013





Аналогичным образом проведена оценка уровня развития для других групп показателей, характеризующих различные аспекты социально-экономического и инфраструктурного состояния городов России с населением более 100 тыс. человек. Продемонстрированный метод событийной оценки, основанный на учете вероятностных закономерностей, позволяет анализировать уровень развития городов. Вероятностные методы оценки значимых событий отличаются универсальностью и дают возможности для описания состояний объектов на основе использования совокупности социальных, экономических и инфраструктурных показателей.

### Заключение

Предложен метод комплексной оценки состояния городов на основе определения вероятности индикативных событий, отличающийся представлением состояния объектов через совместные события одновременного наблюдения нескольких значимых показателей, получением регрессионных зависимостей для оценки энтропии и определением потенциала состояния для множества городов, представленного в виде группы однотипных объектов. Это позволило выполнить многопараметрическое ранжирование городов России по комплексу социально-экономических показателей.

Из полученных результатов видно, что описание состояния городов по совокупности показателей возможно на основе получения уравнений состояний, имеющих вид распределений вероятностей совместных индикативных событий. В случае получения таких зависимостей, на основе статистических данных возможно установление среднестатистических тенденций развития городов и ранжирование положения каждого из них в многомерном пространстве показателей по отношению ко всей группе изучаемых объектов.

Предлагаемый метод можно отнести к объективным средствам информационного анализа разноплановых данных, так как в процессе исследования не используются экспертные подходы и не задаются весовые величины, позволяющие экспертным путем провести сравнение значимости оцениваемых факторов.

Таблица 3  
Table 3

**Значения потенциала  $U$  и рейтинги состояния городов России в 2003 и 2013 годах для показателей, входящих в группу 2**  
**Values of potential and ratings of Russian cities' condition in 2003 and 2013 for the indicators from group 2**

Города Российской Федерации	Потенциал состояния $U$ (2003)	Потенциал состояния $U$ (2013)	Ранги городов согласно предложенной методике	
			уровень развития (2003)	уровень развития (2013)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Белгород	94,8	893,0	59	56
Владимир	66,7	743,9	72	62
Воронеж	502,4	4134,2	25	32
Калуга	74,5	9134,6	67	22
Курск	141,6	888,4	46	58
Липецк	1387,0	16020,8	13	11
Орел	59,4	336,5	77	86
Рязань	322,4	3503,5	29	34
Тула	209,7	4234,9	42	31
Ярославль	444,0	3342,2	26	35
Москва	479919,4	6101907,4	1	1
Петрозаводск	68,9	201,4	70	100
Архангельск	101,5	170,0	58	103
Калининград	132,9	10860,1	48	16
Мурманск	151,9	512,3	44	71



Окончание табл. 3

1	2	3	4	5
Великий Новгород	60,2	906,3	76	55
Псков	29,6	146,8	93	107
Санкт-Петербург	20790,2	966141,3	2	2
Северодвинск	62,6	237,3	74	96
Краснодар	1242,8	10290,3	18	20
Астрахань	78,8	1593,9	66	46
Волгоград	834,3	17705,9	22	9
Ростов-на-Дону	1314,9	8899,9	15	23
Новороссийск	18,9	601,5	104	69
Сочи	137,9	10347,3	47	19
Таганрог	44,7	446,7	83	77
Ставрополь	224,4	494,2	40	72
Уфа	1447,3	57382,0	12	3
Казань	1070,1	11425,5	19	15
Пермь	2625,1	44522,1	4	5
Киров	105,9	703,5	56	64
Нижний Новгород	1762,0	14459,0	8	13
Оренбург	276,2	1322,0	34	48
Самара	1976,7	9334,1	7	21
Саратов	581,6	2628,8	24	36
Тольятти	4061,8	20284,1	3	7
Набережные Челны	317,1	5400,9	31	28
Нижнекамск	210,9	16997,6	41	10
Екатеринбург	2469,6	20535,0	5	6
Тюмень	373,5	6261,5	27	25
Челябинск	1617,1	19553,3	10	8
Нижний Тагил	202,8	6423,2	43	24
Первоуральск	14,9	651,5	111	66
Сургут	2376,7	15439,8	6	12
Магнитогорск	1333,6	13467,6	14	14
Улан-Удэ	123,3	485,8	50	73
Красноярск	892,5	10354,5	21	18
Иркутск	362,5	1599,6	28	45
Кемерово	321,4	1567,5	30	47
Новосибирск	1669,9	10399,1	9	17
Омск	1004,0	55878,6	20	4
Норильск	1575,8	4370,4	11	30
Владивосток	285,1	1644,1	33	43

Список литературы  
References

1. Аверин Г.В. 2014. Системодинамика. Донецк, Донбасс, 405.  
Averin G.V. 2014. Systemdynamics. Doneck, Donbass, 405. (in Russian).
2. База данных Федеральной службы государственной статистики. 2017. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138631758656](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138631758656) (5 апреля 2017).  
Database of Federal State Statistics Service. 2017. Available at: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138631758656](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138631758656) (accessed 5 apr 2017). (in Russian).
3. Битюкова В.Р. 2012. Социально-экологические проблемы развития городов России. Изд. 3-е. М., Книжный дом «Либроком», 448.  
Bitjukova V.R. 2012. Social'no-jekologicheskie problemy razvitija gorodov Rossii [Social and ecological problems of Russian cities' development]. Izd. 3-e. Moscow, Knizhnyj dom "Librokom", 448. (in Russian).
4. Глазырин М.В. 2016. Система устойчивого развития общества на уровне муниципального образования. М., Наука, 172.  
Glazyrin M.V. 2016. System of invariable development of society at the municipality's level. Moscow, Nauka, 172. (in Russian).



