

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

DOI: 10.15838/esc.2017.2.50.12

УДК 519.23, 330.46, ББК 22.172, 65.051

© Жгун Т.В.

## Построение интегральной характеристики качества жизни субъектов Российской Федерации с помощью метода главных компонент\*



**Татьяна Валентиновна  
ЖГУН**

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого  
Великий Новгород, Российская Федерация, 173003, ул. Большая Санкт-  
Петербургская, д. 41  
E-mail: zhtv@mail.ru

**Аннотация.** Социальная политика, как и любая политика вообще, является элементом системы управления. Для проведения эффективной социальной политики важно знать тенденции и количественные характеристики динамики общественного развития. Целью исследования является построение объективного составного индекса для измерения и сравнения качества жизни регионов Российской Федерации. Такой интегральный показатель особенно полезен в Российской Федерации, находящейся в процессе преобразований в условиях усиливающегося социального и экономического неравенства. Объективная комплексная оценка качества жизни населения может играть важную роль в сглаживании этих различий в субъектах Российской Федерации. В работе реализован алгоритм построения латентной интегральной характеристики изменения качества системы на основе статистических показателей для ряда последовательных наблюдений на основе метода главных компонент с учетом наличия шума в измеряемых данных (ОСШ-алгоритм). В отличие от классического метода главных компонент, где информативность вычисленной интегральной характеристики задается априорно и обеспечивается выбором числа главных компонент, в предлагаемом алгоритме информативность решения оценивается апосте-

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке проектной части государственного задания в сфере научной активности Министерства образования и науки Российской Федерации, проект № 1.949.2014/К.

**Для цитирования:** Жгун, Т.В. Построение интегральной характеристики качества жизни субъектов Российской Федерации с помощью метода главных компонент / Т.В. Жгун // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10. – № 2. – С. 214–235. DOI: 10.15838/esc/2017.2.50.12

**For citation:** Zhgun T.V. Building an integral measure of the quality of life of constituent entities of the Russian Federation using the principal component analysis. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2017, issue 10, no. 2, pp. 214–235. DOI: 10.15838/esc/2017.2.50.12



риорно на основании дисперсионного критерия и выбранного параметра отношения сигнал/шум, характеризующего вариативность данных. В процессе построения объективного показателя качества жизни использовались методы многомерного анализа и теории обнаружения сигналов на фоне помех. С помощью предложенного алгоритма построены интегральные индикаторы качества жизни субъектов Российской Федерации за 2007–2014 годы. Сделан вывод о том, что при построении интегрального показателя качества жизни населения для субъектов Российской Федерации следует применять объективный подход. Предлагаемый алгоритм устойчив к изменению входных данных. Методика может быть использована для оценки качества жизни в территориальных образованиях любого уровня и для вычисления интегральных оценок изменения качества любой плохо формализуемой системы.

**Ключевые слова:** интегральный индекс, погрешность измерения, качество жизни населения, развитие, метод главных компонент.

### Введение

Несмотря на достаточно солидную историю исследований, к настоящему времени не сложилось ни общепризнанного определения «качества жизни населения», ни подхода к его диагностике, опирающегося на достоверную, проверяемую и воспроизводимую информационную базу, позволяющую учесть специфику функционирования социально-экономических систем. Это обстоятельство фактически является препятствием для формирования эффективной государственной региональной политики. Между тем научно обоснованная методология комплексной оценки качества жизни населения в регионах Российской Федерации должна рассматриваться как действенный инструмент выявления острых социальных проблем, определения приоритетных направлений, масштабов и механизмов оказания государственной поддержки, нацеленной на выравнивание уровней и повышение качества жизни населения в регионах России.

В начале 70-х годов XX века Экономический совет при ООН (ЭКОСОС), обобщив предложения специалистов — социологов, демографов, экономистов, экологов и др. — подготовил документ по стратегии дальнейшего развития человечества, в котором одним из ключевых положений яв-

ляется ориентированность на «качество жизни». Применявшийся ранее экономико-центристский подход, когда представления об успешном развитии общества сводились к сравнению показателей экономического роста и материального положения населения, в современных условиях был признан не вполне корректным, так как уровень удовлетворенности населения жизнью, качество жизни не связаны прямой зависимостью с макроэкономическими показателями. Экономический рост не устраняет автоматически избыточную социальную дифференциацию, не устраняет бедность, преступность, безработицу, а скорее усиливает эти проблемы.

В современных социально-экономических концепциях качество жизни людей является критерием прогрессивности социально-экономических преобразований в обществе, главной целью общественного развития. В 2004 г. Президент России в Послании к Федеральному Собранию впервые определил качество жизни как целевой критерий социально-экономического развития России<sup>1</sup>. С этого времени проблема измерения и оценки

<sup>1</sup> Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 26.05.2004 [Электронный ресурс]. — URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_47851](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_47851) (дата обращения: 13.06.2016).

качества жизни населения России перешла в плоскость практических задач. В последующие годы в выступлениях первых лиц государства<sup>2</sup> неоднократно<sup>3</sup> подчёркивалась важность ориентации социально-экономической политики на повышение качества жизни населения. Сегодня приоритеты и цели политики Правительства Российской Федерации в области социального и экономического развития определяются «Основными направлениями деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 года»<sup>4</sup>. В этом документе указано, что «Правительству Российской Федерации предстоит ... обеспечить устойчивое и динамичное **повышение качества жизни россиян**».

При построении интегральных индикаторов качества систем переменные, предположительно определяющие латентный показатель качества, агрегируют с учетом вклада (веса) переменных в определяемый показатель. Существует несколько подходов к построению интегральных индикаторов. Субъективный подход (подход «с учителем») использует для определения важности показателей экспертные оценки или результаты социологических исследований. Объективный подход (подход «без учителя») определяет весовые коэффициенты показателей, не используя челове-

ские предпочтения для оценки ситуации, на основании выбранного формального метода.

При построении интегральных индикаторов существует несколько этапов, где должно быть принято решение: выбор номенклатуры показателей, методов предварительной обработки данных, способа агрегации данных (аддитивный или мультипликативный), выбор весовых коэффициентов. Однако основным возражением противников интегральных индикаторов является субъективный характер определения весов. Очевидно, что к измерению категорий социального бытия по субъективным показателям следует относиться с крайней осторожностью. Выборы президентов в США и Австрии осенью 2016 года, когда все социологические опросы и оценки экспертов накануне выборов показывали убедительное преимущество проигравшего кандидата, убедительно демонстрируют ограниченную применимость таких методик.

Международные организации ведут непрерывную работу по совершенствованию методик построения интегральных индикаторов [19–22]. В 2008 году Организацией экономического сотрудничества и развития (OECD) совместно с Объединенным исследовательским центром (*Joint Research Centre European Commission*) подготовлен справочник [11], который являлся итогом многолетних исследований в этой области [19–22, 24], и в котором для широкого круга заинтересованных лиц изложен набор технических принципов, которые должны помочь исследователям в формировании составных показателей. Основным методом агрегации данных авторы выбирают линейную свертку показателей, а основным инструментом построения сводных показателей — факторный анализ.

<sup>2</sup> Послание Президента РФ Дмитрия Медведева Федеральному Собранию Российской Федерации [Электронный ресурс] // Российская газета. — 2009. — 13 ноября 2009. — Федеральный выпуск № 5038 (214). — URL: <https://rg.ru/2009/11/13/poslanie-tekst.html> (дата обращения: 13.06.2016).

<sup>3</sup> Послание Президента Владимира Путина Федеральному Собранию РФ от 12 декабря 2012 года [Электронный ресурс]. — URL: [КонсультантПлюс, contact@consultant.ru](http://consultant.ru) (дата обращения: 13.06.2016).

<sup>4</sup> Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 года (новая редакция) [Электронный ресурс]: утв. Правительством РФ 14 мая 2015 г. // Система ГАРАНТ. — URL: <http://base.garant.ru/70309020/#ixzz4FKawUiEh> (дата обращения: 13.06.2016).



Значение интегрального показателя в этом случае определяют значимые нагрузки выбранных главных факторов после вращения [15, 19, 20]. Эта методика является альтернативой способу построения интегрального показателя как проекции на первую главную компоненту [1, 2, 14, 15, 18, 23, 25]. Де-факто именно линейная свертка как способ агрегации и многомерный анализ для определения весов показателей становятся стандартом при построении интегральных индикаторов.

К сожалению, российские исследователи практически не используют методы многомерного анализа для построения интегральных индикаторов качества жизни. Наиболее известны методики оценки качества жизни, выполненные во Всероссийском научно-исследовательском институте технической эстетики (ВНИИТЭ), Институте макроэкономических исследований (ИМЭИ) и Центральном экономико-математическом институте (ЦЭМИ) РАН.

В рамках методики, предлагаемой специалистами ИМЭИ, в оценку качества жизни населения включены индикаторы материальной обеспеченности, социальной защищенности и экологических условий проживания. Используется 9 индикаторов, которые сначала унифицируются (переводятся на отрезок  $[0, 1]$  по принципу: «чем больше, тем лучше») в соответствии с методикой, принятой ООН при построении индекса человеческого развития (ИЧР), а потом участвуют в линейной свертке с равными весами [12,13]. В разработанный ВНИИТЭ показатель качества жизни населения входят отдельно объективный и субъективный показатели [6]. Значения переменных выбираются из данных Росстата и опросов общественного мнения (данные ВЦИОМ и др.). Номенклатура показателей не фиксирована. Показатели унифицируют и вычисляют

линейную свертку. Веса задаются экспертами либо определяются исследователем произвольно. Методики имеют ограниченную применимость из-за субъективности выбора переменных и весовых коэффициентов.

