

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

DOI: 10.15838/esc.2020.5.71.7

УДК 330.59:004.942; ББК 60.526:32.81

© Гайнанов Д.А., Закиева Е.Ш.

Оценка качества жизни населения на основе применения интеллектуальных алгоритмов и динамического моделирования*



**Дамир Ахнафович
ГАЙНАНОВ**

Институт социально-экономических исследований Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук
Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация, 450044,
пр-т Октября, д. 71
E-mail: 2d2@inbox.ru
ORCID: 0000-0002-2606-2459; ResearcherID: O-5141-2015



**Елена Шавкатовна
ЗАКИЕВА**

Уфимский государственный авиационный технический университет
Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация, 450000,
ул. К. Маркса, д. 12
E-mail: zakievae@mail.ru
ORCID: 0000-0002-6921-7473; ResearcherID: D-4447-2017

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы исследования, моделирования и управления обществом как социетальной системой. Предложена методология исследования общества, основанная на системной композиции основных структур организации деятельности, а также интеграции общенаучных законов и подходов. Особенность методологии заключается в том, что общество представляется как системная целостность и единство экономической, политической, социальной и духовно-культурной подсистем. В качестве критерия развития общества и одновременно эффективности управления им рассматривается повышение качества жизни населения. Предложены модели оценки качества жизни как интегрального показателя качества

* Данное исследование выполнено в рамках государственного задания УФИЦ РАН № 075-01211-20-01 на 2020 г., а также при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-08-00796 А «Интеллектуальное управление промышленным комплексом как динамическим многоагентным объектом на основе методов когнитивного моделирования и машинного обучения».

Для цитирования: Гайнанов Д.А., Закиева Е.Ш. Оценка качества жизни населения на основе применения интеллектуальных алгоритмов и динамического моделирования // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. № 5. С. 121–134. DOI: 10.15838/esc.2020.5.71.7

For citation: Gainanov D.A., Zakieva E.Sh. Assessing population's quality of life on the basis of intelligent algorithms and dynamic modeling. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2020, vol. 13, no. 5, pp. 121–134. DOI: 10.15838/esc.2020.5.71.7

функционирования и развития общества, которые позволяют изучить структуру, провести оценку данного показателя и исследовать динамику его изменения. Разработан алгоритм управления качеством функционирования социетальной системы на основе оценки интегрального показателя. Особенностью алгоритма является комплексное применение методов интеллектуального анализа данных и динамического моделирования. Алгоритм включает два основных этапа. На первом этапе выполняются интеллектуальный анализ данных о качестве функционирования системы в выбранной сфере в региональном разрезе. Результаты анализа позволяют выделить кластеры регионов и определить их характерные особенности. На втором этапе разрабатывается структура интегрального показателя, динамическая модель оценки качества функционирования социетальной системы на основе расчета интегрального показателя, вырабатываются управляющие воздействия в виде изменения объема инвестиций с учетом характеристик построенных кластеров. Рассмотрен пример реализации разработанного алгоритма для управления качеством социальной инфраструктуры регионов РФ, который позволил определить рекомендуемое изменение объема инвестиций в развитие социальной инфраструктуры по кластерам регионов.

Ключевые слова: социетальная система, качество жизни, интегральный показатель, алгоритм управления, выборка, метод главных компонент, кластеры регионов, динамическая модель, качество социальной инфраструктуры.

Введение

Современный этап развития цивилизации характеризуется высокой степенью динамичности, неустойчивости и неопределенности, ускорением темпов взаимовлияния и взаимозависимости регионов мира, усилением процессов глобализации [1]. Мировое сообщество находится в принципиально новых условиях, позволяющих определять нашу эпоху как эпоху перемен, планетарной уязвимости и возникновения новых условий существования человечества. Глобальные трансформации и технологическое развитие привели к формированию нового мирового порядка, в котором лидирующее положение займут страны, перешедшие к постиндустриальному обществу [2]. Принципиальным отличием этого общества от предыдущих общественно-экономических формаций является то, что главной целью развития выступает повышение качества жизни человека на основе технологического прогресса и фундаментальной науки [3].

В этих условиях возрастает необходимость изучения общества как организованной системной целостности, как социетальной системы, под которой понимается система явлений и процессов, рассматриваемых на уровне общества в целом [4; 5].

Анализ особенностей социальных систем показал, что общество в целом и его отдельные сферы жизнедеятельности являются сложными динамическими объектами, которые могут в

определенные (фиксированные) моменты времени рассматриваться в статике, а при непрерывном изменении во времени — в динамике. Социальная статика отражает условия и законы функционирования общества, а социальная динамика описывает законы развития и изменения общества [6].

Моделирование динамики социальных систем — одна из наиболее сложных научных задач. Это обусловлено наличием большого количества параметров системы, динамической неустойчивостью социальных процессов, их многоуровневостью и разномасштабностью (микро- и макропроцессы), слабой формализуемостью параметров и структур, необходимостью учета многих факторов, слабой предсказуемостью поведения системы и другими причинами.

Целью настоящего исследования является изучение общества как сложной динамической системы, что предполагает разработку концептуальных основ исследования, комплекса моделей и алгоритмов поддержки принятия решений по управлению обществом. Научную новизну и значимость предлагаемого подхода к изучению общества составляет методология исследования, моделирования и управления обществом, которая позволяет изучить особенности его функционирования и развития и выработать рекомендации по управлению им.

Методология исследования, моделирования и управления обществом как социетальной системой

Предлагаемая методология включает в себя следующие основные компоненты:

- концепцию построения моделей социетальной системы, в основе которой лежит системная композиция основных структур организации деятельности, а также интеграция общенаучных подходов и законов [7];
- комплекс моделей (системных, когнитивных, динамических, имитационных) социетальной системы, ее подсистем, интегрального показателя качества функционирования системы и его компонентов;
- интеллектуальные алгоритмы поддержки принятия решений по управлению социетальной системой.