5. Дружинин А.Г., Угольницкий Г.А. 2013. Устойчивое развитие территориальных социально-экономических систем: теория и практика моделирования. М., Вузовская книга, 224.
- Druzhinin A.G., Ugol'nickij G.A. 2013. Invariable development of territorial social and economic systems: theory and practice of modeling. Moscow, Vuzovskaja kniga, 224. (in Russian).
6. Звягинцева А.В. 2013. Комплексная оценка природно-антропогенных систем: предложения по развитию методологии. Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, 1(4)–2(5): 62–74.
- Zvjaginceva A.V. 2013. Comprehensive assessment of natural and human systems: proposals for the development methodology. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve, 1(4)–2(5): 62–74. (in Russian).
7. Звягинцева А.В. 2016. Вероятностные методы комплексной оценки природно-антропогенных систем. Под науч. ред. д.т.н., проф. Г.В. Аверина. М., Спектр, 257.
- Zviagintseva A.V. 2016. Probabilistic methods of a complex assessment of natural and anthropogenic systems. Pod nauch. red. d.t.n., prof. G.V. Averina. Moscow, Spektr, 257. (in Russian).
8. Звягинцева А.В. 2016. Модели состояния и развития стран мира на основе оценки статистических вероятностей индикативных событий. Научные ведомости БелГУ Сер. Экономика Информатика. 16(237): 123–131.
- Zviagintseva A.V. 2016. The world countries state and development models on the indicative events statistical probabilities assessment basis. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 16(237): 123–131. (in Russian).
9. Звягинцева А.В. 2016. О вероятностном анализе данных наблюдений о состоянии природно-антропогенных систем в многомерных пространствах. Научные ведомости БелГУ Сер. Экономика Информатика. 2(223): 93–100.
- Zviagintseva A.V. 2016. About probabilistic analysis of observational data about the natural and anthropogenic systems state in multidimensional spaces. Nauchnye vedomosti BelGU. Jekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics Information technologies] 2(223): 93–100. (in Russian).
10. Казанская А.Ю., Компаниец В.С., Боровская М.А. 2011. Социально-экономическое состояние «типичных» муниципальных образований. Саарбрюккен, LAP LAMBERT, 280.
- Kazanskaja A.Ju., Kompaniec V.S., Borovskaja M.A. 2011. Social and economic condition of “typical” municipalities. Saarbrjukken, LAP LAMBERT, 280. (in Russian).
11. Forrester, Jay W., 1969. Urban Dynamics, Waltham, MA: Pegasus Communications, 285.
12. Яйли Е.А. 2006. Научные и прикладные аспекты управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды. СПб., РГГМУ, ВВМ, 448.
- Jajli E.A. 2006. Scientific and applied aspects of the urbanized territories' management on the basis of risk and new indicators of environment's quality. Saint-Petersburg, RGGMU, VVM, 448. (in Russian).
13. Averin G.V., Zviagintseva A.V., Konstantinov I.S. and Ivashchuk O.A. 2015. Data Intellectual Analysis Means Use for Condition Indicators Assessment of the Territorial and State Formations. Research Journal of Applied Sciences, 10(8): 411–414.
14. Eurostat. 2017. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (accessed 5 apr 2017).
15. Guide to City Development Strategies Improving Urban Performance. Washington, D.C.: The Cities Alliance, 2006. 80 p. Available at: [https://www.citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/CA Docs/resources/cds/cds-guidelines/cds\\_guidelines\\_final.pdf](https://www.citiesalliance.org/sites/citiesalliance.org/files/CA Docs/resources/cds/cds-guidelines/cds_guidelines_final.pdf) (accessed 6 apr 2017).
16. Joss, S. (ed.) Tomorrow's City Today: Eco - City Indicators, Standards & Frameworks / Bellagio Conference Report. 2012. London: University of Westminster.
17. Urban world: Mapping the economic power of cities. 2011. McKinsey Global Institute. Available at: [www.mckinsey.com/mgi/](http://www.mckinsey.com/mgi/) (accessed 6 apr 2017).
18. Zviagintseva A.V., 2014. Multiparameter ranking of areas based on the analysis of data about the condition of natural and anthropogenic systems. System analysis and information technology in environmental and social sciences, 1(6)–2(7): 76–83.