

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА

А.В. Мухачева, Е.Я. Пастухова, А.Н. Кирюхина

Кемеровский государственный университет (Кемерово, Россия)

Информация о статье

Дата поступления
1 марта 2020 г.

Дата принятия в печать
10 мая 2020 г.

Тип статьи

Аналитическая статья

Аннотация. Актуальность статьи обуславливается признанием качества жизни населения бесспорным приоритетом и ключевым фактором социально-экономического развития региона, с одной стороны, и необходимостью непрерывного совершенствования математических и экономико-статистических методов его моделирования и оценки – с другой. Несмотря на обилие методологического и методического инструментария для оценки качества жизни в разрезе его видов и сфер закономерно прогнозирование их дальнейшего развития и детализации, адаптации под нужды конкретного региона, запросы конкретных органов власти. Целью статьи является рассмотрение возможностей математического моделирования качества жизни населения региона, задачами – исследование отечественной и зарубежной практики, применяемых в этой связи методов и моделей, изучение их преимуществ и недостатков, разработка авторской модели оценки качества жизни населения на основе экономико-статистических методов и ее апробации на примере Кемеровской области. Аналитическая база была сформирована на основе собранных за 16 лет (2003–2018 гг.) 25 социально-экономических показателей, 16 из которых характеризуют качество жизни населения, 9 – уровень экономического развития и затраты на социальную сферу. Далее собранный эмпирический материал был проанализирован в трех разрезах: изучена общая динамика показателей качества жизни, масштаб и синхронность их изменения в кризисные периоды в экономике; проведен корреляционный анализ взаимосвязи показателей качества жизни и уровня экономического развития, затрат на социальную сферу; осуществлен регрессионный и факторный анализ методом главных компонент качества жизни населения и влияния на отдельные его элементы индикаторов уровня экономического развития. Результаты исследования позволили констатировать синхронное проседание практически всех показателей качества жизни населения в кризисные периоды в экономике в 2009, 2015–2017 гг. Корреляционный анализ выявил наиболее тесную взаимосвязь показателей уровня экономического развития и затрат на социальную сферу с демографическими показателями, индикаторами развития здравоохранения, культуры, охраны экологии, правопорядка. Факторный анализ позволил расчленить показатели уровня экономического развития базовых и индексных факторы (по содержательной характеристике входящих в них индикаторов). Результаты факторного анализа качества жизни позволили выявить три фактора: обусловливаемый экономически в значительной степени и охватывающий первичные потребности; обусловливаемый экономически в средней степени и охватывающий вторичные потребности; уровень безработицы.

Ключевые слова

Качество жизни, уровень экономического развития, математическая модель, экономико-статистические методы, регион, управление

Статья написана при поддержке внутривузовского гранта ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

MATHEMATICAL MODELING OF THE QUALITY OF LIFE OF THE REGION'S POPULATION

A.V. Mukhacheva, E.Ya. Pastukhova, A.N. Kiryukhina

Kemerovo State University (Kemerovo, Russia)

Article info

Received
March 1, 2020

Accepted
May 10, 2020

Type paper

Analytical paper

Abstract. The relevance of the article is determined by the recognition of the quality of life of the population as an indisputable priority and a key factor in the socio-economic development of the region, on the one hand, and the need for continuous improvement of mathematical and economic-statistical methods of its modeling and evaluation, on the other. Despite the abundance of methodological and methodological tools for assessing the quality of life in the context of its types and spheres, it is natural to forecast their further development and detailing, adaptation to the needs of a particular region, and requests from specific authorities. The aim of the article is to consider the possibilities of mathematical modeling of the quality of life of the region's population, the tasks are to study domestic and foreign practices, the methods and models used in this regard, study their advantages and disadvantages, develop an author's

model for assessing the quality of life of the population on the basis of economic and statistical methods and its testing on the example of the Kemerovo region. The analytical base was formed on the basis of 25 socio-economic indicators collected over 16 years (2003-2018), 16 of which characterize the quality of life of the population, 9 – the level of economic development and costs for the social sphere. Further, the empirical material collected was analyzed in three sections: the general dynamics of the indicators of quality of life, the scale and synchronism of their changes in crisis periods in the economy were studied; a correlation analysis of the relationship between indicators of quality of life and the level of economic development, the costs of the social sphere; Regression and factor analysis was carried out using the main components of the quality of life of the population and the impact on its individual elements of indicators of the level of economic development. The results of the study made it possible to ascertain the synchronous subsidence of almost all indicators of the quality of life of the population during crisis periods in the economy in 2009, 2015-2017. Correlation analysis revealed the closest relationship between indicators of the level of economic development and social spending with demographic indicators, indicators of the development of health care, culture, and the protection of the environment of law and order. Factor analysis made it possible to separate the indicators of the level of economic development of the basic and index factors (according to the meaningful characteristics of their indicators). The results of the factor analysis of the quality of life revealed three factors: to a large extent economically determined and covering primary needs, to a medium degree economically determined and covering secondary needs, the unemployment rate.

Keywords

Quality of life, level of economic development, mathematical model, economic and statistical methods, region, management

Acknowledgements. This article was written with the support of an intra-university grant from the Kemerovo State University.

1. Введение. Повышение качества жизни – бесспорный и бесспорный приоритет, ключевая стратегическая задача развития территорий любого уровня [1; 2]. Под качеством жизни населения мы понимаем степень удовлетворения жизнеобеспечивающих, социальных и духовных потребностей человека [3]. Управление качеством жизни на федеральном, региональном и муниципальном уровне невозможно без использования современных систем математического и компьютерного моделирования [4; 5]. Внедрение системы управления качеством жизни с опорой на соответствующие программные продукты позволяет органам власти выявлять закономерности изменений и связи между ними, формировать верное представление о приоритетах развития, солидарную ответственность за всё происходящее на территории [6; 7].

2. Обзор литературы. Общие подходы к исследованию качества жизни разделяются в рамках такой ключевой дихотомии, как выделение объективного и субъективного его видов. Объективное качество жизни изучается извне и преимущественно на основе открытых статистических данных о различных сферах общественного бытия (известны методики С.А. Айвазяна, В.В. Косова, В.В. Дробышевой, Б.И. Герасимовой), субъективное – оценивается изнутри как ощущаемая удовлетворенность различными аспектами жизни в основном с помощью социологического инструментария, различных

опросников (наиболее популярные методики разработаны А.А. Щербаковой, А.А. Забавской, Г.Н. Савченко, Г.М. Головиной, С. Любомирски, Е. Динером и К. Райаном). Существуют также попытки интегрировать оба подхода, предпринятые сотрудниками Научно-исследовательской лаборатории по проблемам качества жизни – М.Н. Алферовой, В.П. Бабинцевым, А.Л. Беловым, а также независимыми исследователями – М.Ш. Салимовым, Е.В. Панкратовой, В. Глатзером и Х. Мора [8].