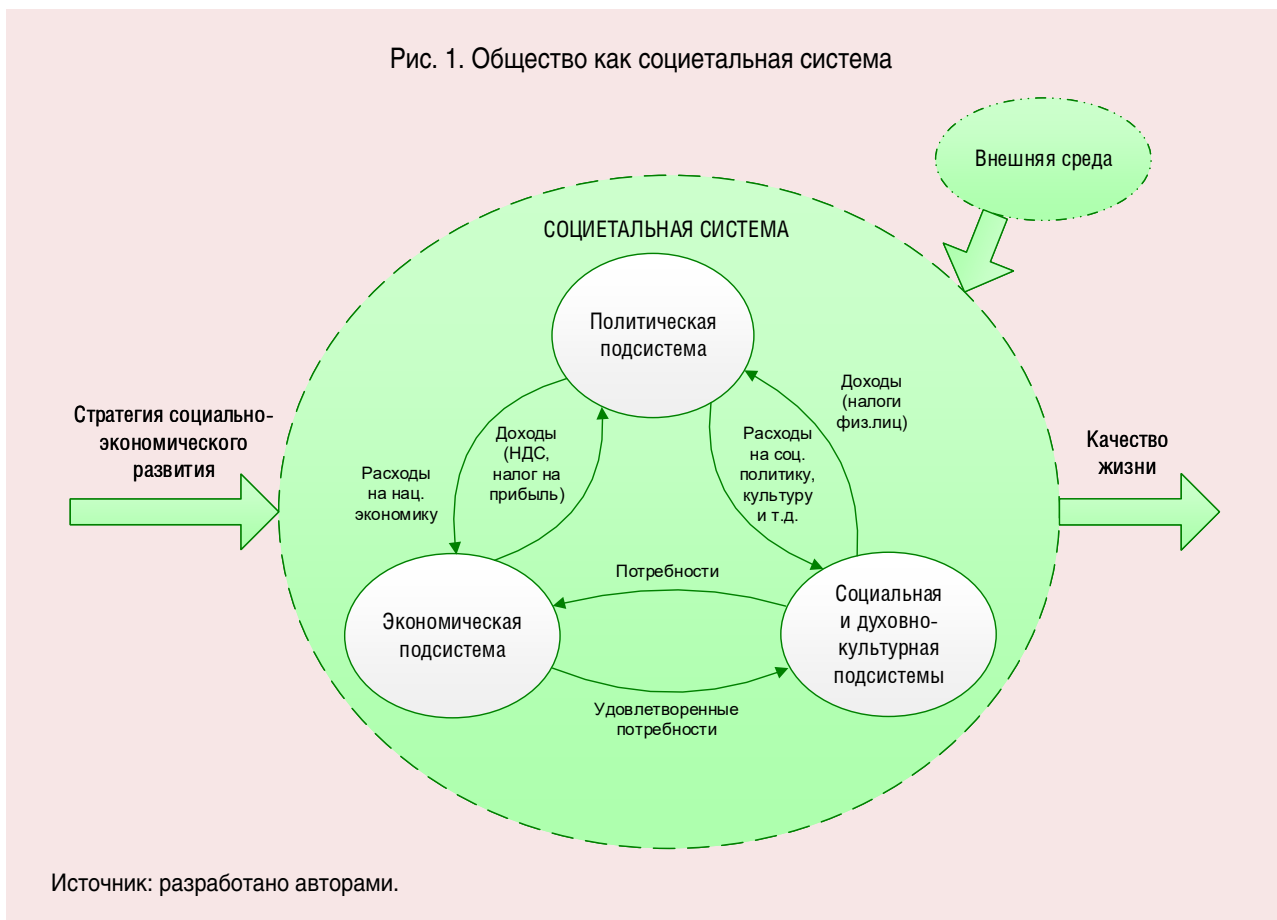
При изучении свойств общества авторы придерживались структурно-функционального подхода [8], в соответствии с которым общество рассматривается как социетальная система, способная к самоорганизации и представля-

ющая собой единство экономической, политической, социальной и духовно-культурной подсистем (рис. 1).

Каждая подсистема выполняет свои функции, при этом все они тесно связаны между собой и взаимодействуют, придавая системе новое качество, не сводимое к свойствам ее отдельных подсистем. Таким интегральным свойством является, например, свойство общества развиваться в условиях неопределенности.

В качестве основного показателя функционирования и развития общества рассматривается показатель качества жизни, на основе оценки которого государство определяет политику распределения ресурсов. Повышение качества жизни населения является важнейшей стратегической задачей государственного управления обществом. Показатель качества жизни служит одновременно критерием социально-экономического развития общества и критерием эффективности деятельности органов государственного управления [9].

Рис. 1. Общество как социетальная система



Источник: разработано авторами.

Модели оценки качества жизни

Понятие качества жизни используется в различных науках: медицине, философии, социологии, экономике, географии и других и носит междисциплинарный характер. Каждая из наук дает свою трактовку данного понятия. Наряду с многообразием определений качества жизни существует и большое число методик для его измерения [10–15]. Выделяют два основных подхода к оценке качества жизни: объективный подход, основанный на анализе статистических данных, и субъективный подход, основанный на обработке результатов социологических опросов [9; 16]. В международной практике также распространен комбинированный подход, согласно которому объективные и субъективные показатели рассматриваются как равнозначные [17].

Показатель качества жизни является интегральным и представляет собой сложную систему, состоящую из множества элементов и связей между ними. Для изучения его структуры целесообразно применять системный подход, в соответствии с которым интегральный показатель последовательно декомпозируется на совокупность взаимосвязанных компонент и представляется в виде их иерархии. Авторами предложена модель качества жизни в виде иерархии триад [18]. На каждом уровне расположена триада взаимосвязанных частных показателей, формирующих системный показатель соответствующего уровня. Выделено три уровня: нижний характеризует качество уровня жизни (J_1) и включает такие компоненты, как уровень доходов и расходов, жилищные условия, качество питания; средний характеризует качество жизненного потенциала (J_2) и включает такие компоненты, как уровень образованности, качество здоровья, уровень культуры; верхний уровень характеризует качество среды жизнедеятельности (J_3) и включает такие компоненты, как качество окружающей среды, качество социальной инфраструктуры, качество трудовой жизни. Системные показатели формируют интегральный показатель качества жизни (Q).

Для расчета интегрального показателя применяется взвешенная оценка, которая используется в большинстве существующих методик оценки качества жизни:

$$Q = \sum_{i=1}^3 \alpha_i J_i, \quad (1)$$

где α_i – коэффициент значимости системного показателя i -го уровня. Значения коэффициентов α_i определяются экспертным путем или на основе статистических данных, при этом $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$.

