

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИИ

А.М. Ситковский^{1а}

^аРоссийская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации

АННОТАЦИЯ:

Постановка проблемы. Оценка состояния и динамики территории являются неотъемлемой частью исследований в области экономики и управления. Существующий инструментарий предлагает множество подходов, однако большинство из них базируется на обработке и представлении общедоступной статистической информации. Подобный источник информации не всегда является корректным, что влечёт за собой некорректность производимых оценок. Существует объективная необходимость поиска оптимального инструментария для проведения оценки территории в случаях дефицита статистической информации либо ситуации недоверия к её качеству.

Цель исследования. Предложить актуализированный инструментарий проведения комплексной многокритериальной оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории.

Методологическая база. Концептуальной основой исследования выступило утверждение о возможности проведения оценки состояния и динамики территории на основе данных социологического исследования. Мнение населения о территории позволяет выявить предпосылки к его дальнейшему экономически важному поведению, будь то выбытие из территории либо инвестирование в неё. С точки зрения проведения экономического исследования мнение населения о территории может являться более важной характеристикой, чем фактические метрики. Доверие к оценкам населения как источнику информации как правило выше, чем к общедоступной статистической информации.

Методы исследования. С целью актуализации инструментария исследуемых оценок разработана математическая модель. Концептуальной основой её разработки стал алгоритм построения модели интегральной оценки экономического объекта, предложенный П. В. Трусовым. Результаты работы модели визуализированы с использованием *Microsoft Excel* по методике С. С. Гордеева и А. В. Кочерова.

Используемые материалы. Статистической базой апробации модели выступили результаты социологических исследований мнения населения муниципальных образований Челябинской области в 2019 году, размещённые в открытом доступе на официальных сайтах их администраций.

Основные результаты. В статье предложена математическая модель комплексной многокритериальной оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории. Продемонстрирована её работа на примерах оценки как состояния, так и динамики городов Челябинской агломерации. Результаты визуализированы, осуществлена их интерпретация.

Выводы. В статье продемонстрирована работоспособность предложенного актуализированного инструментария. Он может быть широко использован в экономических исследованиях территорий различного административного уровня.

БЛАГОДАРНОСТИ: Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант РФФИ 19-010-00964 «Моделирование и визуализация сценариев пространственного развития трансграничного макрорегиона на примере Урала и Северного Казахстана».

¹AuthorID РИНЦ: 1012909, ORCID: 0000-0002-8725-6580

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: многокритериальные оценки, матричные оценки, векторные оценки, анализ территории, инструментарий анализа, математическая модель, социологическое исследование.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ситковский А.М. (2021). Моделирование многокритериальной оценки социально-эколого-экономического состояния и динамики территории // Вопросы управления. № 2. С. 102–119.

Введение

В исследованиях в области экономики и управления важное место занимает оценка и анализ социо-эколого-экономического состояния и динамики территории. В литературе изложено множество подходов и инструментов подобного рода анализа [1, с. 120–128]. Большинство из них базируются на эконометрическом или графоаналитическом исследовании статистических показателей. Как правило, имеющиеся статистические данные разбиваются на группы (демографические, социальные, финансовые и т.д.), ранжируются, им присваиваются веса. Зачастую результатом подобного исследования становится интегральный показатель (коэффициент), который удобен при сопоставлении территорий и формировании рейтингов [2, с. 50–243].

Подобные инструменты в значительной степени опираются на предложенную статистическую базу. Соответственно, качество исследования во многом определяется качеством (достоверностью) первоначальных статистических данных. В случаях, когда достоверность статистической базы может быть подвергнута сомнению, данные инструменты практически полностью утрачивают свою актуальность. Они становятся применимы только для сопоставления объектов исследования между собой, но и в данном случае имеют значительные ограничения [3, с. 4–5]. Дефицит статистической информации особенно часто проявляется при исследовании муниципальных образований. Вследствие этого существует объективная необходимость в актуализации инструментария оценки социо-эколого-экономической динамики и состояния территории в условиях дефицита достоверной общедоступной статистической информации.

Степень разработанности проблемы

Обзор классических подходов

Большинство моделей оценки состояния и динамики территории условно можно разделить на две большие группы: «методы реги-

онального экономического анализа» и «математические модели региональной экономики» [4, с. 95]. Классическими исследованиями в области использования математических моделей в целях исследования территорий являются: «Экономическая таблица» Франсуа Кенэ [5, с. 279], «Классическая макроэкономическая модель» Адама Смита [6, с. 57–97], «модель международной торговли» Давида Рикардо [7, с. 833–868]. В XIX веке отдельно выделилась математическая школа моделирования экономических процессов, представителями которой являются Леон Вальрас, Огюстен Курно, Вильфредо Парето, Фрэнсис Эджворт и др. [8, с. 142] В XX веке математические методы моделирования получили своё наибольшее развитие. В частности, с их применением связаны почти все открытия в области экономики, удостоившиеся Нобелевской премии. Среди российских учёных, наибольший вклад в развитие математического моделирования в экономике внесли В. К. Дмитриев и Е. Е. Слуцкий [9, с. 185].