Более востребован формальный подход к оценке качества жизни населения, разработанный в ЦЭМИ под руководством С.А. Айвазяна [1, 2]. Выбор переменных в этой методике тщательно обосновывается, веса в линейной свертке определяются алгоритмом на основе метода главных компонент (МГК).

Но следует отметить, что методика определения весовых коэффициентов с помощью многомерного анализа (факторного анализа и метода главных компонент) не может применяться для сравнения характеристик объектов в динамике, так как даже при фиксированных методах извлечения факторов и способах вращения, многомерный анализ для разных наблюдений системы определяет структуру главных компонент и главных факторов (значимые нагрузки) по-разному, что делает бессмысленным межвременные сравнения [7]. В работах [3, 4, 10] интегральный показатель строится по методике С.А. Айвазяна [1, 2]. К сожалению, построенные в [3, 4, 10] интегральные характеристики, как минимум, не являются устойчивыми к изменению показателей по годам, поэтому их нельзя назвать качественными.

#### **Задача вычисления интегральной характеристики системы**

Рассмотрим построение интегральной оценки системы из  $m$  объектов, для которой известны таблицы из  $n$  описаний объектов для ряда наблюдений  $t = 1, \dots, p$  — матрицы размерностью  $m \times n$   $A^t = \{a_{ij}\}_{i,j=1}^{n,m}$ . Численные характеристики системы предварительно подвергнуты унификации — приведению значений переменных на от-

резок  $[0, 1]$  по принципу: «чем больше, тем лучше». Для каждого момента  $t$  вектор интегральных показателей имеет вид:

$$q^t = A^t \cdot w^t, \quad (1)$$

где  $q^t = \langle q_1^t, q_2^t, \dots, q_m^t \rangle^T$  – вектор интегральных индикаторов момента  $t$ ,  
 $w^t = \langle w_1^t, w_2^t, \dots, w_m^t \rangle^T$  – вектор весов показателей для момента  $t$ ,  $A^t$  – матрица преобразованных данных для момента  $t$ .

Для построения интегрального индикатора качества системы требуется найти веса показателей  $w^t$  для каждого момента времени. Для фиксированного  $t$  интегральную оценку чаще всего записывают для каждого рассматриваемого объекта с номером  $i$  в виде аддитивной свертки данных с некоторыми весами:

$$q_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot a_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

Методы многомерного анализа позволяют оценивать весовые коэффициенты (2), не используя субъективную информацию. При этом базовым является предположение, что наиболее информативными для оценивания интегральной характеристики являются переменные, демонстрирующие наибольшую вариабельность. В качестве весовых коэффициентов выступают коэффициенты первой главной компоненты или факторные нагрузки после вращения. Метод главных компонент формально не требует использования вращений, но для облегчения интерпретации компонент в качестве стандартного подхода рекомендуется вращение варимакс [17], которое приводит к увеличению больших и уменьшению малых значений факторных нагрузок. При вычислении интегрального индикатора после процедуры вращения значимые нагрузки выделенных факторов участвуют в определении весовых коэффициентов, а незначимые обнуляются [15, 20].

### Интегральная характеристика системы при наличии шума в измеряемых данных

Недостаточное удовлетворение исследователей качеством построенных интегральных индикаторов основывается не только на методических проблемах построения, но и на недостаточном качестве используемых данных. Тем не менее именно статистические данные, содержащие неустранимые погрешности, в настоящее время представляют собой наилучшие оценки реальных величин, имеющих в социальных системах<sup>5</sup> [19].

Получение точных характеристик объекта на основании однократного измерения, неизбежно содержащего неизвестную погрешность, не представляется возможным. Однако вычисление неизвестной характеристики по серии таких измерений вполне вероятно. Такую задачу, в частности, с успехом решает астрофотометрия, определяющая основные числовые параметры астрономических объектов не по однократному наблюдению (изображению), а по **серии** зашумленных изображений. Используя основные идеи, лежащие в основе астрофотометрии, будем рассматривать построение интегральной характеристики изменения качества сложной системы как решение задачи выделения полезного сигнала по серии наблюдений, содержащей описание неизвестного параметра.

Любое измерение, в том числе и статистическое, неизбежно связано с точностью измерительного прибора, поэтому результат измерения неизбежно содержит случайную неустранимую ошибку. Построение интегральной характеристики изменения качества системы можно рассматривать как задачу выделения полезного сигнала на фоне шумов при наличии нескольких ре-

<sup>5</sup> Human Development Reports. 1990–2014 / United Nations Development Programme, 1990-2014. – URL: <http://hdr.undp.org/en/reports/> (дата обращения: 13.06.2016).



лизаций измеряемого процесса. Эта задача аналогична задаче восстановления цифровых изображений, искаженных белым гауссовским шумом. Метод главных компонент (МГК) позволяет выделить структуру в многомерном массиве данных и с успехом применяется для распознавания изображений и для шумоподавления.

Количественные характеристики конкретной системы, функционально связанные с ее структурными особенностями и условиями работы, зависят от отношения сигнала к шуму. Это отношение часто используется для количественной оценки эффективности различения сигналов в оптико-электронных, телевизионных автоматических системах, в средствах контроля и диагностики и пр.

ОСШ – отношение сигнал/шум (англ. *signal-to-noise ratio*, сокр. *SNR*) представляет собой отношение сигнала (а если точнее, суммы сигнала и шума) к шуму. Величина может быть вычислена либо как безразмерное отношение амплитуды сигнала к амплитуде шума  $SNR = A_s / A_n$ , либо в децибелах  $SNR (dB) = 20 \cdot \log_{10}(A_s / A_n)$ . Эта величина наиболее полно описывает качество воспроизведения сигнала в телевизионных системах, в системах мобильной связи, в астрофотометрии. В статистике обратное значение этой величины есть коэффициент вариации, характеризующий изменчивость данных.

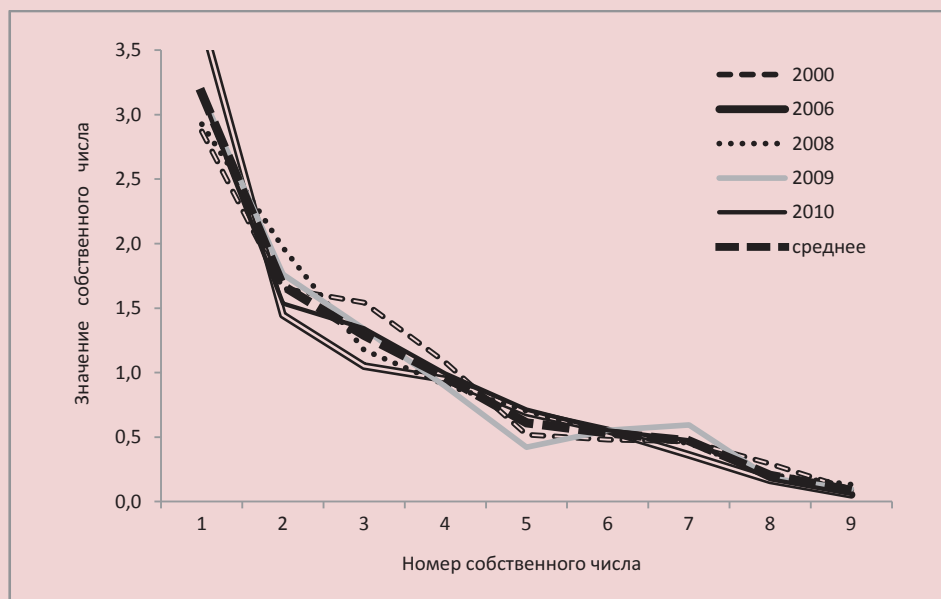
Выбор порогового значения отношения полезного сигнала к шуму фона, позволяющего различить сигнал на фоне шума, обоснован в [8]. Современные технические системы (и человеческий глаз) уверенно выделяют сигнал из шума, если уровень ОСШ системе составляет около 7 дБ (или в безразмерных единицах – 2,2). Такое пороговое значение используется в фотометрии слабых объектов: при регистра-

ции сигнала от тусклых звезд необходимо, чтобы отношение сигнал/шум превышало 2,2. Именно это значение  $SNR = 2,2$  и будет использоваться далее в работе в качестве пороговой величины, хотя можно рассматривать и несколько бóльшие значения. Кстати, отметим, что такая величина соответствует коэффициенту вариации 45% или менее.

Любой результат, полученный на основании статистических данных, будет содержать случайную неустранимую ошибку – погрешность измерения. Переход к другому моменту времени означает изменение данных, которое при неизменной структуре системы, вызвано как изменением ситуации, так и случайными ошибками. Метод главных компонент на основании различных для разных моментов значений собственных векторов и собственных значений описывает неизменную структуру системы. Следовательно, именно значения собственных чисел и собственных векторов будут тем сигналом, который нужно выделить из зашумленных данных по имеющимся реализациям. Предположение о том, что при вариации входных данных у собственных чисел имеется общая тенденция, иллюстрирует рисунок 1, где представлены значения упорядоченных по убыванию собственных чисел для разных наблюдений.