Нами рассмотрен другой взгляд на формирование интегрального показателя качества жизни, при котором данный показатель представляется в виде многосвязного многослойного динамического объекта, сохраняя переход от вертикальных связей в иерархической структуре к горизонтальным связям. Особенностью такой модели является то, что каждый системный и частный интегральный показатель обладает собственным механизмом самоорганизации, реализованным в виде соответствующих коэффициентов обратных связей. На основе данного подхода разработана динамическая модель оценки качества жизни, представленная в виде непрерывных нелинейных дифференциальных уравнений.

Динамика изменения интегрального показателя описывается дифференциальным уравнением вида:

$$\dot{Q} = -Q + \alpha_1 J_1 + \alpha_2 J_2 + \alpha_3 J_3. \quad (2)$$

Динамика изменения системных показателей описывается дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{J}_1 = -A_1(z_1)J_1 + \lambda_{12}J_2 + \lambda_{13}J_3 + J_{10}, \\ \dot{J}_2 = -A_2(z_2)J_2 + \lambda_{21}J_1 + \lambda_{23}J_3 + J_{20}, \\ \dot{J}_3 = -A_3(z_3)J_3 + \lambda_{31}J_1 + \lambda_{32}J_2 + J_{30}, \end{cases} \quad (3)$$

где $J_{i0}, i = \overline{1,3}$ – начальные значения показателей J_i ; $\lambda_{ij}, i \neq j$ – весовые коэффициенты, отражающие взаимное влияние показателей J_i . Значения коэффициентов λ_{ij} определяются экспертами на основе анализа статистических данных; $A_i(z_i)$ – коэффициенты обратных связей системных интегральных показателей, которые зависят от административно-правовых управляющих воздействий z_i на уровне федеральных структур управления.

Начальные значения показателей J_i определяются как взвешенная сумма частных показателей i -го уровня x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} :

$$J_{i0} = \beta_{i1}x_{i1} + \beta_{i2}x_{i2} + \beta_{i3}x_{i3}, \quad (4)$$

где β_{ij} – коэффициенты значимости частных показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} . Значения коэффициентов β_{ij} определяются экспертным путем или на основе статистических данных, при этом $\sum_{j=1}^3 \beta_{ij} = 1$.

Частные показатели x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} вычисляются путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}_{i1} = -a_{i1}(z_{i1})x_{i1} + k_{12}x_{i2} + k_{13}x_{i3} + u_{i1}, \\ \dot{x}_{i2} = -a_{i2}(z_{i2})x_{i2} + k_{21}x_{i1} + k_{23}x_{i3} + u_{i2}, \\ \dot{x}_{i3} = -a_{i3}(z_{i3})x_{i3} + k_{31}x_{i1} + k_{32}x_{i2} + u_{i3}, \end{cases} \quad (5)$$

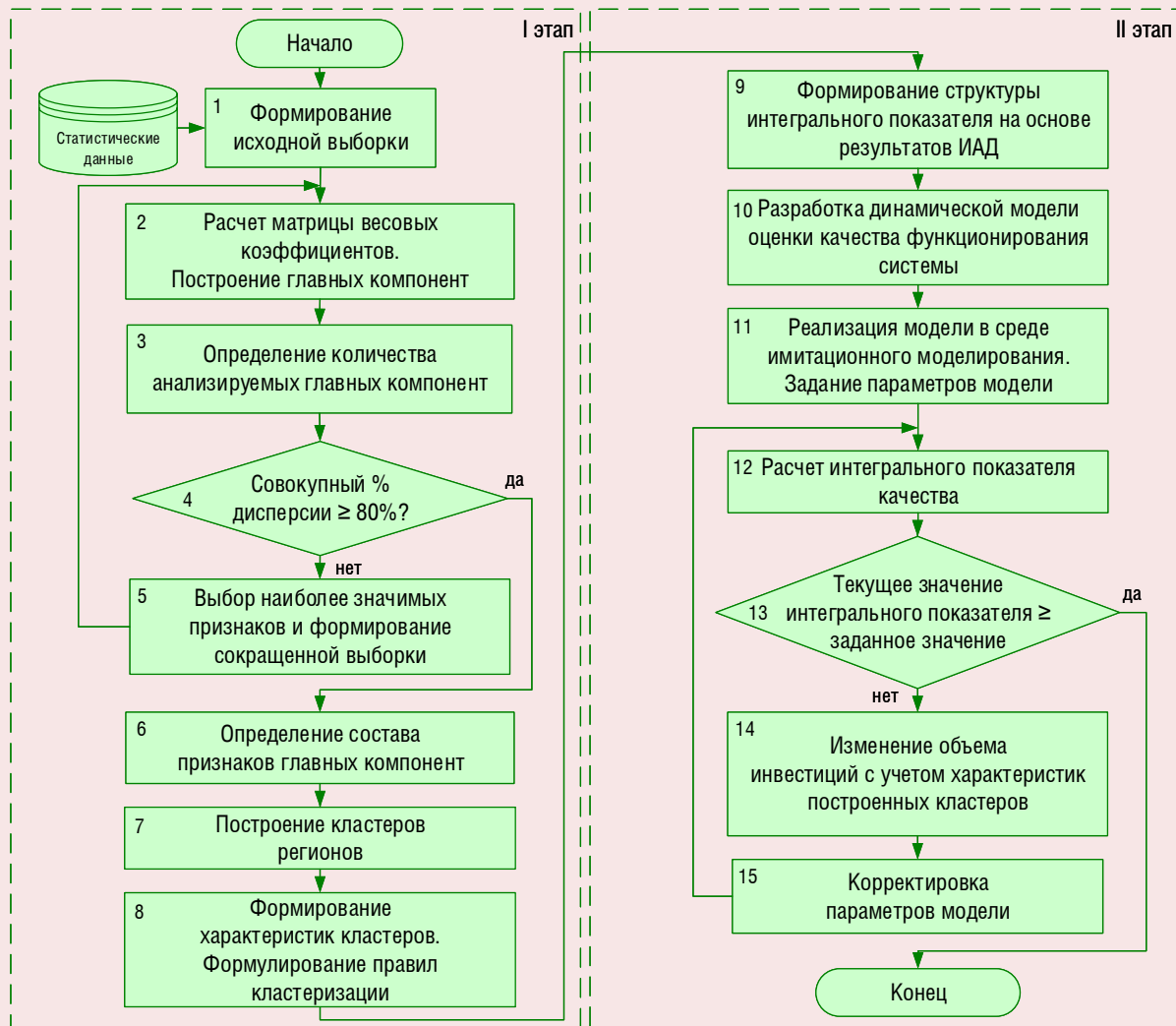
где $k_{ij}, i \neq j$ – коэффициенты взаимного влияния частных показателей x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} . Числовые значения коэффициентов k_{ij} определяются экспертным путем; $a_{ij}(z_{ij})$ – коэффициенты обратных связей частных интегральных показателей, которые зависят от административно-правовых управляющих воздействий z_{ij} на уровне региональных структур управления; u_{i1}, u_{i2}, u_{i3} – финансово-экономические управляющие воздействия.