Сложность моделирования систем управления качеством жизни, формирования механизмов целеполагания и пересмотра критериев управления, а также средств поддержки принятия стратегических решений для социально-экономических систем различного уровня обуславливает необходимость поиска новых методологических подходов. Сегодня всё более широко используются методы оптимизации в математических моделях различных социально-экономических систем, экспертная оценка и прогноз качества жизни населения, развивается универсальный математический и компьютерный инструментарий и его применение для новых форматов пространственного развития [9].

Для имитации поведения сложных социально-экономических систем, к которым относятся и муниципальные образования, более всего подходят быстро прогрессирующие агент-ориентированные модели (АОМ) [10]. Основ-

ная идея, лежащая в основе моделей этого класса, заключается в построении вычислительно-инструмента, представляющего собой совокупность агентов с определенным набором свойств и позволяющего проводить симуляции реальных явлений. От объектно-ориентированных моделей АОМ отличаются «активностью» своих элементов, каждый из которых обладает не только заданным набором личностных характеристик («ресурсов»), но и целевой функцией («интересами»), на основе чего имитируется его реакция на изменения внешней среды, затрагивающие сферу его интересов («поведение»). Появление АОМ можно рассматривать как результат эволюции методологии моделирования, а именно перехода от мономodelей (одна модель – один алгоритм) к мультимodelям (одна модель – множество независимых алгоритмов). Таким образом, АОМ – искусственное общество, состоящее из взаимодействующих самостоятельных агентов, поэтому данный инструмент позволяет смоделировать систему, максимально приближенную к реальности. В настоящее время обозначились две основные тенденции развития АОМ: суперкомпьютерное моделирование и разработка АОМ на базе геоинформационных систем [11; 12].

Отдельные исследователи применяют когнитивные модели для описания качества жизни. Когнитивные карты как метод исследования впервые были предложены Робертом Аксельродом в 1976 г. [13]. Они предназначались для моделирования, анализа ситуации и принятия решения в ситуациях с высокой степенью неопределенности. Дальнейшее развитие когнитивных карт наблюдается в направлении совершенствования аппарата анализа и моделирования, например в работах Э.А. Трахтенгерца и Л.Н. Столярова [13; 14].

Когнитивное моделирование активно используется в исследованиях проблем энергетической безопасности. Когнитивная карта – это вид математической модели, представленной в виде графа и позволяющей описывать восприятие человеком или группой людей какого-либо сложного объекта или системы. Из теории графов в когнитивных картах используются три понятия: циклы, пути и компоненты. В частности, элементы изучаемой системы называются концептами, в графе они представляются вершинами, причинно-следственные связи – направленными дугами. Таким образом,

когнитивное моделирование – мощный исследовательский инструмент, который позволяет охарактеризовать составляющие и структуру сложных систем, к которым можно отнести качество жизни в силу его субъективного характера. С учетом этого авторами адаптирован метод когнитивного моделирования в области исследования качества жизни [15].

Большинство же математических моделей качества жизни населения базируется на экономико-статистических методах обработки статистических данных открытых источников [16]. Так, широкий перечень показателей для оценки качества жизни использует рейтинговое агентство «РИА Рейтинг», среди которых 61 показатель, объединенный в 10 групп: уровень доходов населения; жилищные условия населения; обеспеченность объектами социальной инфраструктуры; экологические и климатические условия; безопасность проживания; демографическая ситуация; здоровье населения и уровень образования; освоенность территории и развитие транспортной инфраструктуры; уровень экономического развития; развитие малого бизнеса¹.

При этом применение большого количества индикативных показателей для достоверного исследования качества жизни населения не только значительно осложняет процесс самого исследования, но и увеличивает срок его проведения. Применение в исследовании минимального количества индикативных показателей вызывает опасение, что полученные результаты сомнительны и не вполне достоверно описывают объективно существующую реальность².

Многие исследователи пытаются определить математическими методами зависимость между уровнем экономического развития и качеством жизни населения [17]. Так, Е.Д. Емцева, В.О. Морозов, Э.З. Черкасова построили соответствующее уравнение регрессии, которое характеризует наличие прямой зависимости ВРП от коэффициента «брачности», процента работающих в организациях, среднемесячной заработной платы, площади жилищного фонда, оборудованной водопроводом и центральным отоплением, оборотов общественного питания, розничной торговли и объемов бытовых услуг, и обратной – с оставшимися факторами. В работе использовались обработанные с помощью пакета *STATA* статистические данные по 80 регионам за 2008–2013 гг.

(6 лет), построены регрессионные модели сквозных регрессий и регрессий по главным компонентам [18].

Известна система оценки качества жизни С.А. Айвазяна, выделяющего пять основных сфер качества жизни: качество населения (определяемого через возможности воспроизводства здоровья, формирования семей, высокого уровня культуры и образования, квалификации), благосостояние населения (характеризующегося стандартно бюджетом домохозяйств, обеспеченностью частной собственностью, инфраструктурой, самодостаточностью территории в экономическом развитии), качество социальной сферы (анализируемой посредством рассмотрения условий труда, безопасности, признаков социальной патологии, социально-политического здоровья), качество экологической ниши (обусловленной состоянием воздуха, воды, почв, разнообразия флоры и фауны, экосистем), природно-климатические условия (определяемых наличием и объемом природных ресурсов, климатических условий, числом природных катастроф) [19]. Рассмотренная методика является одной из наиболее комплексных и включает в себя свертку частных показателей, доступных в открытых источниках статистической информации, однако и наиболее трудоемкой, требующей специальной подготовки.

Математическое моделирование применимо также к оценке субъективного качества жизни, которое, по мнению ряда ученых, позволяет сформировать более точную картину удовлетворенности человека различными аспектами своего бытия [20]. В данном случае может использоваться формирование индивидуальной когнитивной карты своего качества жизни на основе расстановки приоритетов различных сфер и их оценки в качественном отношении [21]. Целый ряд исследований качества жизни и отдельных его сфер основан на методах аппроксимации (прогнозирование будущих значений на основе предыдущих данных) [22; 23]. Данный метод заложен в том числе в регрессионный анализ данных о качестве жизни населения.