В среднем значении рассматриваемых величин хорошо просматривается тенденция (сигнал) и случайное отклонение от нее. Именно усреднение значений используется в астрофотографии для подавления шумов. Усреднение работает на основе предположения об абсолютно случайной природе шума. Соответственно, случайные отклонения данных от истинных величин будут последовательно снижаться по мере возрастающего числа наблюдений.

Рисунок 1. Собственные значения ковариационной матрицы переменных для различных моментов наблюдения



Усреднение для собственных векторов не может быть использовано, так как они в методе главных компонент определяются с точностью до направления, в отличие от собственных чисел, определяемых однозначно. Среднее значение факторных нагрузок переменных зависит от направления векторов и не может однозначно характеризовать сигнал. Следовательно, на основе вычисленных для различных наблюдений собственных векторов (упорядоченных в порядке убывания собственных чисел) нужно согласовать направления собственных векторов, чтобы распознать случайные и неслучайные компоненты этих векторов и определить значения координат неслучайных переменных.

Наличием неслучайного (т.е. значимого) вклада переменной в структуру главных компонент будем считать не большую величину факторной нагрузки после вращения, как в факторном анализе,

а **инвариантность** факторной нагрузки при возмущениях (для разных наблюдений), признаком которой будет величина отношения сигнал/шум, определяемая отношением среднего значения переменной (сигнал) и среднеквадратичного отклонения (шум). Если это отношение выше порогового значения, такую переменную считаем неслучайной и значимой. При невыполнении такого соотношения переменная характеризуется шумовой составляющей сигнала и не участвует в дальнейшем рассмотрении. Для проверки этого условия нужно согласовать направления собственных векторов на основании некоторого критерия. После определения значимых переменных они, как и в факторном анализе, будут участвовать в дальнейшем рассмотрении, а незначимые переменные обнуляются. Подробное описание алгоритма приведено в [7, 8].

### Вычисление интегральных индикаторов качества жизни населения

Проиллюстрируем работу алгоритма для вычисления интегральных индикаторов качества жизни населения субъектов Российской Федерации. Выбор переменных и деление их на блоки лежат вне рассматриваемого обсуждения. Поэтому воспользуемся списком переменных (табл. 1) из исследования М.А. Исакина [5]. Интегральный показатель качества жизни вычисляется на основе трех систем показателей, отражающих интегральные категории качества жизни населения: уровень благосостояния населения, качество населения и качество социальной сферы. Модель интегрального индикатора качества жизни разработана проф. С.А. Айвазяном [1, 2]. Неизменный набор из 36 переменных автор [5] использовал на протяжении длительного времени. Отсутствующие в открытом доступе данные заменим на близкие к ним (выделено цветом в табл. 1). Например, переменные 36 и 37 заменили отсутствующую в открытой статистике для всех наблюдений переменную «Число самоубийств на 100 000 населения». Все значения переменных взяты из справочников Росстата <sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Регионы России. Социально-экономические показатели, 2015 (2008–2014) : стат. сб. [Эл. рес.] / Федер. служба гос. статистики (Росстат). – Офиц. изд. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156), свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.02.2016);

Труд и занятость в России, 2015 (2009, 2011, 2013) : стат. сб. [Эл. рес.] / Федер. служба гос. статистики (Росстат). – Офиц. изд. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139916801766](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139916801766), свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.02.2016);

Демографический ежегодник России, 2015 (2008–2014) : стат. сб. [Эл. рес.] / Федер. служба гос. статистики (Росстат). – Офиц. изд. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1137674209312](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1137674209312), свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.02.2016).

Вменение отсутствующих значений является уязвимым местом методик вычисления интегральной характеристики. Наличие ряда наблюдений во многом снимает эту проблему. Единичные отсутствующие значения восстановлены линейной интерполяцией по соседним имеющимся, в случае отсутствия показателей для ряда лет дополняем их средними значениями по тому федеральному округу, к которому относится рассматриваемый субъект Федерации.

Далее набор исходных переменных подвергается унификации по следующим правилам. Если исходный показатель связан с анализируемым интегральным свойством качества монотонной зависимостью, то при приведении их на отрезок [0, 1] переменные  $x_{ij}$  для каждого момента наблюдения преобразовываются по правилу:

$$a_{ij} = s_j + (-1)^{s_j} \cdot \frac{x_{ij} - m_j}{M_j - m_j},$$

где  $s_j = 0$ , если оптимальное значение  $j$ -го показателя максимально и  $s_j = 1$ , если оптимальное значение  $j$ -го показателя минимально,  $m_j$  – наименьшее значение  $j$ -го показателя по всей выборке (глобальный минимум),  $M_j$  – наибольшее значение  $j$ -го показателя по всей выборке (глобальный максимум).

В случае, когда существует иное оптимальное (не минимальное или максимальное) значение показателя, используется формула:

$$a_{ij} = \left( 1 - \frac{|x_{ij} - x_j^{opt}|}{\max((M_j - x_j^{opt}), (x_j^{opt} - m_j))} \right)$$

Среди перечисленных переменных переменные 1, 2, 5, 7, 9, 10, 12, 21, 22, 23 связаны с вычисляемой характеристикой монотонной возрастающей зависимостью, когда оптимальное значение  $j$ -го показателя



Таблица 1. Переменные для вычисления интегральных индикаторов качества жизни населения

<b>Блок 1: Уровень благосостояния населения</b>	
1	Отношение ВРП на душу населения к прожиточному мин, единиц
2	Покупательская способность среднедушевых денежных доходов по отношению к прожиточному минимуму, %
3	Доля численности населения с доходами ниже прожиточного минимума, %
4	Отношение совокупных доходов 20% самых богатых и 20% самых бедных
5	Обеспеченность населения собственными легковыми автомобилями на 1 000 чел.
6	Доля семей, состоящих на учете на получение жилья, %
7	Приходится общей площади жилищного фонда на одного жителя (кв. м/10 чел.)
8	Доля ветхого и аварийного жилья, %
9	Плотность автомобильных дорог общего пользования (км/10 000 кв. км)
<b>Блок 2: Качество населения</b>	
10	Ожидаемая продолжительность жизни при рождении, лет
11	Число умерших детей в возрасте до 1 года на 1000 чел.
12	Коэффициент естественного прироста, на 1000 чел.
13	Число умерших от инфекционных, паразитарных болезней и туберкулеза на 100 000 чел.
14	Число умерших от новообразований на 100 000 чел.
15	Число умерших от болезней системы кровообращения на 100 000 чел.
16	Число умерших от болезней органов дыхания на 100 000 чел.
17	Число умерших от болезней органов пищеварения на 100 000 чел.
18	Заболеваемость от травм, отравлений и других внешних причин на 100 000 чел.
19	Число инвалидов на 1 000 чел.
20	Зарегистрировано случаев заболевания врожденными аномалиями на 1 000 чел.
21	Доля специалистов с высшим образованием среди занятых в экономике, %
22	Приведенная производительность труда (ВРП на среднегодовую численность занятых в экономике, тыс. руб./чел.)
23	Количество выпускников высших и средних учебных заведений на 1000 чел.
<b>Блок 3: Качество социальной сферы</b>	
24	Уровень безработицы, %
25	Доля работников занятых во вредных и опасных условиях труда в среднегодовой численности занятых в экономике, %
26	Численность пострадавших на производстве со смертельным исходом или с утратой трудоспособности на 1 раб. день и более на 1 000 работающих
27	Коэффициент миграционного прироста на 10 000 населения
28	Число зарегистрированных умышленных убийств на 100 000 чел.
29	Число фактов умышл. Причинения тяжкого вреда здоровью на 100 000 чел.
30	Число зарегистрированных изнасилований на 100 000 чел.
31	Число разбоев, грабежей, краж из квартир граждан в расчете на 100 000 чел.
32	Число зарегистрированных присвоений или растрат в расчете на 100 000 чел.
33	Число состоящих на учете с диагнозом наркомания и токсикомания на 100 000 чел.
34	Число состоящих на учете с диагнозом алкоголизм в расчете на 100 000 чел.
35	Число больных, инфицированных туберкулезом в расчете на 100 000 чел.
36	Смертность от внешних причин, на 100 000 чел.
37	Число больных психическими расстройствами на 100 000 чел.

теля максимально. Для остальных показателей, кроме переменной 27, оптимальное значение показателя минимально. Для переменной 27 «Коэффициент миграционного прироста» примем  $x_j^{opt} = 0, j=27$ .

Значение соответствует ситуации, когда количество выбывших из региона совпадает с количеством приехавших, что, по мнению автора, является условием обеспечения наилучшего качества жизни в регионе.

В табл. 2 представлено определение эмпирических собственных чисел как среднего значения собственных чисел ковариационных матриц стандартизированных данных для разных наблюдений первого блока.