Одной из первых математических моделей оценки территории является формула антропогенного воздействия на окружающую среду (IPAT), предложенная Паулем Эрлихом и Джоном Холдреном [10, с. 425–426] и имеющая вид:

$$I = P \cdot A \cdot T, \quad (1)$$

где I – воздействие на окружающую среду; P – население; A – благосостояние; T – технологический уровень развития государства. Формула (1) предназначена для определения степени некой экологической ответственности государства перед остальным миром, исходя из потенциала негативного воздействия на окружающую среду.

Вслед за экологической проблематикой, развитие получила методология устойчивого (социо-эколого-экономического) развития. Данная методология также может быть выражена в виде математической модели [10, с. 444], представленной формулой (2):

$$F_t(L, K, P, I) \leq F_{t+1}(L, K, P, I), \quad (2)$$

где $F_t(L, K, P, I)$ – функция устойчивого развития; L – трудовые ресурсы; K – физический/искусственный капитал; P – природные ресурсы; I – институциональный фактор, t – временной период. Функция (3) отражает философию устойчивого развития: необходимость сохранения и приумножения ресурсов. Пускай и в весьма обобщённом виде, формула (3) является одним из первых вариантов комплексной многокритериальной оценки состояния и динамики территории.

Наиболее часто используемым методом многокритериальной оценки территории на сегодняшний день является «индекс человеческого развития» (ИЧР). Он рассчитывается как среднее геометрическое трёх индексов: «ожидаемая продолжительность жизни»; «средняя продолжительность обучения населения в годах»; «ожидаемая продолжительность обучения населения, ещё получающего образование, в годах»; «ВНД на душу населения по ППС в долларах США», каждый из которых имеет свою формулу расчёта. ИЧР хорошо подходит и часто применяется для сопоставления государств, однако также может быть применён для сравнения территорий внутри одной страны, в частности, как это ежегодно делает Аналитический центр при Правительстве РФ [11, с. 5].

Классификация и анализ современных подходов

Наиболее распространённым современным направлением в решении многокритериальных задач является *скаляризация*, под которой понимается сведение многокритериальной задачи к однокритериальной, в данном случае – к формированию интегрального показателя оценки состояния территории [12, с. 102]. Развитием методов скаляризации является усложнение процесса её произведения с целью более точного отражения первоначальной многокритериальной задачи. С математической точки зрения можно выделить две группы методов скаляризации. Для методов первой группы значительно усложняется целевая функция (сравнительно с обычной скалярной задачей), а для методов второй группы усложняются функции ограничений (например, веса для агрегируемых показателей). Однако сведение к однокритериальной задаче

нельзя в полной мере считать методом решения многокритериальной задачи.

Среди многокритериальных задач, наиболее простыми в решении и распространёнными на практике являются двухкритериальные задачи. Основы решения такой задачи описываются при помощи «кривой Парето» – кумулятивной зависимости распределения результата от фактора или одного фактора от другого. Для многокритериальной задачи поиск оптимального решения выполняется при помощи «множества Парето» [13, с. 13]. Данный алгоритм направлен на поиск «оптимального решения», т. е. выбора наилучшей из доступных альтернатив и зачастую имеет конкретное (оптимальное) решение. Однако многокритериальные задачи не всегда имеют решение, выражаемое чётким ответом. В частности, многокритериальные задачи оценки не ставят перед собой цели поиска наилучшей альтернативы.

В случаях, когда множество альтернатив не задано, рассматриваются ограничения на их количество. Для решения подобных задач используются в том числе генетические алгоритмы. Своё название они получили благодаря своему смысловому сходству с принципом эволюционного отбора. Генетические алгоритмы – это алгоритмы поиска случайного, наиболее благоприятного решения, путём перебора всех возможных вариантов [14, с. 20]. В своём первоначальном предназначении данные алгоритмы используются для моделирования популяции и её мутации в поколениях, однако данная методика также применима и используется для решения иных многокритериальных задач поиска оптимального решения, в том числе, в сфере принятия управленческих решений и территориального планирования.