Как следствие, можно констатировать большое многообразие моделей оценки качества жизни населения и его составляющих, однако преобладают экономико-статистические модели, опирающиеся на открытые источники информации как наиболее полные, информативные и удобные в применении.

3. Гипотезы и методы исследования.

В своем исследовании качества жизни мы также сосредоточились на оценке с помощью математической и экономико-статистической обработки открытых данных о социально-экономическом развитии региона. В целях анализа качества жизни населения Кемеровской области нами была изучена динамика 25 социально-экономических показателей Кемеровской области, открыто публикуемых статистическими службами, 16 из которых характеризуют качества жизни, 9 – уровень экономического развития и затраты на социальную сферу. Аналитическая база охватывает период в 16 лет (2003–2018 гг.) и включает последние из имеющихся данных федеральных и региональных органов статистики. Обработка данных производилась в программах *SPSS* (версия 19,0), *Statistica*, *MS Excell*.

Все показатели качества жизни были разбиты на два блока в зависимости от того, рост или снижение их способствуют улучшению качества жизни. Среди показателей, рост которых положительно сказывается на качестве жизни, приняты следующие:

- естественный прирост (убыль) населения, промилле;
- ожидаемая продолжительность жизни, лет;
- миграционный прирост (убыль) на 10 тыс. чел. населения;
- реальные денежные доходы, руб.;
- численность врачей на 10 тыс. чел. населения;
- численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры, на 10 тыс. чел. населения;
- число зрителей в профессиональных театрах на 1 тыс. чел. населения;
- охват детей дошкольными образовательными учреждениями, в процентах от численности детей соответствующего возраста [24].

В качестве показателей, снижение которых положительно образом сказывается на качестве жизни, исследованы следующие:

- отношение числа разводов на 1 тыс. браков;
- масштаб бедности, %;
- коэффициент фондов;
- уровень безработицы, %;
- общая заболеваемость, %;
- коэффициент младенческой смертности;
- выбросы в атмосферу от стационарных источников, тонн на душу населения;

• число зарегистрированных преступлений, на 100 тыс. чел. населения.

Разделение показателей на два блока в зависимости от того, рост или снижение их влияет на качество жизни населения, позволило применять к каждому из блоков специализированные формулы для стандартизации данных. Приведение данных к единой шкале (стандартизация) позволяет унифицировать размерность представленных значений показателей, обеспечить лучшую возможность их сопоставления, а также – расчета интегрального показателя качества жизни с учетом того, что ряд индикаторов влияет на его повышение, а ряд – на снижение.

Для нормирования показателей был применен метод минимакса. Для показателей, рост которых положительно влияет на качество жизни населения, использовалась формула:

$$X_j = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times N,$$

где X_j – нормированное значение; X_i – исходное значение; X_{\max} , X_{\min} – максимальные и минимальные значения соответственно; N – число наблюдений.

В таком случае, чем выше значение исходной переменной, тем выше ее значение по шкале нормированных значений.

Для показателей, снижение которых положительно влияет на качество жизни, применим другую формулу:

$$X_j = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}} \times N.$$

Следовательно, чем выше исходное значение показателя, тем ниже будет его нормированное значение в новой шкале.

Далее авторами были рассчитаны значения интегрального показателя качества жизни как среднеарифметическое от нормированных значений всех социальных показателей, приведенных к сопоставимому виду.

Следующей задачей исследования было выявление зависимости показателей качества жизни от динамики индикаторов уровня экономического развития, в качестве которых были рассмотрены индекс физического объема ВРП на душу населения (в процентах к предыдущему году), индекс промышленного производства (в процентах к предыдущему году), число предприятий и организаций, число созданных производственных технологий, удель-

ный вес расходов на социально-культурные мероприятия в общем объеме расходов консолидированного бюджета (в процентах), индекс физического объема инвестиций в основной капитал (в процентах к предыдущему году), удельный вес убыточных предприятий (в процентах), ВРП (в сопоставимых ценах), инвестиции в основной капитал (в сопоставимых ценах).

Для описания «тесноты» взаимосвязи количественных показателей в математическом анализе традиционно использовался показатель корреляции, представляющий собой меру зависимости переменных, вероятностной или статистической. Корреляция Пирсона определяет степень, с которой значения двух переменных «пропорциональны» друг другу.

На третьем этапе анализа нами был применен факторный анализ методом главных компонент для выделения ключевых факторов из числа показателей уровня экономического развития и затрат на социальную сферу, влияющих на интегральный показатель качества жизни населения. Данный математический метод призван выявить латентные переменные, влияющие на качество жизни населения, и сгруппировать частные экономические показатели.

4. Результаты исследования. Расчет интегральных значений по каждому блоку показателей качества жизни представлен в табл. 1 (в скобках указано число показателей).

Динамика составляющих индекс качества жизни интегральных показателей за 2003–2018 гг. отображена на графике.

Как видно из представленных данных, практически все показатели качества жизни по укрупненным блокам имеют схожую динамику: рост до 2007–2008 гг. сменяется резким снижением в 2009 г., после чего снова следует рост до 2013–2014 гг., некоторое снижение в 2015–2017 гг. и снова плавный рост в 2018 г. Указанная динамика не прослеживается только в отношении демографических показателей, которые демонстрировали плавный рост до 2013 г., затем перешли в некоторое колебание с 2014 г. (периода введения экономических санкций) и наметили тенденцию к снижению вплоть до 2018 г. Предполагается, что демографические показатели могут реагировать с некоторыми запозданием на общие социально-экономические процессы.