Предложенные модели качества жизни как интегрального показателя качества функционирования и развития социетальной системы позволили изучить структуру, провести оценку данного показателя и исследовать динамику его изменения.

Алгоритм управления качеством функционирования социетальной системы

Разработанный нами алгоритм предназначен для выработки рекомендаций по управлению социетальной системой на основе оценки интегрального показателя качества ее функционирования. Алгоритм включает два основных этапа (рис. 2).

Рис. 2. Схема алгоритма управления качеством функционирования социетальной системы



Источник: разработано авторами.

На *первом этапе* выполняется интеллектуальный анализ данных о качестве функционирования социетальной системы в региональном разрезе в выбранной сфере. На *втором этапе* разрабатывается динамическая модель оценки качества и происходит выработка рекомендаций по управлению социетальной системой в виде изменения объема инвестиций. Рассмотрим эти этапы подробнее.

На *первом шаге* алгоритма формируется исходная выборка данных о качестве функционирования социетальной системы в выбранной сфере.

На *втором шаге* проводится компонентный анализ исходной выборки с использованием пакета анализа статических данных *StatGraphics*: строится таблица весов признаков в главных компонентах; выделяются значимые признаки, имеющие большие по модулю весовые коэффициенты; определяется состав главных компонент на основе расчета коэффициентов информативности.

Выбор пакета *StatGraphics* обоснован такими его преимуществами, как сочетание научных методов обработки разнотипных данных с возможностью создания современной высококачественной интерактивной графики; широкие возможности взаимодействия с другими программными продуктами (электронными таблицами, базами данных); высококачественная двумерная и трехмерная графика и другое. Сравнительный анализ программных продуктов для статического анализа данных приведен, например, в работе [19].

На *третьем шаге* определяется количество анализируемых главных компонент.

На *четвертом шаге* проверяется, достигается ли требуемый суммарный процент дисперсии. Если данное условие не выполняется, то следует *пятый шаг*: анализируются весовые коэффициенты признаков и выбираются наиболее значимые признаки, имеющие наибольший вес. Далее выполняется компонентный анализ сокращенной выборки (шаги 2–4).

При выполнении условия осуществляется переход к *шестому шагу*: определению состава признаков главных компонент на основе расчета коэффициентов информативности.

На *седьмом шаге* строятся кластеры регионов.

На *восьмом шаге* формируется характеристика кластеров относительно главных компонент и относительно признаков. Формулируются правила отнесения регионов к кластерам.

На *девятом шаге* на основе построенных главных компонент и состава признаков формируется структура интегрального показателя качества функционирования социетальной системы: определяется количество подсистем, количество элементов подсистем и рассчитываются коэффициенты связей между элементами и подсистемами.

Количество подсистем соответствует количеству анализируемых главных компонент, количество элементов подсистем — количеству признаков соответствующих компонент.

Значения коэффициентов влияния i -й компоненты α_i на интегральный показатель качества функционирования системы рассчитываются по формуле:

$$\alpha_i = \frac{\Delta_i}{\Delta_\Sigma}, \quad (6)$$

где Δ_i — процент дисперсии i -й компоненты; Δ_Σ — совокупный процент дисперсии для построенных главных компонент.

Значения коэффициентов влияния j -го признака на i -ю компоненту β_{ij} вычисляются по формуле:

$$\beta_{ij} = \frac{w_{ij}}{\sum_{j=1}^m w_{ij}}, \quad (7)$$

где w_{ij} — весовые коэффициенты признаков i -й компоненты, m — количество признаков i -й компоненты.

На *десятом шаге* разрабатывается динамическая модель оценки качества функционирования социетальной системы на основе расчета интегрального показателя. Модель представляется в виде непрерывных дифференциальных уравнений и используется для проведения экспериментальных исследований по оценке качества функционирования социетальной системы в разных сферах, а также исследования динамики изменения интегрального показателя при управляющих и возмущающих воздействиях.

На *одиннадцатом шаге* на основе динамической модели разрабатывается имитационная модель, задаются ее параметры. Модель реализуется в пакете математического моделирова-

ния *MatLab Simulink*. Выбор данного пакета обусловлен тем, что в нем имеются широкий набор функций для построения графиков и наглядного представления результатов, возможность разработки пользовательского интерфейса, а также возможности для динамического моделирования и разработки систем управления. Сравнительный анализ программных продуктов для имитационного моделирования приведен, например, в работе [20].

На *двенадцатом шаге* рассчитывается интегральный показатель качества функционирования системы.

На *тринадцатом шаге* рассчитанное (текущее) значение интегрального показателя сравнивается с заданным (целевым) значением и вычисляется отклонение. Если отклонение больше нуля (текущее значение больше или равно целевому значению), то алгоритм заканчивает работу. Если отклонение меньше нуля, то выполняется переход к *четырнадцатому шагу* – изменению объема инвестиций с учетом характеристик построенных кластеров.

На *пятнадцатом шаге* параметры модели корректируются и выполняется переход к шагу 12.

Следует отметить, что предложенный алгоритм не ограничивает выбор инструментов его реализации, для проведения как статистического анализа данных, так и динамического моделирования могут использоваться и другие инструменты, имеющиеся в распоряжении исследователя.

Управление качеством социальной инфраструктуры

Рассмотрим применение предложенного алгоритма для управления качеством социальной инфраструктуры на основе оценки интегрального показателя и выработки рекомендаций в виде изменения объема инвестиций, вкладываемых в развитие социальной инфраструктуры.

В современных условиях инфраструктура играет важную роль в формировании единого экономического пространства и рассматривается как особый общественно-рыночный институт [21].

Выделяют производственную и непроизводственную (социальную) инфраструктуру. Под социальной инфраструктурой в широком смысле понимаются отрасли и виды экономической деятельности, которые обеспечивают удовлетворение потребностей населения в сохране-

нии здоровья, получении образования, проведении досуга и т. д. с целью формирования и накопления социального капитала, воспроизводства нематериальных активов для поддержки глобальной конкурентоспособности страны [22]. В узком смысле социальная инфраструктура включает в себя объекты здравоохранения, образования, жилищно-коммунального хозяйства, социального обслуживания населения, культуры и спорта, организации занятости населения. Таким образом, социальная инфраструктура обеспечивает необходимый уровень и качество жизни.