Определение третьей эмпирической главной компоненты, полученной определением значимых и незначимых переменных одноименных главных компонент, представлено в табл. 3. Нужно максимизировать сумму отношений сигнал/шум для

Таблица 2. Определение эмпирических собственных чисел Блока 1

Наблюдение	Собственные числа								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2007	3.38	2.02	1.03	0.87	0.61	0.48	0.30	0.27	0.04
2008	3.41	2.07	0.95	0.87	0.65	0.48	0.29	0.22	0.05
2009	3.24	2.08	0.97	0.89	0.66	0.55	0.32	0.28	0.03
2010	3.25	1.98	1.14	0.82	0.67	0.49	0.33	0.29	0.03
2011	3.26	2.03	1.25	0.73	0.57	0.52	0.35	0.25	0.04
2012	3.30	2.00	1.30	0.73	0.60	0.48	0.34	0.21	0.03
2013	3.42	2.00	1.21	0.77	0.59	0.50	0.27	0.21	0.03
2014	3.43	2.15	1.27	0.65	0.51	0.47	0.28	0.20	0.03
<b>Эмпирические собственные числа</b>	<b>3.34</b>	<b>2.04</b>	<b>1.14</b>	<b>0.79</b>	<b>0.61</b>	<b>0.50</b>	<b>0.31</b>	<b>0.24</b>	<b>0.03</b>

Таблица 3. Определение третьей эмпирической главной компоненты Блока 1

Согласование направления 1-й переменной									
3	Переменные								
ГК	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2007	-0.07	-0.10	0.26	0.38	0.08	-0.21	0.67	-0.28	-0.44
2008	-0.05	0.19	0.04	-0.14	-0.33	-0.18	-0.41	0.20	0.77
2009	-0.16	0.22	0.19	-0.06	-0.49	-0.20	-0.24	0.04	0.74
2010	-0.17	0.22	0.24	-0.06	-0.37	-0.25	-0.14	0.16	0.79
2011	-0.24	0.18	0.31	0.07	-0.23	-0.20	0.00	0.21	0.82
2012	-0.25	0.18	0.28	0.07	-0.40	-0.23	-0.03	0.17	0.76
2013	-0.20	0.17	0.20	0.01	-0.47	-0.17	-0.03	0.12	0.79
2014	-0.30	0.14	0.18	0.00	-0.38	-0.22	0.04	0.18	0.79
<i>Среднее, <math>\bar{m}</math></i>	-0.18	0.15	<b>0.21</b>	0.03	-0.32	<b>-0.21</b>	-0.02	0.10	0.63
<i>Выб. ср. квадр. откл., <math>s</math></i>	0.09	0.10	0.08	0.16	0.18	0.03	0.32	0.16	0.43
ОСШ	2.10	1.47	<b>2.51</b>	0.22	1.76	<b>7.94</b>	0.06	0.61	1.45
	Сумма ОСШ по строке								18.13
	Сумма ОСШ у действующих переменных								10.45
Согласование направления 2-й переменной									
3	Переменные								
ГК	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2007	0.07	0.10	-0.26	-0.38	-0.08	0.21	-0.67	0.28	0.44
2008	-0.05	0.19	0.04	-0.14	-0.33	-0.18	-0.41	0.20	0.77
2009	-0.16	0.22	0.19	-0.06	-0.49	-0.20	-0.24	0.04	0.74
2010	-0.17	0.22	0.24	-0.06	-0.37	-0.25	-0.14	0.16	0.79
2011	-0.24	0.18	0.31	0.07	-0.23	-0.20	0.00	0.21	0.82
2012	-0.25	0.18	0.28	0.07	-0.40	-0.23	-0.03	0.17	0.76
2013	-0.20	0.17	0.20	0.01	-0.47	-0.17	-0.03	0.12	0.79
2014	-0.30	0.14	0.18	0.00	-0.38	-0.22	0.04	0.18	0.79
<i>Среднее, <math>\bar{m}</math></i>	-0.16	<b>0.18</b>	0.15	-0.06	<b>-0.35</b>	-0.15	-0.19	<b>0.17</b>	<b>0.74</b>
<i>Выб. ср. квадр. откл., <math>s</math></i>	0.12	0.04	0.18	0.15	0.13	0.15	0.25	0.07	0.12
ОСШ	1.36	<b>4.33</b>	0.79	0.41	<b>2.60</b>	1.03	0.75	<b>2.44</b>	<b>6.00</b>
	Сумма ОСШ по строке								19.70
	Сумма ОСШ у действующих переменных								15.37

всех переменных, которое вычисляется как отношение вычисляемого среднего значения факторных нагрузок к среднеквадратичному отклонению.

Всего нужно рассмотреть 9 вариантов, которые максимизируют вычисляемое отношение сигнал/шум для каждой из переменных. Если знаки первой переменной одинаковы, то среднее значение факторных нагрузок наибольшее, а разброс их значений минимален, следовательно, отношение сигнал/шум для этой переменной максимально. В этом случае имеются две действующих переменных, для которых отношение сигнал/шум не менее порогового значения ОСШ 2,2, а именно переменные  $x_3$ ,  $x_6$ . Сумма отношений сигнал/шум у этих действующих переменных равна 10,45. Далее, если одинаковы знаки у второй переменной (и заодно и пятой, восьмой, девятой), то сумма вычисленных для действующих переменных отношений сигнал/шум составит 15,35. Именно этот вариант дает максимальную сумму вычисленных значений ОСШ у действующих переменных. Итак, в этой ЭГК оказались четыре действующие (значимые) переменные (выделены темным цветом в табл. 3):  $x_2$ ,  $x_5$ ,  $x_8$ ,  $x_9$ . Факторные нагрузки этих переменных в ЭГК определит средняя величина нагрузок по годам, остальные переменные ЭГК обнуляются (так же, как в методах факторного анализа).

После определения всех эмпирических главных компонент стоит вопрос выбора их количества. Обычно в методе главных компонент используется традиционное понятие дисперсионной информативности, которое определяет число главных компонент  $l$ , используемых для вычисления интегральной характеристики.

$$\gamma_{\sigma} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_l}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} \geq \theta, \quad (3)$$

где  $\lambda_i$  –  $i$ -е собственное число ковариационной матрицы,  $\theta$  – задаваемый априорно порог информативности (обычно 55%). Число выбранных главных компонент должно обеспечивать выполнение соотношения (3). Подходы к оценке числа главных компонент по необходимой доле объясненной дисперсии формально применимы всегда, однако неявно они предполагают, что нет разделения на «сигнал» и «шум» и любая заранее заданная точность имеет смысл. При разделении данных на полезный сигнал и шум задаваемая точность теряет смысл и требуется переопределить понятие информативности. Аналогично дисперсионной информативности согласно (3) можно определить  $SNR$ -информативность для выбранных эмпирических главных компонент  $N$ :

$$\gamma_{SNR} = \frac{S_{11} + S_{12} + \dots + S_{1N}}{S_{21} + S_{22} + \dots + S_{2N}}, \quad (4)$$

где  $S_{1k}$  – сумма величин ОСШ у действующих переменных  $k$ -ой ЭГК,  $S_{2k}$  – сумма ОСШ всех переменных  $k$ -ой ЭГК. В отличие от дисперсионной информативности,  $SNR$ -информативность не может достигать 100% по логике построения. Информативность выбранной системы признаков определяется дисперсионной и  $SNR$ -информативностью:

$$\gamma = \gamma_{\sigma} \cdot \gamma_{SNR}. \quad (5)$$

Число ЭГК для вычисления композитного индекса должно максимизировать информативность полученного решения, определяемого (5).

В табл. 4 представлены все нормализованные (умножением на квадратный корень из соответствующего эмпирического собственного числа) и согласованные по направлению эмпирические главные компоненты (ЭГК) первого блока. Искомый

Таблица 4. Эмпирические главные компоненты Блока 1

№ ЭГК	Эмпирические собст. числа	Переменные								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3.34	0.8	0.9	0.82	-0.75	0.53		0.38	0.31	
2	2.04	-0.27	-0.31		0.43	0.43	0.64	0.64	0.64	
3	1.14		0.19			-0.37			0.18	0.79
4	0.79			0.31						
5	0.61								0.34	
6	0.5					0.43			-0.26	
7	0.31	0.35	-0.12	-0.24						0.19
8	0.24				0.26			-0.2	0.12	
9	0.03		0.14	-0.08	0.08					
Вектор весов		0.88	0.79	0.81	0.02	1.02	0.64	0.83	1.33	0.98

Таблица 5. Определение информативности интегрального показателя Блока 1:  
Уровень благосостояния населения

	Номер эмпирической главной компоненты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сумма ОСШ <i>k</i> -ой ЭГК	102.2	57.6	19.7	11.3	7.9	10.7	20.9	16.5	100.5
Сумма действующих ОСШ <i>k</i> -ой ЭГК	101.4	55	15.4	4.2	3.4	4.9	16.5	10.8	95.7
Накопленный вклад, ОСШ-информативность	0.99	0.98	0.96	0.92	0.9	0.88	0.87	0.86	0.88
Эмпирические собственные числа	3.34	2.04	1.14	0.79	0.6	0.5	0.31	0.24	0.03
Накопленный вклад, дисперсионная информативность	0.37	0.6	0.72	0.81	0.9	0.94	0.97	1	1
Общая информативность	0.37	0.58	0.69	0.75	0.8	0.82	0.85	0.85	0.88

вектор весов определяется суммированием одноименных переменных выбранного согласно (5) числа эмпирических главных компонент.

В табл. 5 приведен пример определения информативности интегрального показателя Блока 1. При рассмотрении всех 9 ЭГК информативность максимальна и составит около 88%. Поэтому для вычисления интегрального показателя этого блока используем все эмпирические главные компоненты. Чем больше переменных описывают систему, тем меньше их относительное количество участвует в построении композитного индекса. Для второго блока выбираем 11 из 14 ЭГК, для третьего – 10 из 14 ЭГК. (В другом случае, в системе, которую описывает 51 переменная, было выбрано 21 ЭГК).