Следовательно, в динамике укрупненных показателей качества жизни наблюдается два кризисных периода: первый острый в 2009 г. и

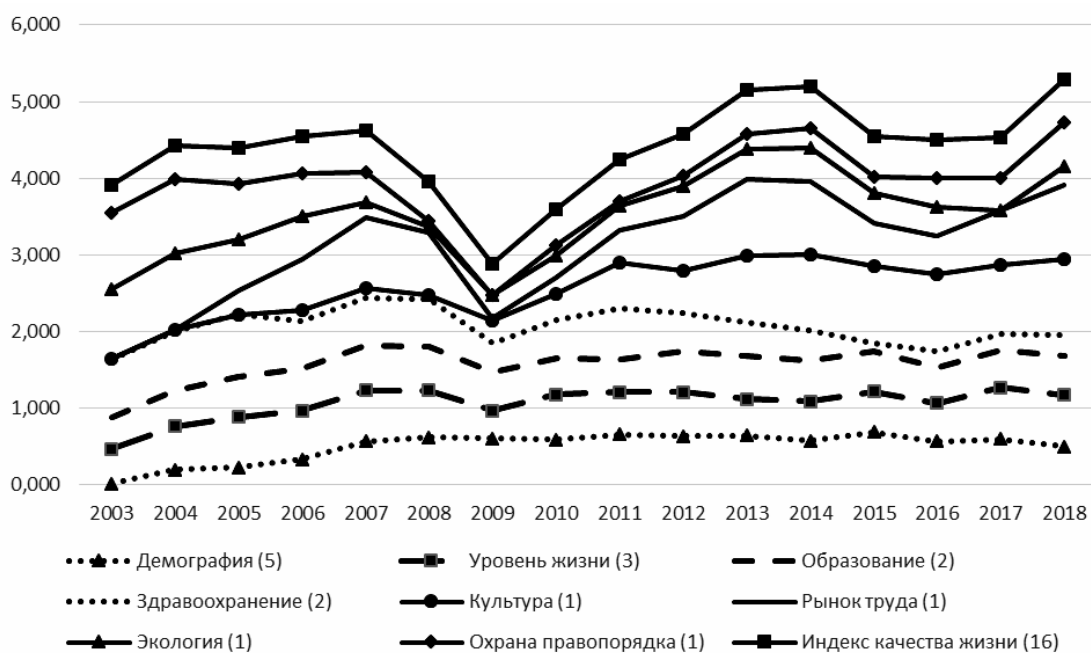
второй сглаженный – в 2015–2017 гг. Данные периоды совпадают с границами экономических кризисов в России: мирового финансово-экономического кризиса 2008 г. и менее явно-

го (и не всеми признаваемого) санкционного кризиса 2014 г. Именно после указанных периодов наблюдается видимое сокращение показателей качества жизни.

Таблица 1. Интегральные показатели по отдельным блокам качества жизни

Table 1. Integral indicators for individual life quality blocks

Годы	Демография (5)	Уровень жизни (3)	Образование (2)	Здравоохранение (2)	Культура (1)	Рынок труда (1)	Экология (1)	Охрана правопорядка (1)	Индекс качества жизни (16)
2003	0,012	1,371	0,412	0,755	0,000	0,000	0,917	1,000	0,355
2004	0,192	1,710	0,463	0,779	0,015	0,000	1,000	0,964	0,446
2005	0,223	1,983	0,529	0,805	0,000	0,316	0,664	0,728	0,467
2006	0,333	1,899	0,554	0,608	0,152	0,658	0,569	0,556	0,489
2007	0,564	2,009	0,578	0,628	0,121	0,921	0,203	0,387	0,555
2008	0,616	1,848	0,566	0,618	0,061	0,816	0,075	0,074	0,520
2009	0,602	1,088	0,505	0,385	0,288	0,026	0,310	0,000	0,406
2010	0,585	1,779	0,472	0,503	0,333	0,211	0,287	0,137	0,476
2011	0,655	1,653	0,435	0,664	0,591	0,421	0,327	0,062	0,533
2012	0,631	1,725	0,532	0,500	0,561	0,711	0,392	0,126	0,546
2013	0,641	1,435	0,562	0,437	0,864	1,000	0,392	0,211	0,569
2014	0,574	1,539	0,533	0,387	1,000	0,947	0,442	0,251	0,556
2015	0,687	1,584	0,519	0,119	1,000	0,553	0,402	0,215	0,529
2016	0,567	1,500	0,459	0,222	1,000	0,500	0,378	0,380	0,497
2017	0,597	2,005	0,489	0,220	0,894	0,711	0,000	0,425	0,527
2018	0,496	2,033	0,500	0,279	0,985	0,974	0,241	0,580	0,553



Интегральные показатели по блокам качества жизни

Integral indicators for life quality blocks

Наиболее явно очерчивают указанную динамику кризисных явлений в экономике такие блоки, как рынок труда (уровень безработицы), охрана правопорядка (число зарегистрированных преступлений), экология (выбросы в атмосферу), а также общий индекс качества жизни. В средней степени – показатели культуры, здравоохранения, образования – т. е. социальной сферы. Примечательно, что показатели здравоохранения стали ухудшаться уже с 2011 г. (до 2014), что помимо кризисных явлений, вероятно, связано также с другими факторами.

Всё это обуславливает высокую степень взаимосвязи показателей качества жизни и уровня экономического развития. Оценим данную зависимость с помощью корреляционного анализа. В число показателей уровня экономического развития также был включен показатель затрат на социальную сферу (в относительном выражении) как потенциально значимый фактор влияния на качество жизни населения.

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи показателей уровня экономического развития и качества жизни населения неоднозначны. Демографические показатели увеличиваются по мере роста объема ВРП и инвестиций в основной капитал в сопоставимых ценах (0,8 и 0,64 соответственно). Показатели сферы здравоохранения напрямую коррелируют с индикаторами индекса физического объема ВРП (0,61), отрицательно – с показателями удельного веса расходов на социально-культурные мероприятия (–0,75). Последняя взаимосвязь требует отдельного изучения.

Показатели сферы культуры имеют явную взаимосвязь только с удельным весом расходов на социально-культурные мероприятия (0,92). Индикаторы экологии улучшаются по мере роста удельного веса убыточных предприятий (0,76) и снижения ВРП в сопоставимых ценах. Видимо, в ухудшающихся экономических условиях предприятия меньше заботятся об экологии. Показатели охраны правопорядка улучшаются по мере роста индекса физического объема ВРП (0,65), удельного веса убыточных предприятий (0,65), снижаются при росте экономических показателей в абсолютном выражении – ВРП и инвестиций в основной капитал в сопоставимых ценах (–0,84 и –0,65 соответственно).