Одной из наиболее важных проблем в России на сегодняшний день является проблема финансирования социальной инфраструктуры. Главным инвестором, вкладывающим финансовые ресурсы в развитие социальной инфраструктуры, выступает государство. Анализ теоретических и методологических подходов к оценке эффективности государственных инвестиций в инфраструктуру приведен в работе [22]. Особо отмечены труды авторов [23], посвященные исследованию влияния государственных инвестиций на социальную инфраструктуру как наиболее сильного фактора, способствующего росту производительности труда, созданию новых рабочих мест, выравниванию темпов социально-экономического развития регионов.

Однако государственных средств для развития социальной сферы недостаточно, требуется привлечение средств частных инвесторов. С этой целью реализуются проекты государственно-частного партнерства, большинство из них – в сфере здравоохранения и образования, значительно меньше – в сфере туризма, культуры, физкультуры, спорта и социального обслуживания населения [24].

Учитывая сложную территориальную организацию Российской Федерации, ее значительную территориальную протяженность, целесообразно рассматривать социальную инфраструктуру как страны в целом, так и ее регионов. Следует отметить, что одним из ключевых приоритетов региональной политики является сбалансированное пространственное развитие, при этом решению данной задачи должно уделяться внимание как на федеральном уровне, так и на региональном [25]. Однако, как отмечают авторы исследования [26], на сегодняш-

ний день отсутствует системность в отношении развития инфраструктуры регионов России: нет четкого плана комплексного развития территорий, единой оценки состояния инфраструктуры, инвестиции определяются исходя из текущих потребностей, горизонт планирования не превышает двух-трех лет, стратегии развития часто не выполняются.

Нами подготовлена выборка данных, характеризующих состояние различных сфер социальной инфраструктуры в разрезе регионов РФ. Выборка сформирована на основе данных, публикуемых Федеральной службой государственной статистики РФ¹. Первоначально рассмотрены двадцать два признака, характеризующие состояние жилищно-коммунального хозяйства, образования, здравоохранения, культуры и искусства, информационных коммуникаций, розничной торговли.

Проведен компонентный анализ исходной выборки, на основе его результатов определены наиболее значимые признаки по каждой из сфер и сформирована сокращенная выборка. Затем осуществлен компонентный анализ сокращенной выборки и построены четыре главные компоненты (ГК). Весовые коэффициенты признаков построенных главных компонент представлены в *таблице 1*.

Определены значимые признаки, имеющие большие по модулю весовые коэффициенты (они выделены в таблице 1 жирным шрифтом). Рассчитаны значения коэффициентов информативности главных компонент, что позволило выявить их состав. В первую главную компоненту вошли следующие признаки: «Охват детей дошкольным образованием», «Число профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена», «Число больничных коек», «Мощность амбулаторно-поликлинических организаций», «Число музеев», «Число спортивных залов». Все признаки имеют положительные коэффициенты. Во вторую главную компоненту вошли два признака с отрицательными коэффициентами («Объем коммунальных услуг на душу населения» и «Оборот розничной торговли на душу населения») и один признак с положительным коэффициентом («Число общеобразовательных организаций»). В третью главную компоненту вошли два признака с отрицательными коэффициентами («Общая площадь жилых помещений, в среднем приходящаяся на одного жителя» и «Число плоскостных спортивных сооружений») и один признак с положительным коэффициентом («Население, использо-

Таблица 1. Весовые коэффициенты признаков главных компонент

Признак	Весовые коэффициенты			
	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4
Общая площадь жилых помещений, в среднем приходящаяся на одного жителя	0,146	-0,321	-0,398	0,224
Объем коммунальных услуг на душу населения	0,218	-0,438	0,145	0,021
Охват детей дошкольным образованием	0,336	-0,277	-0,232	-0,018
Число общеобразовательных организаций	0,288	0,400	0,122	-0,097
Число профессиональных образовательных организаций, осуществляющих подготовку специалистов среднего звена	0,415	0,157	0,112	0,075
Число образовательных организаций высшего образования	-0,103	-0,195	0,383	0,505
Число больничных коек	0,363	-0,014	0,163	0,089
Мощность амбулаторно-поликлинических организаций	0,358	-0,137	-0,004	0,153
Число театров	-0,011	0,103	0,422	0,543
Число музеев	0,385	0,111	0,102	-0,071
Число плоскостных спортивных сооружений	0,016	-0,001	-0,469	0,437
Число спортивных залов	0,379	0,150	-0,068	-0,101
Население, использовавшее сеть Интернет	0,005	-0,293	0,377	-0,338
Оборот розничной торговли на душу населения	0,015	-0,506	0,104	-0,182

Источник: составлено авторами на основе результатов построения главных компонент.

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017: стат. сб. / Росстат. М., 2017. 1402 с.

вавшее сеть Интернет»). В четвертую главную компоненту вошли два признака с положительными коэффициентами: «Число образовательных организаций высшего образования» и «Число театров». Знаки коэффициентов учитываются при выработке рекомендаций по изменению объема инвестиций в развитие инфраструктуры.

Построены двумерные и трехмерные диаграммы рассеяния в пространстве главных компонент, по результатам анализа которых выделено 9 кластеров регионов с разным уровнем развития социальной инфраструктуры. Характеристики кластеров относительно главных компонент представлены в *таблице 2*.

В кластеры регионов с наиболее развитой инфраструктурой вошли г. Москва, г. Санкт-Петербург, Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ, Камчатский край, Еврейская автономная область, Сахалинская область, Магаданская область и другие.

В кластеры со среднеразвитой инфраструктурой вошли Республика Башкортостан, Свердловская область, Челябинская область, Брянская область, Калужская область, Астраханская область, Волгоградская область, Новосибирская область и другие.

В кластеры с наименее развитой инфраструктурой попали Мурманская область, Тульская область, Республика Калмыкия, Республика Алтай, Забайкальский край, Республика Дагестан, Республика Ингушетия и другие.