Веса блоков определяем пропорционально вычисленным значениям действующих ОСШ переменных этого блока (табл. 6), что аналогично пропорциональности силе принятого сигнала. Блок 3 «Качество социальной сферы», в котором 14 переменных, оказался менее значим, чем блок 1 «Уровень благосостояния населения», в котором 9 переменных. Блок 2 «Качество населения», в котором 14 переменных, оказался самым весомым. Важность качества населения оказалась выше важности уровня благосостояния и качества социальной сферы.

Таблица 6. Определение весов блоков

Блок	1	2	3
Сумма действующих ОСШ	307.4	397.7	254.3
Вес блока	0.32	0.41	0.27

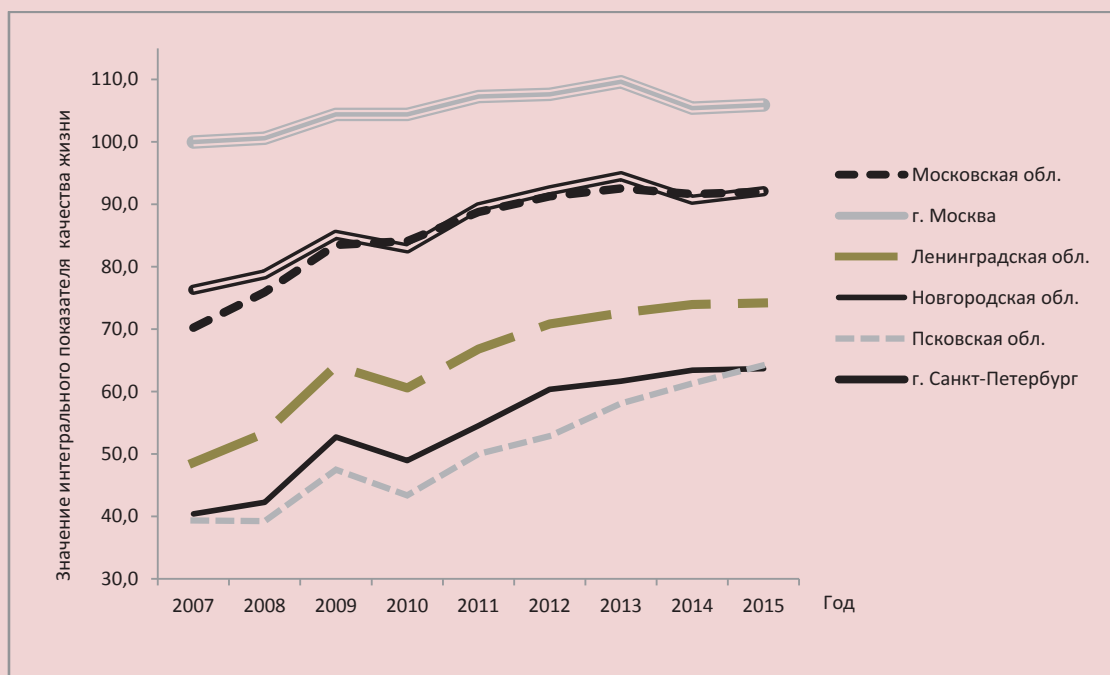
В приложении к статье приведены вычисленные интегральные индикаторы качества жизни субъектов Российской Федерации за 2007–2014 годы с учетом весовых коэффициентов блоков, определенных в табл. 6. Для 2015 года приведены значения прогноза. Значения интегрального индикатора согласно принятой международной практике нормированы относительно значений 2007 года. Значение «ноль» имеет минимальное значение интегрального индикатора качества жизни населения (ИИКЖН) для 2007 года (у Республики Тыва), значение 100 – это максимальное значение интегрального индикатора в 2007 году (у Москвы). Цветом выделены разные федеральные округа (ФО).

Рисунок 2 демонстрирует непротиворечивость методики: показаны изменения вычисленного ИИКЖН для некоторых субъектов РФ. Соотношение вычисленных характеристик совпадает с ожидае-

мым: Москва демонстрирует бесспорное и недостижимое лидерство, Санкт-Петербург и Московская область практически одинаковы по показателю качества жизни, но достаточно сильно разнятся со столицей, Новгород и Псков в аутсайдерах (не только среди приведенных субъектов, но и по России).

Стабильно самые высокие показатели ИИКЖН на всем промежутке наблюдения показывают субъекты Северо-Кавказского ФО. Следует отметить, что из 37 рассматриваемых показателей 20 отражают физиологическое благополучие человека, что и объясняет (вкуче с особенностями национальной статистики) фантастические показатели Северной Осетии, Ингушетии, Чечни, Дагестана и пр. В этих субъектах России значительно меньше шансов заболеть, умереть, подвергнуться криминальному насилию; население этих субъектов не чрезмерно вовлечено в процесс

Рисунок 2. Интегральная характеристика качества жизни некоторых субъектов Российской Федерации за 2007–2015 годы





общественного производства. Ожидаемая продолжительность жизни в Ингушетии наибольшая по России и, в частности, превышает этот параметр по Новгородской области на 10 лет. С учетом этого обстоятельства низкий уровень валового регионального продукта и высокий уровень безработицы в субъектах Северо-Кавказского ФО не кажутся столь уж важными при оценке ИИКЖН – меньше работать и дольше жить предпочтительнее, чем наоборот.

В таблице 7 приведены средние рейтинги за весь период наблюдений для групп лидеров и аутсайдеров ИИКЖН. Эти группы по годам изменяются незначительно. Лидеры – Москва, Петербург, республики Северо-Кавказского ФО, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, Татарстан и некоторые южные области: Белгородская, Воронежская, Ростовская, Ставропольский край. Замыкают список в основном

субъекты Сибирского и Дальневосточного ФО – 14 субъектов из 20 приведенных, по два субъекта Северо-Западного ФО (Псковская и Новгородская области) и Приволжского ФО (Марий Эл и Пермский край). Замыкает список аутсайдеров постоянно Тыва.

В таблице 8 приведены характеристика вычисленного показателя качества жизни за весь период наблюдений и прогноз на 2015 год. Наибольшая дифференциация в качестве жизни наблюдается в Сибирском (коэффициент вариации 29,3) и Дальневосточном ФО (коэффициент вариации 22), где преобладает сырьевая экономика, наименьшая – в Северо-Кавказском ФО (коэффициент вариации 7,8). Во всех федеральных округах среднее значение интегрального показателя качества жизни за рассматриваемый период увеличилось (что подтверждают и субъективные ощущения), а дифференциация – уменьшилась.

Таблица 7. Лидеры и аутсайдеры по интегральному показателю качества жизни населения за 2007–2015 годы

№ п/п	Субъект РФ	Средний рейтинг	Субъект РФ	Средний рейтинг
1	г. Москва	1,00	Хабаровский край	63,67
2	Респ. Северная Осетия – Алания	2,56	Новгородская обл.	65,67
3	г. Санкт-Петербург	3,78	Ивановская обл.	66,00
4	Белгородская обл.	4,33	Респ. Хакасия	67,00
5	Московская обл.	5,78	Приморский край	67,33
6	Респ. Ингушетия	7,67	Магаданская обл.	68,22
7	Кабардино-Балкарская Респ.	7,67	Алтайский край	68,44
8	Респ. Татарстан	8,44	Респ. Марий Эл	69,89
9	Ханты-Мансийск. АО – Югра	8,56	Пермский край	70,67
10	Ямало-Ненецкий АО	9,11	Курганская обл.	71,56
11	Краснодарский край	11,44	Псковская обл.	71,78
12	Чеченская Респ.	11,56	Кемеровская обл.	75,33
13	Карачаево-Черкесская Респ.	13,78	Забайкальский край	77,11
14	Ставропольский край	14,78	Респ. Бурятия	77,44
15	Респ. Адыгея	15,11	Чукотский АО	78,33
16	Респ. Дагестан	15,44	Амурская обл.	78,44
17	Липецкая обл.	17,00	Респ. Алтай	78,56
18	Мурманская обл.	17,44	Иркутская обл.	79,11
19	Воронежская обл.	19,89	Еврейская авт. обл.	82,00
20	Ростовская обл.	20,22	Респ. Тыва	83,00

Таблица 8. Характеристики показателей качества жизни по федеральным округам

Федеральный округ	Весь период наблюдения			2014 год		
	Среднее значение	Средне-квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %	Среднее значение	Средне-квадратичное отклонение	Коэффициент вариации, %
Центральный	69.6	13.8	19.9	76	11.4	15
Северо-Западный	63.9	12.5	19.6	71.1	8.6	12
Южный	68.4	10.6	15.4	74.9	9.3	12.5
Северо-Кавказский	79.4	6.2	7.8	84	5.4	6.4
Приволжский	64.2	9.6	15	69.5	7	10.1
Уральский	68.6	11.6	17	72.4	12.2	16.8
Сибирский	49.8	14.5	29.2	55.2	12.2	22.2
Дальневосточный	52.3	11.5	22	59.3	9.7	16.4
<b>По РФ</b>	<b>64</b>	<b>14.8</b>	<b>23.2</b>	<b>69.8</b>	<b>12.6</b>	<b>18.1</b>

Однако дифференциация субъектов внутри России остается значительной, и для её преодоления требуются грамотные управленческие решения.