Среди экономических показателей корреляция наблюдается между ВРП в сопоставимых ценах и удельным весом убыточных пред-

приятий (–0,91), а также – между ВРП и инвестиций в основной капитал в сопоставимых ценах (0,68). Среди показателей качества жизни наибольшую корреляцию с другими группами показателей имеют демографические индикаторы (со сферой здравоохранения, культуры, экологии, охраны правопорядка). Эта же группа показателей в наибольшей степени коррелирует с экономическими показателями (индекс физического объема ВРП, удельный вес убыточных предприятий, ВРП и инвестиции в основной капитал в сопоставимых ценах). Имеют зависимость от основных экономических показателей в абсолютном выражении (инвестиции в основной капитал, ВРП в сопоставимых ценах) показатели охраны экологии и правопорядка. Однако в случае числа зарегистрированных преступлений, возможно, корреляция ложная в связи с постепенным общим снижением их количества в анализируемый период.

Совсем не имеет значимых корреляций блок показателей уровня жизни, однако два из трех его частных показателей (масштаб бедности, коэффициент фондов) имеют взаимосвязь с отдельными экономическими показателями (особенно – масштаб бедности). Отсутствие значимых корреляций наблюдается также по укрупненным блокам показателей образования, здравоохранения, рынка труда. Показатели культуры взаимосвязаны только с уровнем расходов на социально-культурные мероприятия.

Выводы по результатам корреляционного анализа в большинстве своем логичны, но местами – противоречивы. Не все корреляции рационально обосновываются, что требует дополнительных исследований и, вероятно, связано с искажением данных в процессе стандартизации, переводом отрицательно влияющих на качество жизни показателей в обратную шкалу.

Результаты факторного анализа показателей уровня экономического развития позволили выделить два главных фактора (табл. 2).

Полученные факторы отмечены в программе *Statistica* красным шрифтом как значимые, кроме Индекса промышленного производства, который тем не менее логично входит во второй фактор. С содержательной точки зрения первый фактор вообрал в себя базовые абсолютные показатели экономического развития (далее будет помечен как «базовый»), второй – индексные показатели (далее будет помечен как «индексный фактор»).

Таблица 2. Результаты факторного анализа показателей уровня экономического развития и затрат на социальную сферу

Table 2. The results of factor analysis of indicators of the economic development level and expenses for social sphere

Фактор 1	Значение	Фактор 2	Значение
Удельный вес убыточных предприятий	-0,926	Индекс физического объема ВРП	0,862
ВРП в сопоставимых ценах	0,934	Индекс физического объема инвестиций в основной капитал	0,844
Инвестиции в основной капитал	0,782	Индекс промышленного производства	0,638
Собственное значение фактора	2,946	Собственное значение фактора	1,965

Попытка построить уравнение регрессии интегрального качества жизни на основе выделенных экономических факторов не увенчалась успехом. Однако, удалось построить качественные уравнения регрессии, демонстрирующие влияние факторов экономического развития на отдельные показатели качества жизни.

Естественный прирост. Построенное уравнение регрессии имеет высокий коэффициент детерминации ($R_{\text{скор}}^2 = 0,723$), что означает, что 72,3 % изменчивости естественного прироста населения обуславливаются динамикой выделенных двух факторов экономического развития:

$$y = 0,59 - 0,245f_1 + 0,167f_2,$$

где f_1 – базовый фактор экономического развития; f_2 – индексный фактор экономического развития.

Оба фактора были отмечены в *Statistica* как значимые ($F(2, 12) = 19,316$; $p < 0,00018$; станд. ошибка 0,17839).

Реальные денежные доходы населения. Построенное уравнение регрессии имеет высокий коэффициент детерминации ($R_{\text{скор}}^2 = 0,738$), что означает, что 73,8 % изменчивости реальных денежных доходов населения обуславливаются динамикой индексного фактора экономического развития:

$$y = 0,611 + 0,255f_2.$$

Фактор был отмечен в *Statistica* как значимый ($F(1, 13) = 40,483$; станд. ошибка 0,15011).

Отношение числа разводов на 1 тыс. браков. Построенное уравнение регрессии имеет средний коэффициент детерминации ($R_{\text{скор}}^2 = 0,555$), что означает, что 55,5 % изменчивости отношения числа разводов на 1 тыс. браков обуславливаются динамикой факторов экономического развития:

$$y = 0,563 + 0,196f_1 + 0,128f_2.$$

Оба фактора были отмечены в *Statistica* как значимые ($F(2, 12) = 9,738$; станд. ошибка 0,19812).

Масштаб бедности. Построенное уравнение регрессии имеет высокий коэффициент детерминации ($R_{\text{скор}}^2 = 0,862$), что означает, что 86,2 % изменчивости масштаба бедности обуславливаются динамикой факторов экономического развития:

$$y = 0,644 + 0,255f_1.$$

Фактор был отмечен в *Statistica* как значимый ($F(1, 13) = 88,588$; станд. ошибка 0,1015).

Коэффициент младенческой смертности. Построенное уравнение регрессии имеет достаточно высокий коэффициент детерминации ($R_{\text{скор}}^2 = 0,598$), что означает, что 59,8 % изменчивости коэффициента младенческой смертности обуславливаются динамикой факторов экономического развития:

$$y = 0,444 - 0,199f_2 + 0,102f_1.$$

Индексный фактор был отмечен в *Statistica* как значимый, уровень доверительного интервала для базового фактора совсем немного превышает пороговое значение в 0,05 ($F(2, 12) = 11,413$; $p = 0,050643$; станд. ошибка 0,17491).

Выбросы в атмосферу от стационарных источников. Построенное уравнение регрессии имеет средний коэффициент детерминации ($R_{\text{скор}}^2 = 0,543$), что означает, что 54,3 % изменчивости выбросов в атмосферу обуславливаются динамикой факторов экономического развития:

$$y = 0,424 - 0,188f_1 + 0,1f_2.$$

Только базовый фактор был отмечен в *Statistica* как значимый ($F(2, 12) = 9,3136$; станд. ошибка 0,18524).

Число зарегистрированных преступлений. Построенное уравнение регрессии имеет высокий коэффициент детерминации ($R^2_{\text{скор}} = 0,878$), что означает, что 87,8 % изменчивости выбросов в атмосферу обуславливаются динамикой факторов экономического развития:

$$y = 0,368 - 0,244f_1 + 0,175f_2.$$

Оба фактора были отмечены в *Statistica* как значимые ($F(2, 12) = 51,523$; станд. ошибка 0,11).