Следует отметить, что при определении уровня развития инфраструктуры учтены знаки весовых коэффициентов признаков, входящих в главные компоненты. Так, в первую и четвертую главные компоненты входят при-

знаки, имеющие только положительные коэффициенты, поэтому чем выше их значения, тем выше уровень развития инфраструктуры. А во вторую и третью главные компоненты – признаки, имеющие отрицательные коэффициенты: «Объем коммунальных услуг», «Оборот розничной торговли», «Общая площадь жилья, приходящаяся на одного человека» и «Спортивные плоскостные сооружения». Следовательно, чем ниже значения этих признаков, тем выше уровень развития инфраструктуры.

На основе построенных главных компонент и состава входящих в них признаков сформирована структура интегрального показателя качества социальной инфраструктуры. Количество подсистем соответствует количеству главных компонент и равно четырем, количество элементов подсистем равно количеству признаков, входящих в соответствующую главную компоненту. Так, для первой главной компоненты количество признаков равно шести, для второй и третьей главных компонент – трем, для четвертой главной компоненты – двум.

Интегральный показатель качества социальной инфраструктуры I_s вычисляется аналогично интегральному показателю качества жизни как взвешенная сумма компонент K_i :

$$I_s = \sum_{i=1}^4 \alpha_i K_i, \tag{8}$$

где коэффициенты α_i находятся по формуле (6).

Динамика изменения интегрального показателя I_s описывается дифференциальным уравнением вида:

$$\dot{I}_s = -I_s + \alpha_1 K_1 + \alpha_2 K_2 + \alpha_3 K_3. \tag{9}$$

Таблица 2. Характеристика кластеров относительно главных компонент

Уровень развития	Номер кластера	ГК1	ГК2	ГК3	ГК4
Наиболее развитая инфраструктура	4	низкое	низкое	высокое	среднее
	5	высокое	среднее	высокое	среднее
	9	высокое	низкое	высокое	высокое
Среднеразвитая инфраструктура	1	среднее	среднее	низкое	низкое
	2	среднее	среднее	среднее	низкое
	7	низкое	низкое	среднее	низкое
Наименее развитая инфраструктура	3	низкое	среднее	высокое	низкое
	6	среднее	высокое	высокое	среднее
	8	низкое	высокое	высокое	низкое

Источник: составлено авторами на основе результатов анализа расположения кластеров в пространстве главных компонент.

Динамика изменения компонент K_i описывается дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{K}_1 = -\lambda_{11}K_1 + \lambda_{12}K_2 + \lambda_{13}K_3 + \lambda_{14}K_4 + K_{10}, \\ \dot{K}_2 = -\lambda_{22}K_2 + \lambda_{21}K_1 + \lambda_{23}K_3 + \lambda_{24}K_4 + K_{20}, \\ \dot{K}_3 = -\lambda_{33}K_3 + \lambda_{31}K_1 + \lambda_{32}K_2 + \lambda_{34}K_4 + K_{30}, \\ \dot{K}_4 = -\lambda_{44}K_4 + \lambda_{41}K_1 + \lambda_{42}K_2 + \lambda_{43}K_3 + K_{40}, \end{cases} \quad (10)$$

где $K_{i0}, i = \overline{1,4}$ – начальные значения компонент K_i ; $\lambda_{ij}, i \neq j$ – весовые коэффициенты, отражающие взаимное влияние компонент K_i . Значения коэффициентов λ_{ij} определяются экспертным путем на основе анализа статических данных.

Начальные значения компонент K_i определяются как взвешенная сумма значений признаков, входящих в соответствующую главную компоненту:

$$K_{10} = \beta_{11}x_{11} + \beta_{12}x_{12} + \beta_{13}x_{13} + \beta_{14}x_{14} + \beta_{15}x_{15} + \beta_{16}x_{16}, \quad (11)$$

$$K_{20} = \beta_{21}x_{21} + \beta_{22}x_{22} + \beta_{23}x_{23}, \quad (12)$$

$$K_{30} = \beta_{31}x_{31} + \beta_{32}x_{32} + \beta_{33}x_{33}, \quad (13)$$

$$K_{40} = \beta_{41}x_{41} + \beta_{42}x_{42}, \quad (14)$$

где коэффициенты β_{ij} вычисляются по формуле (7).

Динамика изменения признаков $x_{1j}, j = \overline{1,6}$ для первой главной компоненты описывается дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_{11} = -x_{11} + k_{112}x_{12} + k_{113}x_{13} + k_{114}x_{14} + k_{115}x_{15} + k_{116}x_{16} + u_{11}, \\ \dot{x}_{12} = -x_{12} + k_{121}x_{11} + k_{123}x_{13} + k_{124}x_{14} + k_{125}x_{15} + k_{126}x_{16} + u_{12}, \\ \dot{x}_{13} = -x_{13} + k_{131}x_{11} + k_{132}x_{12} + k_{134}x_{14} + k_{135}x_{15} + k_{136}x_{16} + u_{13}, \\ \dot{x}_{14} = -x_{14} + k_{141}x_{11} + k_{142}x_{12} + k_{143}x_{13} + k_{145}x_{15} + k_{146}x_{16} + u_{14}, \\ \dot{x}_{15} = -x_{15} + k_{151}x_{11} + k_{152}x_{12} + k_{153}x_{13} + k_{154}x_{14} + k_{156}x_{16} + u_{15}, \\ \dot{x}_{16} = -x_{16} + k_{161}x_{11} + k_{162}x_{12} + k_{163}x_{13} + k_{164}x_{14} + k_{165}x_{15} + u_{16}, \end{cases} \quad (15)$$

динамика изменения признаков $x_{2j}, j = \overline{1,3}$ для второй главной компоненты – дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_{21} = -x_{21} + k_{212}x_{22} + k_{213}x_{23} + u_{21}, \\ \dot{x}_{22} = -x_{22} + k_{221}x_{21} + k_{223}x_{23} + u_{22}, \\ \dot{x}_{23} = -x_{23} + k_{231}x_{21} + k_{232}x_{22} + u_{23}, \end{cases} \quad (16)$$

динамика изменения признаков $x_{3j}, j = \overline{1,3}$ для третьей главной компоненты – дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_{31} = -x_{31} + k_{312}x_{32} + k_{313}x_{33} + u_{31}, \\ \dot{x}_{32} = -x_{32} + k_{321}x_{31} + k_{323}x_{33} + u_{32}, \\ \dot{x}_{33} = -x_{33} + k_{331}x_{31} + k_{332}x_{32} + u_{33}, \end{cases} \quad (17)$$

динамика изменения признаков $x_{4j}, j = \overline{1,2}$ для четвертой главной компоненты – дифференциальными уравнениями вида:

$$\begin{cases} \dot{x}_{41} = -x_{41} + k_{412}x_{42} + u_{41}, \\ \dot{x}_{42} = -x_{42} + k_{421}x_{41} + u_{42}, \end{cases} \quad (18)$$

где k_{ijl} – весовые коэффициенты, отражающие взаимное влияние признаков. Числовые значения коэффициентов k_{ijl} определяются экспертным путем на основе анализа статических данных; u_{ij} – финансово-экономические управляющие воздействия (объем инвестиций).