Представляет интерес сравнить полученные значения ИИКЖН с результатами, полученными в работе [10], где ИИКЖН за 2012 год вычислены по методике, предложенной С.А. Айвазяном. Авторы [10] считают, что «построенные таким образом рейтинговые оценки позволяют определить приоритеты социально-экономической политики на региональном уровне». Однако внимательное изучение полученных результатов вызывает недоумение. Ставрополье получило 76 место в рейтинге, рядом с Тывой, у которой рейтинг выше – 75. Ленинградская область с рейтингом 63 находится между Забайкальским краем (62), Сахалином (64), Калмыкией (65) и Якутией (66). Соседние Новгородская и Псковская губернии с очень похожим положением имеют колоссальный разрыв в оценках: 29 у Новгородской и 53 у Псковской. Среди субъектов Северо-Западного ФО в этом рейтинге Ленинградская область занимает последнее место. Как минимум, оценки субъектов СЗФО кажутся крайне сомнительными, и приведенную интегральную характеристику нельзя назвать достоверной и на её основе правильно «определить при-

оритеты социально-экономической политики на региональном уровне».

Источником неудовлетворительного качества вычисленных характеристик может являться, в частности, погрешность исходных данных, которую не учитывает классический метод главных компонент. Построенный в этой работе интегральный показатель устойчив по входным данным и свободен от грубых ошибок, подобных указанным выше.

#### Заключение

В работе рассмотрено построение латентной интегральной характеристики изменения качества системы на основании регистрируемых статистических измерений. На основе алгоритма построения интегральных характеристик с определением неслучайных составляющих главных компонент, характеризующих структуру рассматриваемой системы, определен интегральный индекс качества жизни населения субъектов Российской Федерации за 2007–2014 годы. За рассматриваемый период качество жизни во всех субъектах России улучшалось, дифференциация внутри федеральных округов уменьшилась. Однако дифференциация субъектов и федеральных округов внутри России остается значительной и для её преодоления требуются грамотные управленческие решения.



Предлагаемая методика может быть использована для вычисления интегральных оценок изменения качества любых социально-экономических систем, в том числе для вычисления интегральных оценок качества жизни субъектов и муниципальных образований Российской Федерации. В

дальнейшем следует проанализировать результаты применения методики построения интегральной характеристики изменения качества системы не для ограниченного набора качественных входных переменных, а используя широкую базу измерений социальных систем, фиксируемую Росстатом.

### Литература

1. Айвазян, С.А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в социально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях [Текст] / С.А. Айвазян; Рос. акад. наук, Центр. экон.-мат. ин-т. – М.: ЦЭМИ РАН, 2000. – 117 с.
2. Айвазян, С.А. Россия в межстрановом анализе синтетических категорий качества жизни населения. Часть I. Методология анализа и пример ее применения [Текст] / С.А. Айвазян // Мир России. – 2010. – Т. X. – № 4. – С. 59–96.
3. Айвазян, С.А. Измерение синтетических категорий качества жизни населения региона и выявление ключевых направлений совершенствования социально-экономической политики (на примере Самарской области и ее муниципальных образований) [Текст] / С.А. Айвазян, В.С. Степанов, М.И. Козлова // Прикладная эконометрика. – 2009. – № 3(19). – С. 18–84.
4. Гайдамак, И.В. Моделирование интегральных показателей качества жизни населения юга Тюменской области [Текст] / И.В. Гайдамак, А.Г. Хохлов // Вестник Тюменского государственного университета. – 2009. – № 6. – С. 176–186.
5. Исакин, М.А. Модификация метода k-средних с неизвестным числом классов [Текст] / М.А. Исакин // Прикладная эконометрика. – 2006. – № 4. – С. 62–70.
6. Задесенец, Е.Е. Методология измерения и оценки качества жизни населения России [Текст] / Е.Е. Задесенец, Г.М. Зараковский, И.В. Пенова // Мир измерений. – 2010. – № 2. – С. 37–44.
7. Жгун, Т.В. Вычисление интегрального показателя эффективности функционирования динамической системы на примере интегральной оценки демографического развития муниципальных образований Новгородской области [Текст] / Т.В. Жгун // Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер.: Физико-математические науки. – 2013. – № 75. – Т. 2. – С. 11–16.
8. Жгун, Т.В. Построение интегральной характеристики изменения качества системы на основании статистических данных как решение задачи выделения сигнала в условиях априорной неопределенности / Т.В. Жгун // Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер.: Технические науки. – 2014. – № 81. – С. 10–16.
9. Жгун, Т.В. Исследование формальных методов построения латентной характеристики качества систем / Т.В. Жгун // Вестн. Новг. гос. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки. – 2014. – № 80. – С. 13–19.
10. Молчанова, Е.В. Построение рейтинговых оценок субъектов Российской Федерации по блокам социально-экономических показателей [Текст] / Е.В. Молчанова, М.М. Кручек, З.С. Кибисова // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2014. – Вып. 3 (33). – С. 196–208.
11. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. [Text] / OECD Publication. Paris CEDEX 16. – 2008. – 162 p.
12. Стрижкова, Л.А. Качество жизни в российских регионах (динамика, межрегиональные сопоставления) [Текст] / Л.А. Стрижкова, Т.В. Златоверховникова // Экономист. – 2002. – № 10. – С. 67–76.
13. Стрижкова, Л.А. Интегральный индикатор качества жизни населения – ИИКЖ (сравнительная характеристика регионов России) [Текст] / Л.А. Стрижкова, Т.В. Златоверховникова // Управление общественными экономическими системами. – 2012. – № 2(2).
14. Hightower, W.L. Development of an Index of Health Utilizing Factor Analysis [Text] // Medical Care. – 1978. – no. 16. – Pp. 245–255.
15. Krishnan, V. Constructing an Area-based Socioeconomic Index: A Principal Components Analysis Approach. [Text] / V. Krishnan // Early Child Development Mapping Project (ECMap), Community-University Partnership (CUP), University of Alberta, Edmonton, Alberta T5J 4P6, CANADA.



16. Lindman, C. Measuring Human Development. The Use of Principal Component Analysis in Creating an Environmental Index. [Text] / I.C. Lindman C., Sellin J. // University essay from Uppsala universitet, Uppsala. – 2011. – P. 45.
17. Manly, B. Multivariate Statistical Methods [Text] / B. Manly // A Primer. Chapman and Hall/CRC, London. – 2004. – P. 208.
18. McKenzie, D.J. Measuring Inequality with Asset Indicators. [Text] / D.J. McKenzie // Journal of Population Economics. – 2005. – Vol. 18, Issue 2. – Pp. 229–260.
19. Nardo, M. Tools for Composite Indicators Building. [Text] / M. Nardo, M. Saisana, A. Saltelli, S. Tarantola // European Commission, EUR 21682 EN. Joint Research Centre, Ispra, Italy. – 2005.
20. Nicoletti, G. Summary Indicators of Product Market regulation with an Extension to Employment Protection Legislation [Text] / G. Nicoletti, S. Scarpetta, O. Boylaud // Economics Department Working Papers NO. 226, ECO/WKP(99)18. – 2000.
21. Saltelli, A. Composite Indicators Between Analysis and Advocacy. [Text] / A. Saltelli // Social Indicators Research. – March 2007. – Vol. 81, Issue 1. – Pp. 65–77.
22. Saltelli, A. From Complexity to Multidimensionality: the Role of Composite Indicators for Advocacy of EU Reform [Text] / A. Saltelli, G. Munda, M. Nardo // Tijdschrift voor Economie en Management. – 2006. – Vol. LI. – No 3.
23. Somarriba, N. Synthetic Indicators of Quality of Life in Europe. [Text] / N. Somarriba, B. Pena // Social Indicators Research. – 2009. – Vol. 94. – Issue 1. – Pp. 115–133.
24. Tarantola S., Saisana M., Saltelli A. Internal Market Index 2002: Technical Details of the Methodology. [Text] / S. Tarantola, M. Saisana, A. Saltelli // JRC European Commission. Institute for the Protection and Security of the Citizen Technological and Economic Risk Management Unit I-21020 Ispra (VA) Italy. – 2002.
25. Vyas, S. Constructing Socio-Economic Status Indices: How to Use Principal Components Analysis. [Text] / S. Vyas, L. Kumaranayake // Published by Oxford University Press in association with The London School of Hygiene and Tropical Medicine. All rights reserved. doi:10.1093/heapol/czl029. Advance Access publication 9 October 2006.