В отношении остальных показателей качества жизни (ожидаемая продолжительность жизни, миграционный прирост, численность врачей на 10 тыс. чел. населения, численность студентов на 10 тыс. чел. населения, число зрителей в профессиональных театрах на 1 тыс. чел. населения, охват детей дошкольными образовательными учреждениями, коэффициент фондов, уровень безработицы) качественную регрессионную модель на базе выделенных факторов экономического развития построить не удалось.

Применение **факторного анализа качества жизни** методом главных компонент в программе *Statistica* позволила выделить три основных фактора качества жизни.

Фактор 1 состоит из показателей, обусловленных экономически в значительной степени и охватывающих уровень удовлетворения первичных потребностей населения. **Фактор 2** включил показатели, обусловленные экономически в средней степени и охватывающие по большей части вторичные потребности людей (социальные, духовные), социальную сферу в целом. **Фактор 3** включил всего один показатель качества жизни – уровень безработицы, – который, как продемонстрировал представленный выше анализ, имеет слабую взаимосвязь с изменением основных экономических показателей. При программируемом сокращении количества факторов до двух фактор 3 исчезает.

Собственные значения факторов показывают корреляционную зависимость показателя с фактором (табл. 3).

Таблица 3. Основные факторы качества жизни
Table 3. Main factors of quality of life

Показатели	Собственные значения
Фактор 1	
Естественный прирост, промилле	0,914
Ожидаемая продолжительность жизни	0,700
Реальные денежные доходы	-0,817
Общая заболеваемость	-0,914
Коэффициент младенческой смертности	0,707
Число зарегистрированных преступлений	-0,902
Фактор 2	
Численность врачей на 10 тыс. чел. населения	-0,851
Численность студентов на 10 тыс. чел. населения	-0,877
Число зрителей в профессиональных театрах на 1 тыс. чел. населения	0,716
Охват детей дошкольными образовательными учреждениями	0,792
Отношение числа разводов на 1 тыс. браков	-0,796
Масштаб бедности	-0,782
Коэффициент фондов	0,971
Фактор 3	
Уровень безработицы	0,901

На основе полученных результатов факторного анализа была предпринята попытка построить новые регрессионные уравнения на предмет взаимосвязи каждого из факторов качества жизни с выделенными факторами уровня экономического развития.

Фактор 1 качества жизни – показатели удовлетворения первичных потребностей, значительно экономически обусловленных:

$$y = -0,114 - 0,626f_1 - 0,359f_2.$$

Оба фактора были отмечены в *Statistica* как значимые ($F(2, 12) = 9,597$; станд. ошибка 0,616).

Построенное уравнение регрессии имеет средний коэффициент детерминации ($R^2_{\text{скор}} = 0,551$), что означает, что 55,1 % изменчивости первого фактора качества жизни (уровня

удовлетворения первичных потребностей) обусловливается динамикой факторов экономического развития.

Второй и третий факторы качества жизни не имеют высокого коэффициента детерминации с выделенными факторами экономического развития.

5. Выводы. Таким образом, в результате проведенного эмпирического анализа показателей качества жизни и уровня экономического развития Кемеровской области за 2003–2018 гг. удалось сформировать ряд значимых уравнений регрессии, описывающих влияние экономических факторов как на общее качество жизни, так и на его отдельные показатели. Результаты факторного анализа показателей уровня экономического развития позволили провести их содержательную дифференциацию на два фактора – базовый и индексный, а

также – получить на базе выделенных факторов новые регрессионные модели взаимосвязи с отдельными показателями качества жизни.

Как можно видеть, математическое моделирование качества жизни населения региона и выявление его взаимосвязи с экономическими показателями дают зачастую противоречивые и не всегда логично объяснимые результаты. Однако при этом изучение данной темы крайне важно для развития территории, так как позволяет выработать новые механизмы улучшения жизни людей.

Примечания

¹ См., напр.: Рейтинг регионов по качеству жизни. М.: РИА Рейтинг, 2014. 24 с.

² См.: Исследование качества жизни в российских городах: отчет о НИР / Финансовый университет при Правительстве РФ; рук. А.Н. Зубец. М., 2014. 162 с.

Литература

1. Мухачева А. В. Инвестиции работников в здоровье как способ повышения уровня и качества их жизни // Глобальный научный потенциал. – 2010. – № 7. – С. 26–27.
2. Иванов В. В. Инновационная парадигма XXI. – М.: Наука, 2015. – 383 с.
3. Мухачева А. В. Оценка влияния кризисных явлений на качество жизни населения (на примере регионов Сибирского федерального округа) : автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Кемерово, 2015. – 24 с.
4. Окрепилов В. В., Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Кузьмина С. Н. Применение суперкомпьютерных технологий для моделирования социально-экономических систем // Экономика региона. – 2015. – № 2. – С. 301–312.
5. Swasthaisong Sanyasorn, Romyen Lamai, Swasthaisong Pawarin, Chomphunut Phattanun, Romyen Laddawan. Problems, Needs, Quality of Life and the Development Model of Production Efficiency and Value creation of Agricultural Products of Community Enterprises // Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Studies. – 2019. – Vol. 8, No. 2. – P. 230–240.
6. Окрепилов В. В. Применение суперкомпьютерных технологий для прогнозирования параметров качества жизни населения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2015. – № 3 (221). – С. 9–18.
7. Rosenthal S. S., Gabriel S. A. Quality of the Business Environment Versus Quality of Life in a Dynamic Model of Urban Composition and Growth Do Firms and Households Like the Same Cities? : USC Finance & Business Econ. Working Paper No. 01-23. – October 20, 2000. – 42 p.
8. Окрепилов В. В., Чудиновских И. В. Формирование подходов к формированию стандартизации для оценки качества жизни // Петербургский экономический журнал. – 2018. – № 1. – С. 6–15.
9. Richardson J., Atherton D. N., Peacock S., Iezzi A. Measurement of the Quality of Life for Economic Evaluation and the Assessment of Quality of Life (Aqol) Mark 2 Instrument // Australian Economic Review. – 2004. – Vol. 37. – P. 62–88.
10. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Агент-ориентированная социо-эколого-экономическая модель региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2015. – № 3 (288). – С. 2–11.
11. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Современные методы прогнозирования последствий управленческих решений // Управленческое консультирование. – 2015. – № 7. – С. 12–24.
12. Макаров В. Л., Окрепилов В. В. Принципы мониторинга качества жизни на основе агент-ориентированных моделей // Вестник Российской академии наук. – 2016. – Т. 86, № 8. – С. 711–718.