На основе представленных в таблице 2 характеристик кластеров относительно главных компонент сформированы рекомендации по изменению объема инвестиций (U_i) в сферы социальной инфраструктуры по кластерам регионов (табл. 3). Стрелка вверх означает необходимость увеличения объема инвестиций в соответствующие области. Так, например, для кластера 8 значение ГК1 «низкое», следовательно, для повышения уровня развития социальной инфраструктуры кластера 8 следует увеличить объем инвестиций в те области (признаки), которые входят в состав указанной компоненты. При этом учитываются знаки весовых коэффициентов признаков, входящих в главные компоненты. Так, например, для кластера 7 значение ГК2 «низкое», но в нее входят признаки с отрицательным знаком и низкое значение признака означает высокий уровень развития данной области, поэтому дополнительных вложений не требуется.

Следует отметить, что для кластеров регионов с наиболее развитой инфраструктурой дополнительных вложений инвестиций не предусматривалось.

Проведено сравнение объема вложенных инвестиций в сферы социальной инфраструктуры в регионах РФ за 2016 и за 2017 годы, рассчитаны относительные изменения значений объема инвестиций в разные сферы по кластерам. С учетом рекомендуемых изменений объема инвестиций по кластерам регионов и рассчитанных относительных изменений объема инвестиций оценено качество социальной инфраструктуры (табл. 4).

Таблица 3. Рекомендуемое изменение объема инвестиций

№ кластера	Рекомендуемое изменение объема инвестиций			
	U_1	U_2	U_3	U_4
8 кластер	↑	↑	↑	↑
6 кластер		↑	↑	
3 кластер	↑		↑	↑
7 кластер	↑			↑
2 кластер		↑	↑	
1 кластер				↑

Источник: составлено авторами на основе полученных характеристик кластеров.

Таблица 4. Оценка качества социальной инфраструктуры

№ эксперимента	$\Delta U_1, \%$	$\Delta U_2, \%$	$\Delta U_3, \%$	$\Delta U_4, \%$	I_s	$\Delta I_s, \%$
Базовый эксперимент	-	-	-	-	1,123	-
Эксперимент 1 (для кластера 8)	0,45	0,39	0,64	0,1	1,526	36
Эксперимент 2 (для кластера 6)	-	0,23	0,11	-	1,298	15
Эксперимент 3 (для кластера 3)	0,01		0,08	0,1	1,239	10,3
Эксперимент 4 (для кластера 7)	0,06			0,1	1,199	6,7
Эксперимент 5 (для кластера 2)		0,13	0,06		1,192	6,1
Эксперимент 6 (для кластера 1)				0,1	1,137	1,2

Источник: составлено авторами на основе результатов экспериментов.

Результаты исследований показали, что при увеличении объема инвестиций в развитие социальной инфраструктуры ее качество повысилось, при этом наибольший рост качества $\Delta I_s = 36\%$ достигнут в кластере 8, в который входят такие регионы, как Республика Дагестан, Республика Ингушетия, наименьший рост $\Delta I_s = 1,2\%$ – в кластере 1, в который входят, например, Республика Башкортостан, Свердловская область. Для регионов кластера 6 (например, Республика Алтай, Забайкальский край) качество социальной инфраструктуры повысилось на 15%, для регионов кластера 3 (например, Мурманская область, Тульская область) – на 10,3%, для регионов кластера 7 (например, Астраханская область, Волгоградская область) – на 6,7%, для регионов кластера 2 (например, Брянская область, Калужская область) – на 6,1%.

Таким образом, разработанный алгоритм позволил построить кластеры регионов, характеризующихся разным уровнем развития социальной инфраструктуры, оценить качество со-

циальной инфраструктуры на основе расчета интегрального показателя и выработать управляющие воздействия в виде рекомендуемого изменения объема инвестиций, вкладываемых в развитие социальной инфраструктуры, по кластерам регионов.

Заключение

Предложенная методология исследования, моделирования и управления обществом рассматривает его как социетальную систему, представляющую собой организованную системную целостность и единство экономической, политической, социальной и духовно-культурной подсистем. В качестве критерия развития общества выделен интегральный показатель качества жизни, который является также и критерием эффективности деятельности органов государственного управления. Разработаны модели качества жизни, позволившие с позиций системного подхода изучить структуру интегрального показателя и представить ее в виде иерархии триад взаимосвязанных компонентов, представить

интегральный показатель в виде многослойного многосвязного объекта, обладающего свойством самоорганизации, и разработать динамическую модель его оценки. Предложен алгоритм управления качеством функционирования социетальной системы на основе оценки интегрального показателя, основанный на применении методов интеллектуального анализа данных и динамического моделирования. Рассмотрено применение алгоритма для управления качеством социальной инфраструктуры регионов РФ, результаты которого позволили построить кластеры регионов,

отличающихся уровнем развития социальной инфраструктуры, разработать структуру интегрального показателя и динамическую модель оценки качества социальной инфраструктуры, сформулировать управляющие воздействия в виде рекомендуемых изменений объема инвестиций с учетом характеристик построенных кластеров.

Полученные рекомендации могут использоваться федеральными и региональными органами власти при разработке стратегических документов, направленных на повышение качества жизни населения.