Интегральные индикаторы качества жизни населения субъектов  
Российской Федерации за 2007–2014 годы (2015 г. – оценка)

№ п/п	Субъект РФ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Белгородская обл.	75.9	79.3	83.7	83.8	86.5	92.0	93.3	93.7	94.8
2	Брянская обл.	51.1	53.0	59.9	57.4	60.8	64.8	65.6	66.1	66.4
3	Владимирская обл.	50.3	54.9	61.2	60.3	63.8	66.3	68.0	65.6	65.0
4	Воронежская обл.	63.9	65.4	68.9	67.9	73.5	79.5	80.3	80.6	79.6
5	Ивановская обл.	44.3	49.7	51.4	49.8	54.5	58.4	61.5	61.5	60.1
6	Калужская обл.	56.9	60.3	65.9	64.6	70.5	72.7	73.4	74.6	75.0
7	Костромская обл.	53.0	54.2	58.7	58.2	60.0	65.9	68.6	68.9	70.4
8	Курская обл.	55.9	60.8	66.3	68.3	69.8	75.7	78.2	76.6	77.8
9	Липецкая обл.	66.7	66.4	71.4	71.5	75.3	78.9	81.5	82.3	81.0
10	Московская обл.	70.2	75.9	83.5	84.1	88.8	91.3	92.5	91.6	92.0
11	Орловская обл.	57.2	62.7	66.4	63.4	69.9	72.5	75.7	75.1	76.3
12	Рязанская обл.	57.1	62.4	67.8	66.8	71.7	73.4	77.4	75.7	75.8
13	Смоленская обл.	45.1	50.2	56.3	55.0	61.0	64.2	68.8	69.5	71.2
14	Тамбовская обл.	58.8	62.0	65.3	65.2	68.0	69.8	74.7	72.1	73.3
15	Тверская обл.	42.3	46.0	52.9	50.4	56.4	61.2	64.8	63.7	65.6
16	Тульская обл.	44.0	49.4	58.0	58.0	63.8	67.0	66.6	68.4	68.1
17	Ярославская обл.	54.7	59.8	66.4	63.6	68.2	69.6	71.9	77.2	77.6
18	г. Москва	<b>100.0</b>	100.6	104.4	104.4	107.3	107.6	109.7	105.4	105.9
19	Республика Карелия	48.9	52.5	57.2	53.0	59.2	61.9	66.3	63.8	65.8
20	Республика Коми	49.8	52.8	56.9	55.3	61.3	64.4	67.6	67.8	70.4
21	Архангельская обл.	49.3	53.0	59.0	54.5	60.2	63.1	63.5	65.6	66.4
22	Ненецкий АО	38.0	50.7	55.1	50.9	57.3	66.5	62.9	71.5	68.6
23	Вологодская обл.	53.6	54.9	57.2	52.1	58.6	63.3	66.7	69.1	71.6
24	Калининградская обл.	60.3	61.5	69.4	70.0	76.5	80.2	81.1	77.7	79.3
25	Ленинградская обл.	48.6	53.4	64.1	60.6	66.8	70.8	72.6	73.9	74.2
26	Мурманская обл.	67.2	68.3	73.2	75.8	74.5	77.7	82.6	77.5	79.0
27	Новгородская обл.	40.4	42.3	52.7	49.0	54.5	60.3	61.7	63.4	63.7
28	Псковская обл.	39.4	39.2	47.5	43.4	50.0	52.9	58.1	61.3	64.2
29	г. Санкт-Петербург	76.3	78.8	85.1	83.0	89.5	92.3	94.5	90.7	92.1
30	Республика Адыгея	60.8	64.9	72.9	71.1	79.3	83.2	85.4	84.9	83.5
31	Республика Калмыкия	47.6	51.2	56.4	49.4	57.7	61.2	62.5	62.4	62.4
32	Краснодарский край	67.8	71.2	78.6	76.3	77.4	82.5	86.3	84.9	85.3
33	Астраханская обл.	47.3	51.2	57.2	54.8	59.9	63.3	67.9	67.7	69.2
34	Волгоградская обл.	59.9	61.5	63.2	62.6	64.8	65.7	69.1	70.9	72.6
35	Ростовская обл.	63.1	66.2	71.6	70.1	71.8	76.1	78.8	78.5	80.6
36	Республика Дагестан	68.8	71.0	72.4	73.0	77.4	79.2	78.6	81.3	82.5
37	Республика Ингушетия	81.3	86.2	83.8	81.6	81.4	84.7	86.6	80.2	83.0
38	Кабардино-Балкарская Республика	76.2	82.3	81.4	79.5	81.3	84.2	85.8	84.6	87.3
39	Карачаево-Черкесская Республика	69.2	72.9	76.5	74.9	76.6	79.0	82.2	82.1	84.4

Окончание приложения

№ п/п	Субъект РФ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
40	Республика Северная Осетия	83.6	81.7	86.3	87.5	88.5	93.4	94.1	95.7	96.7
41	Чеченская Республика	74.6	77.9	80.4	81.9	79.4	78.7	81.6	83.0	79.6
42	Ставропольский край	67.4	69.3	72.4	74.6	77.0	80.9	85.3	80.8	81.2
43	Республика Башкортостан	64.0	66.4	69.1	67.4	71.3	73.3	75.1	72.2	72.6
44	Республика Марий Эл	41.8	43.2	52.3	47.3	51.2	54.5	57.7	61.4	61.6
45	Республика Мордовия	61.0	64.0	66.3	65.5	67.7	69.8	71.6	72.3	71.7
46	Республика Татарстан	72.1	74.8	78.0	78.0	81.6	86.0	87.2	85.2	86.4
47	Удмуртская Республика	47.8	51.5	57.3	57.8	61.7	66.0	68.1	63.1	64.3
48	Чувашская Республика	47.0	50.2	57.0	52.8	57.7	61.5	62.6	63.9	64.8
49	Пермский край	40.4	44.5	48.2	46.6	51.8	56.5	60.4	60.4	62.2
50	Кировская обл.	46.8	49.3	55.4	51.5	56.0	59.1	61.6	64.2	64.3
51	Нижегородская обл.	52.2	57.1	63.5	62.6	68.2	71.6	75.3	74.6	74.4
52	Оренбургская обл.	52.6	53.7	58.6	58.5	61.1	63.4	65.6	63.7	63.5
53	Пензенская обл.	61.5	64.1	69.4	67.8	72.7	78.1	78.2	75.1	75.5
54	Самарская обл.	64.9	64.8	64.4	65.3	69.1	72.5	71.8	73.8	72.3
55	Саратовская обл.	59.8	63.0	65.4	65.9	67.7	71.0	73.8	73.4	73.8
56	Ульяновская обл.	57.5	61.3	65.4	63.1	66.6	71.9	70.7	70.2	69.9
57	Курганская обл.	44.6	45.7	49.7	48.0	51.9	54.1	56.1	54.2	54.2
58	Свердловская обл.	57.6	58.8	60.7	62.2	64.1	66.8	70.9	71.3	72.2
59	Тюменская обл.	64.0	66.4	66.6	70.2	75.1	78.5	73.4	71.6	69.2
60	Ханты-Мансийск. АО – Югра	74.1	76.5	79.0	78.1	81.3	84.8	86.6	85.2	86.4
61	Ямало-Ненецкий АО	71.1	76.2	80.9	78.3	79.1	81.1	85.9	86.5	89.0
62	Челябинская обл.	56.4	58.7	61.6	60.6	63.1	64.5	68.0	65.9	68.2
63	Республика Алтай	37.8	38.6	40.4	39.4	45.3	48.4	48.3	49.6	49.4
64	Республика Бурятия	37.3	37.9	42.5	42.8	45.3	48.9	54.9	50.7	52.4
65	Республика Тыва	0	6.7	9.8	8.1	14.8	14.0	20.5	24.9	26.8
66	Республика Хакасия	47.7	48.8	50.5	50.8	52.4	53.3	59.0	60.2	63.1
67	Алтайский край	46.3	49.3	51.8	48.2	53.2	54.8	58.6	55.6	56.0
68	Забайкальский край	34.8	37.3	45.7	40.0	46.0	48.6	50.3	54.7	55.7
69	Красноярский край	52.7	53.6	55.2	55.5	59.2	61.2	63.1	63.3	64.7
70	Иркутская обл.	38.4	39.4	39.2	38.4	41.2	45.3	46.2	46.5	48.2
71	Кемеровская обл.	38.8	41.9	45.3	39.8	46.2	49.1	53.1	53.2	57.0
72	Новосибирская обл.	52.5	57.1	61.0	61.7	65.2	67.3	69.5	69.1	69.3
73	Омская обл.	53.6	57.9	61.3	61.9	67.3	68.2	66.1	64.2	63.1
74	Томская обл.	61.3	61.1	61.8	63.7	68.2	70.2	72.6	70.5	71.1
75	Республика Саха (Якутия)	55.9	54.0	57.7	55.8	60.8	64.3	67.0	69.7	70.9
76	Камчатский край	59.2	62.3	66.4	63.1	64.8	69.0	71.9	71.1	73.2
77	Приморский край	41.4	45.1	51.9	50.9	52.6	57.7	58.9	61.4	63.2
78	Хабаровский край	44.2	45.9	52.5	52.1	54.6	60.0	63.3	60.9	63.8
79	Амурская обл.	35.6	33.9	38.6	36.6	39.9	45.5	52.8	55.5	58.2
80	Магаданская обл.	40.6	38.6	50.5	48.9	57.3	57.8	64.1	60.4	61.3
81	Сахалинская обл.	45.2	47.0	51.0	51.4	55.6	58.2	64.5	64.2	66.1
82	Еврейская авт. обл.	26.3	32.3	34.6	31.2	31.8	38.0	42.2	39.4	44.1
83	Чукотский авт. округ	32.2	40.7	44.1	34.2	48.7	47.8	45.8	51.1	52.0



## Сведения об авторе

Татьяна Валентиновна Жгун — кандидат физико-математических наук, заместитель заведующего кафедрой, Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого (Российская Федерация, 173003, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41; e-mail: zhtv@mail.ru)

Zhgun T.V.