13. Трахтенгерц Э. А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М. : СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
14. Столяров Л. Н., Бершадский А., Новик К., Комарцев А. Сценарное программирование риска: механизм коллективного принятия решений и его применение к проблеме оценки уровня энергетической безопасности региона // Информационные и телекоммуникационные технологии в науке и образовании Восточной Сибири : тр. Всерос. конф. – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2002. – С. 14–35.
15. Блохин А. А., Марсель Л. В. Метод когнитивного моделирования индикаторов качества жизни с учетом внешних факторов // Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Баумана. – 2016. – № 4. – С. 65–75.
16. Breuer W., Brueser D. Determining Indicators of Quality of Life Differences in European Cities : EIBURS RWTH Aachen Working Paper No. 1/2012. – August 6, 2012. – 43 p.
17. Easterlin R. A., Angelescu L. Modern Economic Growth and Quality of Life: Cross Sectional and Time Series Evidence : IEPR Working Paper No. 07.4 : IZA Discussion Paper No. 2755 : USC CLEO Research Paper No. C07-7. – April 12, 2007. – 59 p.
18. Емцева Е. Д., Морозов В. О., Черкасцова Э. З. Эконометрические исследования взаимосвязи ВРП и показателей качества жизни // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 11-6. – С. 1175–1179.
19. Айвазян С. А. Интегральные индикаторы качества жизни населения: их построение и использование в социально-экономическом управлении и межрегиональных сопоставлениях. – М. : ЦЭМИ РАН, 2000. – 117 с.
20. Ильясов Б. Г., Закиева Е. Ш., Герасимова И. Б. Системный подход к анализу качества жизни : сб. науч. тр. / XII Всерос. совещание по проблемам управления. – ВСПУ, 2014. – 139 с.
21. Массель Л. В., Блохин А. А. Когнитивное моделирование индикаторов качества жизни: предлагаемый подход и пример использования // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2016. – Т. 14, № 2. – С. 72–79.
22. Система экономико-математических моделей для анализа и прогноза уровня жизни : сб. науч. тр. / АН СССР, ЦЭМИ ; Н. М. Римашевская и др. – М. : Наука, 1986. – 262 с.
23. Милоенко Е. В. Модели исследования качества жизни населения региона // Символ науки. – 2015. – № 9-1. – С. 168–169.
24. Морозова Е. А., Мухачева А. В. Региональная социально-экономическая дифференциация в контексте экономического кризиса (на примере регионов Сибирского федерального округа) // Сибирская финансовая школа. – 2016. – № 5 (118). – С. 33–40.

References

1. Mukhacheva A.V. Investitsii rabotnikov v zdorov'e kak sposob povysheniya urovnya i kachestva ikh zhizni [Employee investment in health as a way to improving the level and quality of their life]. *Global'nyi nauchnyi potentsial*, 2010, no. 7, pp. 26-27. (in Russian).
2. Ivanov V.V. *Innovatsionnaya paradigma XXI [The innovative paradigm of 21st]*, Moscow, Nauka publ., 2015, 383 p. (in Russian).
3. Mukhacheva A.V. *Otsenka vliyaniya krizisnykh yavlenii na kachestvo zhizni naseleniya (na primere regionov Sibirskogo federal'nogo okruga) [Evaluation of the impact of crisis on the quality of life of the population (on the example of the regions of the Siberian Federal District)]*, Author's abstract, Kemerovo, 2015, 24 p. (in Russian).
4. Okrepilov V.V., Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Kuz'mina S.N. Primenenie superkomp'yuternykh tekhnologii dlya modelirovaniya sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [The use of supercomputer technologies for modeling socio-economic systems]. *Ekonomika regiona*, 2015, no. 2, pp. 301-312. (in Russian).
5. Swasthaisong Sanyasorn, Romyen Lamai, Swasthaisong Pawarin, Chomphunut Phattanun, Romyen Laddawan. Problems, Needs, Quality of Life and the Development Model of Production Efficiency and Value creation of Agricultural Products of Community Enterprises. *Journal of Interdisciplinary Research: Graduate Studies*, 2019, Vol. 8, no. 2, pp. 230-240.
6. Okrepilov V.V. Primenenie superkomp'yuternykh tekhnologii dlya prognozirovaniya parametrov kachestva zhizni naseleniya [The use of supercomputer technologies for predicting the parameters of the

quality of life of the population]. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU*, 2015, no. 3 (221), pp. 9-18. (in Russian).

7. Rosenthal S.S., Gabriel S.A. *Quality of the Business Environment Versus Quality of Life in a Dynamic Model of Urban Composition and Growth Do Firms and Households Like the Same Cities?* USC Finance & Business Econ. Working Paper No. 01-23, October 20, 2000, 42 p.

8. Okrepilov V.V., Chudinovskikh I.V. Formirovanie podkhodov k formirovaniyu standartizatsii dlya otsenki kachestva zhizni [Formation of approaches to the formation of standardization for assessing the quality of life]. *Peterburgskii ekonomicheskii zhurnal*, 2018, no. 1, pp. 6-15. (in Russian).

9. Richardson J., Atherton D.N., Peacock S., Iezzi A. Measurement of the Quality of Life for Economic Evaluation and the Assessment of Quality of Life (Aqol) Mark 2 Instrument. *Australian Economic Review*, 2004, Vol. 37, pp. 62-88.

10. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. Agent-orientirovannaya sotsio-ekologo-ekonomicheskaya model' regiona [Agent-based socio-ecological-economic model of the region]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'*, 2015, no. 3 (288), pp. 2-11. (in Russian).

11. Makarov V.L., Bakhtizin A.R. Sovremennyye metody prognozirovaniya posledstviy upravlencheskikh reshenii [Modern methods of forecasting the consequences of managerial decisions]. *Upravlencheskoe konsul'tirovanie*, 2015, no. 7, pp. 12-24. (in Russian).

12. Makarov V.L., Okrepilov V.V. Printsipy monitoringa kachestva zhizni na osnove agent-orientirovannykh modelei [Principles of monitoring the quality of life based on agent-based models]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk*, 2016, Vol. 86, no. 8, pp. 711-718. (in Russian).

13. Trakhtengerts E.A. *Komp'yuternaya podderzhka prinyatiya reshenii* [Computer decision support], Moscow, SINTEG publ., 1998, 376 p. (in Russian).