Литература

1. Штомпка П. Социология. Анализ современного общества: пер. с польск. С.М. Червонной. М.: Логос, 2005. 664 с.
2. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. М.: Академия, 1999. 462 с.
3. Иванов В.В., Малинецкий Г.Г. Россия XXI век. Стратегия прорыва. Технологии. Образование. Наука. Изд. 3-е, стереотип. М.: Ленанд, 2018. 304 с.
4. Лапин Н.И. Социокультурный подход и социетально-функциональные структуры // Социологические исследования. 2000. № 7. С. 3–12.
5. Морозов В.А. Структура общества, взаимодействие его подсистем и элементов // Экономические стратегии. 2017. № 6. С. 202–211.
6. Подвойский Д.Г. Предметно-методологическое самоопределение новой науки о человеческом обществе: Огюст Конт и его теория // Вестник РУДН. Серия: Социология. 2002. № 1. С. 100–115.
7. Закиева Е.Ш. Анализ свойств общества как динамической системы на основе имитационного моделирования // Информатизация образования и науки. 2019. № 3 (43). С. 148–160.
8. Парсонс Т. Система современных обществ / пер. с англ.; под ред. М.С. Ковалевой. М.: Аспект Пресс, 1998. 270 с.
9. Айвазян С.А. Анализ качества и образа жизни населения. М.: Наука, 2012. 432 с.
10. Sinha V.R.K. *Multidimensional Approach to Quality of Life Issues: A Spatial Analysis*. Springer Nature, 2019. 457 p.
11. Discoli C., Martini I., San Luan G., Barbero D., Dicroce L., Ferreyro C., Esparza J. Methodology aimed at evaluating urban life quality levels. *Sustainable Cities and Society*, 2014, no. 10, pp. 140–148.
12. Massam B.H. Quality of life: public planning and private living. *Progress in Planning*, 2002, no. 58, pp. 141–227.
13. Mellor D., Cummins R.A., Loquet T. Life quality and wealth: A qualitative and quantitative comparison of affluent and poor people. *Journal of Social Research and Policy*, 2012, vol. 3, no. 2, pp. 7–18.
14. Ruževičius J., Akranavičiūtė D. Quality of life and its components measurement. *Engineering Economics*, 2007, vol. 2, pp. 43–48.
15. Somarriba N., Pena B. Synthetic indicators of quality of life in Europe. *Social Indicators Research*, 2009, no. 94 (1), pp. 115–133.
16. Россошанский А.И., Чекмарева Е.А. Современное состояние и развитие теории и методологии исследования качества жизни населения // Проблемы развития территории. 2016. Вып. 1 (81). С. 145–159.
17. Cummins R.A. Objective and subjective quality of life: an Interactive model. *Social Indicators Research*, 2000, vol. 52, no. 1, pp. 55–72.
18. Объективно-субъективный подход к оценке качества жизни / Б.Г. Ильясов, И.Б. Герасимова, Е.А. Макарова, Е.Ш. Закиева // Качество. Инновации. Образование. 2016. № 2 (129). С. 47–57.

19. Горохов М.М., Саетова Л.Г. Сравнение программного обеспечения для статистического анализа данных // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2018. № 2 (33). С. 61–63.
20. Скородумов П.В. Имитационное моделирование экономических систем: программные средства и направления их совершенствования // Проблемы развития территории. 2015. Вып. 2 (76). С. 62–72.
21. Логачева Н.М. Социальная инфраструктура как фактор регионального развития // Вестник Уральского института экономики, управления и права. 2011. № 2 (15). С. 57–65.
22. Смирнова Т.Л. Тенденции бюджетного финансирования инфраструктуры в России // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 3. С. 2093–2106. DOI: 10.18334/eo.9.3.40658
23. Chatterjee S., Gibson J., Rioja F. Public investment, debt, and welfare: a quantitative analysis. *Journal of Macroeconomics*, 2018, pp. 204–217. DOI: 10.1016/j.jmacro.2018.01.007
24. Воронина В.С. Особенности финансирования социальной инфраструктуры // Государственно-частное партнерство. 2016. Т. 3. № 4. С. 235–246. DOI: 10.18334/ppp.3.4.37415
25. Гайнанов Д.А., Биглова Г.Ф., Атаева А.Г. Стратегическое управление ключевыми потенциалами развития разноуровневых территориальных социально-экономических систем // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2017. Т. 10. № 2. С. 77–89. DOI: 10.15838/esc/2017.2.50.4
26. Инфраструктура России: индекс развития / А. Жундриков [и др.] URL: https://infraone.ru/analitika/Index_razvitiia_infrastruktury_Rossii_InfraONE_Research.pdf (дата обращения 08.06.2020).

Сведения об авторах

Дамир Ахнафович Гайнанов – доктор экономических наук, профессор, директор, Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Институт социально-экономических исследований (450044, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр-т Октября, д. 71; e-mail: 2d2@inbox.ru)

Елена Шавкатовна Закиева – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры, Уфимский государственный авиационный технический университет (450000, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12; e-mail: zakievae@mail.ru)

Gainanov D.A., Zakieva E.Sh.

Assessing Population's Quality of Life on the Basis of Intelligent Algorithms and Dynamic Modeling

Abstract. The article deals with the issues of research, modeling and management of society as a societal system. The authors propose a methodology for studying society based on the system composition of the main structures of activities organization, as well as the integration of general scientific laws and approaches. The peculiarity of the methodology is that society is represented as system integrity and a unity of economic, political, social, spiritual, and cultural sub-systems. Improving population's quality of life is considered a criterion for society's development and, at the same time, the effectiveness of its management. The paper proposes the models for assessing the quality of life as an integral indicator of the society's quality of functioning and development, which allow evaluating this indicator, studying its structure, and the dynamics of its changes. An algorithm for managing the functioning quality of the societal system, based on the assessment of the integral index, is developed. A special feature of the algorithm is the complex application of data mining and dynamic modeling methods. The algorithm includes two main stages. At the first stage, data mining is performed on the quality of the system functioning in the selected area in the regional context. The results of the analysis allow identifying the clusters of regions and determining their characteristic features. The second stage involves developing the integral index structure and a dynamic model for assessing the functioning quality of the societal system on

the basis of the integral index calculation, producing control actions in the form of changes in the volume of investments taking into account the characteristics of the constructed clusters. The authors consider the case of the developed algorithm implementation for quality management of social infrastructure in the regions of the Russian Federation, which allowed determining the recommended change in the level of investment in social infrastructure development by the regional clusters.

Key words: societal system, quality of life, integral index, management algorithm, sampling, principal component method, regional clusters, dynamic model, social infrastructure quality.

Information about the Authors

Damir A. Gainanov – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Director, Ufa Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Institute for Socio-Economic Research (71, October Avenue, Ufa, 450054, Republic of Bashkortostan, Russian Federation; e-mail: 2d2@inbox.ru)

Elena Sh. Zakiyeva – Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor, Associate Professor at the Department, Ufa State Aviation Technical University (12, Karl Marx Street, Ufa, 450000, Russian Federation; e-mail: zakievae@mail.ru)

Статья поступила 11.02.2020.