## Building an Integral Measure of the Quality of Life of Constituent Entities of the Russian Federation Using the Principal Component Analysis

**Abstract.** Social policy just like any other type of policy is an element of the management system. For effective social policy it is necessary to know the trends and quantitative characteristics of social development dynamics. The purpose for the research is to build an objective composite index to measure and compare the quality of life in constituent entities of the Russian Federation. Such an index is particularly useful in Russia which is undergoing the process of transformations amid increasing social and economic inequality. Objective complex assessment of the quality of life can play a major role in reducing such inequality in Russia. The author implements the algorithm of building a latent integral characteristic of system quality change based on statistical indicators for a series of sequential observations on the basis of principal components analysis given the measurement noise (SNR-based algorithm). As opposed to the classic principal components analysis where the information capacity of the calculated integral characteristic set a priori and is provided by selecting a number of principal components, in the proposed algorithm the information capacity is estimated a posteriori, based on variance criteria and the selected signal-to-noise ratio characterizing data variability. When building an objective indicator of the quality of life the author uses methods of multivariate analysis and the signal detection theory. With the use of the proposed algorithm the author builds integral indicators of the quality of life of constituent entities of the Russian Federation in 2007–2014. It is concluded that an objective approach is required when building the integral index of the quality of life for the subjects of the Russian Federation. The proposed algorithm is resistant to the changes in input data. The method can be used for assessing the quality of life in the territorial units of any level and for calculating integral estimates of the quality change in any poorly formalized system.

**Keywords:** integral index, measurement error, quality of life, development, principal components analysis, measurement error.

## References

1. Ajvazjan S.A. *Integral'nye indikatory kachestva zhizni naselenija: ih postroenie i ispol'zovanie v social'no-jekonomicheskom upravlenii i mezhregional'nyh sopostavlenijah* [Integrated indicators of the quality of life: their construction and use in social and economic management and interregional comparisons]. Moscow: CJEMI RAN, 2000. 56 p. (In Russian).
2. Ajvazjan S.A. *Rossija v mezhstranovom analize sinteticheskikh kategorij kachestva zhizni naselenija. Chast' I. Metodologija analiza i primer ee primeneniya* [Russia in cross-country analysis of synthetic categories of the quality of life. Part I. Methodology of analysis and an example of its application]. *Mir Rossii* [Universe of Russia], 2010, volume 10, no. 4, pp. 59–96. (In Russian).

3. Ajvazjan S.A., Stepanov V.S., Kozlova M.I. *Izmerenie sinteticheskikh kategorij kachestva zhizni naselenija regiona i vyjavlenie ključevyh napravlenij sovershenstvovanija social'no-jekonomicheskoj politiki (na primere Samarskoj oblasti i ee municipal'nyh obrazovanij)* [Measurement of synthetic categories of quality of life of the population of the region and identify key areas of improvement in socio-economic policy (in the Samara region and its municipalities an example)]. *Prikladnaja Ekonometrika* [Applied econometrics], no. 3(19), 2009, pp.18–84. (In Russian).
4. Gajdamak I.V., Hohlov A.G. Modelirovanie integral'nyh pokazatelej kachestva zhizni naselenija juga Tjumenskoj oblasti. [Modeling of integral indicators of quality of life of the population of the South of the Tyumen region]. *Vestnik Tjumenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Tumen State University], 2009, no. 6, pp. 176–186. (In Russian).
5. Isakin M.A. Modifikacija metoda  $k$ -srednih s neizvestnym chislom klassov [Modification of the K-means method with an unknown number of classes]. *Prikladnaja Ekonometrika* [Applied econometrics], 2006, issue 4, pp. 62–70. (In Russian).
6. Zadesenec E.E., Zarakovskij G.M., Penova I.V. Metodologija izmerenija i ocenki kachestva zhizni naselenija Rossii [Methodology of measuring and assessing the quality of life in Russia ]. *Mir izmerenij* [The world of measurement], 2010, no. 2, pp. 37–44. (In Russian).
7. Zhgun T.V. Vychislenie integral'nogo pokazatelja jeffektivnosti funkcionirovanija dinamicheskoj sistemy na primere integral'noj ocenki demograficheskogo razvitiya municipal'nyh obrazovanij Novgorodskoj oblasti [Calculation of an Integrated Indicator of Efficiency of Functioning of Dynamic System on the Example of an Integrated Assessment of Demographic Development of Municipalities of the Novgorod Region]. *Vestnik NovGU. Seriya: fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of Novgorod State University. Issue: Physico-Mathematical Sciences. Series: Physico-Mathematical Sciences], 2013, no. 75, volume 2, pp. 11–16. (In Russian).
8. Zhgun T.V. Postroenie integral'noj harakteristiki izmenenija kachestva sistemy na osnovanii statisticheskikh dannyh kak reshenie zadachi vydelenija signala v uslovijah apriornoj neopredelennosti [Building an integrated characteristic of change in system quality on the basis of statistical data as a solution to the issue of signal detection amid aprioristic uncertainty]. *Vestnik NovGU. Seriya: Tekhnicheskie nauki* [Bulletin of Novgorod State University. Series: Engineering sciences], 2014, no. 81, pp.10–16.
9. Zhgun T.V. Issledovanie formal'nyh metodov postroenija latentnoj harakteristiki kachestva system [Studying formal methods of creation of latent characteristic of system quality]. *Vestnik NovGU. Seriya: fiziko-matematicheskie nauki* [Bulletin of Novgorod State University. Issue: Physico-Mathematical Sciences], 2014, no 80, pp.13–19. (In Russian).
10. Molchanova E.V., Kruchek M.M., Kibisova Z.S. Postroenie reitingovykh otsenok sub"ektov Rossijskoj Federatsii po blokam sotsial'no-jekonomicheskikh pokazatelej [Building of the rating assessments of the Russian Federation subjects by the blocks of socio-economic indicators]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], 2014, no. 3 (33), pp. 196–208. Available at: <http://esc.isert-ran.ru/article/539/full>. (In Russian).
11. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. OECD Publication. Paris CEDEX 16, 2008. 162 p.
12. Strizhkova L.A., Zlatoverhovnikova T.V. Kachestvo zhizni v rossijskikh regionah (dinamika, mezhregional'nye sopostavlenija) [Quality of life in Russian regions (dynamics, inter-regional comparisons)]. *Ekonomist* [The Economist], 2002, no. 10, pp. 67–76. (In Russian).
13. Strizhkova L.A., Zlatoverhovnikova T.V. Integral'nyi indikator kachestva zhizni naseleniya – IIKZh (sravnitel'naya kharakteristika regionov Rossii) [The integral indicator of the quality of life (comparative characteristic of Russian regions)]. *Upravlenie obshchestvennymi ekonomicheskimi sistemami* [Management of social economic systems], 2012, no. 2(2). (In Russian).
14. Hightower W.L. Development of an Index of Health Utilizing Factor Analysis. *Medical Care*, 1978, no. 16, pp. 245–255.
15. Krishnan V. Constructing an Area-based Socioeconomic Index: A Principal Components Analysis Approach. *Early Child Development Mapping Project (ECMap)*, Community-University Partnership (CUP), Faculty of Extension, University of Alberta, Edmonton, Alberta T5J 4P6, CANADA.
16. Lindman C., Sellin J. Measuring Human Development. The Use of Principal Component Analysis in Creating an Environmental Index. *University essay from Uppsala University*, Uppsala, 2011, 45 p.
17. Manly B. *Multivariate Statistical Methods*. London: A Primer. Chapman and Hall/CRC, 2004. 208 p.



18. McKenzie D. J. Measuring Inequality with Asset Indicators. *Journal of Population Economics*, 2005, volume 18, issue 2, pp. 229–260.
19. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. *Tools for Composite Indicators Building*. European Commission, EUR 21682 EN. Joint Research Centre, Ispra, Italy, 2005.
20. Nicoletti G., Scarpetta S., Boylaud O. Summary Indicators of Product Market regulation with an Extension to Employment Protection Legislation. *Economics Department Working Papers NO. 226*, ECO/WKP(99)18, 2000.
21. Saltelli A. Composite Indicators Between Analysis and Advocacy. *Social Indicators Research*, March 2007, volume 81, issue 1, pp. 65–77.
22. Saltelli A., Munda G., Nardo M. From Complexity to Multidimensionality: the Role of Composite Indicators for Advocacy of EU Reform. *Tijdschrift voor Economie en Management*, 2006, volume LI, no. 3.
23. Somarriba N., Pena B. Synthetic Indicators of Quality of Life in Europe. *Social Indicators Research*, 2009, volume 94, issue 1, pp. 115–133.
24. Tarantola S., Saisana M., Saltelli A. *Internal Market Index 2002: Technical Details of the Methodology*. JRC European Commission. Institute for the Protection and Security of the Citizen Technological and Economic Risk Management Unit I-21020 Ispra (VA) Italy, 2002.
25. Vyas S., Kumaranayake L. *Constructing Socio-Economic Status Indices: How to Use Principal Components Analysis*. Oxford University Press, London School of Hygiene and Tropical Medicine, 2006.

### Information about the Author

Tat'yana Valentinovna Zhgun – Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Deputy Head of Department (41, Bol'shaya Sankt-Peterburgskaya Street, Veliky Novgorod, 173003, Russian Federation, zhtv@mail.ru)

Статья поступила 26.09.2016.