14. Stolyarov L.N., Bershadskii A., Novik K., Komartsev A. Stsenarnoe programmirovaniye riska: mekhanizm kollektivnogo prinyatiya reshenii i ego primenenie k probleme otsenki urovnya energeticheskoi bezopasnosti regiona [Scenario risk programming: a collective decision-making mechanism and its application to the problem of assessing the region's energy security], in: *Informatsionnye i telekommunikatsionnye tekhnologii v nauke i obrazovanii Vostochnoi Sibiri*, works of all-Russian conference, Irkutsk, ISEM SO RAN publ., 2002, pp. 14-35. (in Russian).

15. Blokhin A.A., Marsel' L.V. Metod kognitivnogo modelirovaniya indikatorov kachestva zhizni s uchetom vneshnikh faktorov [The method of cognitive modeling of quality of life indicators taking into account external factors]. *Nauka i obrazovanie. Nauchnoe izdanie MGTU im. Bauman*, 2016, no. 4, pp. 65-75. (in Russian).

16. Breuer W., Brueser D. *Determining Indicators of Quality of Life Differences in European Cities*, EIBURS RWTH Aachen Working Paper No. 1/2012, August 6, 2012, 43 p.

17. Easterlin R.A., Angelescu L. *Modern Economic Growth and Quality of Life: Cross Sectional and Time Series Evidence*, IEPR Working Paper No. 07.4, IZA Discussion Paper No. 2755, USC CLEO Research Paper No. C07-7, April 12, 2007, 59 p.

18. Emtseva E.D., Morozov V.O., Cherkasova E.Z. Ekonometricheskie issledovaniya vzaimosvyazi VRP i pokazatelei kachestva zhizni [Econometric studies of the relationship between GRP and indicators of quality of life]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, no. 11-6, pp. 1175-1179. (in Russian).

19. Aivazyan S.A. *Integral'nye indikatory kachestva zhizni naseleniya: ikh postroyeniye i ispol'zovaniye v sotsial'no-ekonomicheskom upravlenii i mezhregional'nykh sopostavleniyakh* [Integral indicators of the quality of life of the population: their construction and use in socio-economic management and inter-regional comparisons], Moscow, TsEMI RAN publ., 2000, 117 p. (in Russian).

20. Il'yasov B.G., Zakieva E.Sh., Gerasimova I.B. *Sistemnyi podkhod k analizu kachestva zhizni* [Systematic approach to the analysis of the quality of life], collection of scientific works, VSPU publ., 2014, 139 p. (in Russian).

21. Massel' L.V., Blokhin A.A. Kognitivnoye modelirovaniye indikatorov kachestva zhizni: predlagayemyy podkhod i primer ispol'zovaniya [Cognitive modeling of quality of life indicators: the proposed approach and example of use]. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii*, 2016, Vol. 14, no. 2, pp. 72-79. (in Russian).

22. Rimashevskaya N.M. et al. *Sistema ekonomiko-matematicheskikh modelei dlya analiza i prognoza urovnya zhizni* [The system of economic and mathematical models for the analysis and forecast of living standards], Collection of scientific papers, Moscow, Nauka publ., 1986, 262 p. (in Russian).

23. Miloenko E.V. Modeli issledovaniya kachestva zhizni naseleniya regiona [Models of studies of the quality of life of the population of the region]. *Simvol nauki*, 2015, no. 9-1, pp. 168-169. (in Russian).

24. Morozova E.A., Mukhacheva A.V. Regional'naya sotsial'no-ekonomicheskaya differentsiatsiya v kontekste ekonomicheskogo krizisa (na primere regionov Sibirskogo federal'nogo okruga) [Regional socio-economic differentiation in the context of the economic crisis]. *Sibirskaya finansovaya shkola*, 2016, no. 5 (118), pp. 33-40. (in Russian).

Сведения об авторах

Мухачева Анна Валентиновна – канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента им. И.П. Поварича Института экономики и менеджмента
Адрес для корреспонденции: 650056, Россия, Кемерово, бул. Строителей, 47
E-mail: oblakkko@mail.ru
РИНЦ AuthorID: 680524
ORCID: 0000-0002-3720-4969

Пастухова Елена Яковлевна – канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента им. И.П. Поварича Института экономики и менеджмента
Адрес для корреспонденции: 650056, Россия, Кемерово, бул. Строителей, 47
E-mail: peau.13@yandex.ru
РИНЦ AuthorID: 405114
ORCID: 0000-0001-5518-1783

Кирюхина Анжелика Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры менеджмента им. И.П. Поварича Института экономики и менеджмента
Адрес для корреспонденции: 650056, Россия, Кемерово, бул. Строителей, 47
E-mail: oop.vo.ef@gmail.com

Вклад авторов равнозначен

Для цитирования

Мухачева А. В., Пастухова Е. Я., Кирюхина А. Н. Математическое моделирование качества жизни населения региона // Вестник Омского университета. Серия «Экономика». – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 149–161. – DOI: 10.24147/1812-3988.2020.18(1).149-161.

About the authors

Anna V. Mukhacheva – PhD in Economic Sciences, Associate Professor of Povarich Management Department of Institute of Economics and Management
Postal address: 47, Stroitelei bul., Kemerovo, 650056, Russia
E-mail: oblakkko@mail.ru
RSCI AuthorID: 680524
ORCID: 0000-0002-3720-4969

Elena Ya. Pastukhova – PhD in Economic Sciences, Associate Professor of Povarich Management Department of Institute of Economics and Management
Postal address: 47, Stroitelei bul., Kemerovo, 650056, Russia
E-mail: peau.13@yandex.ru
RSCI AuthorID: 405114
ORCID: 0000-0001-5518-1783

Anzhelika N. Kiryukhina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Povarich Management Department of Institute of Economics and Management
Postal address: 47, Stroitelei bul., Kemerovo, 650056, Russia
E-mail: oop.vo.ef@gmail.com

The contribution of the authors is equal

For citations

Mukhacheva A.V., Pastukhova E.Ya., Kiryukhina A.N. Mathematical modeling of the quality of life of the region's population. *Herald of Omsk University. Series "Economics"*, 2020, Vol. 18, no. 1, pp. 149-161. DOI: 10.24147/1812-3988.2020.18(1).149-161. (in Russian).