В последнее десятилетие наибольшее развитие получили программные комплексы оптимизации решения многокритериальных задач. Наиболее значимыми из них являются следующие. Разработанная совместно Институтом машиностроения РАН им. А. А. Благонравова и *Naval Postgraduate School* (Монтерей, США) программный продукт *MOVI (Multicriteria Optimization and Vector Identification)*, предназначенный для многокритериальной оптимизации и векторной идентификации [15, с. e685–e696]. Система *PFV (Pareto Front Viewer)*, раз-

работанная в Вычислительном центре РАН на основе *Microsoft Excel* и предназначенная для поиска оптимальных управленческих решений [16, с. 213–243]. Схожей по функционалу является «ВЫБОР-12М», созданный в Московском энергетическом институте [17, с. 130–141]. Система *Quick Choice*, разработанная в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете [18, с. 315–354]. Кроме названных также следует отметить российские системы: «ДИСО» (Вычислительный центр РАН), «СИМОП» (Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского), система «Парето» (МГТУ им. Н. Э. Баумана) и множество других [12, с. 106–110].

Отдельно следует выделить группу методов, предполагающих использование геоинформационных технологий (ГИС) [19, с. 1279]. Общим случаем такого использования является зонирование, базирующееся на спутниковых снимках, либо достоверных картографических материалах [20, с. 258]. Исследование динамического изменения зон (природоохранных зон, жилищной застройки, карьеров и шлакоотвалов и т. п.) позволяет охарактеризовать некоторые аспекты состояния и динамики территории [21]. Включение многокритериальных методов оценки в ГИС стало многообещающей областью исследований, привлекающей многих специалистов [22]. Например, концепция нечетких множеств была включена в анализ пригодности земли на основе ГИС посредством упорядоченного взвешенного усреднения [23, с. 135].

Несмотря на обилие методов решения многокритериальных задач, математический аппарат которых всесторонне разработан, существует недостаток эвристической составляющей данных методов, применительно к оценке состояния и динамики территории.

Методика исследования

В качестве методологической базы исследования выступила модель процесса формирования интегральной оценки экономического объекта, разработанная специалистами Пермского национального исследовательского политехнического университета [24, с. 56-85]. На её основе на рисунке 1 представлена задача моделирования анализа социо-эколого-эконо-

мического состояния и динамики территории в виде последовательности этапов. Далее в статье раскрыты каждый из этапов применительно к построению модели оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории на основе социологического исследования мнения населения.

1. Постановка задачи исследования

Задачей исследования является построение математической модели оценки социо-эколого-экономической динамики и состояния территории с учётом первоначально заданного ограничения: недоверия к общедоступной статистической информации о социо-эколого-экономических состоянии и динамике. Также, задачей исследования является дальнейшая визуализация математической модели, её интерпретация и определение возможностей применения в практике.

2. Предварительное моделирование

Исследования территорий в экономике в конечном счёте ориентированы на исследование изменения поведения или состояния человека, имеющего отношение к исследуемой территории. Объективные тенденции экономической динамики представляют интерес для исследования только тогда, когда выражаются в реакции на них вовлечённого населения, либо в изменении их качественного состояния (например, финансового или социального благополучия). В связи с этим, одним из надёжных инструментов оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики терри-

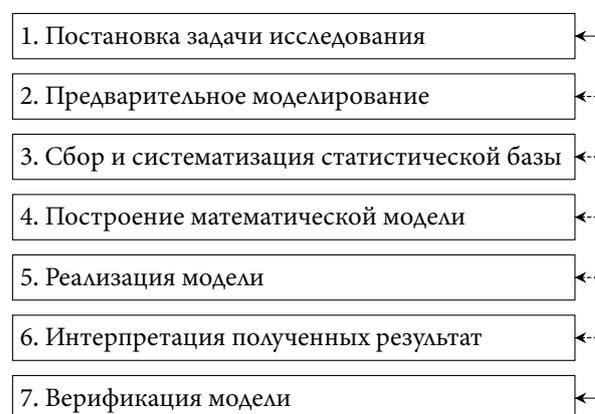


Рисунок 1 – Последовательность этапов построения модели интегральной оценки экономического объекта

Figure 1 – The sequence of stages of building an integrated assessment model of an economic object

тории выступает социологический опрос мнения населения о территории или отдельных определяющих её благополучие отраслей хозяйства [25, с. 90].

Такая категория, как «мнение населения» или индивида, носит весьма относительный характер и восходит скорее к психологическим наукам, нежели к экономическим. В данном случае под «мнением населения» понимается субъективное отношение индивида, сформировавшееся под воздействием различных условий, устоявшееся мнение относительно всей системы социо-эколого-экономических взаимодействий, возникающих в рамках определённой отрасли хозяйства. Основными характеристиками «мнения населения» являются «субъективность» и относительная «устойчивость».

Как правило, система показателей, отражающая мнение населения о качестве жизни, может выступать как основа для ключевой определяющей оценки благосостояния территории, т. е. рассматриваться как вектор неудовлетворённости социума. Острота проблем при оценке качества характеризуется по доле населения неудовлетворённых условиям жизни. Совокупность таких социологических оценок образует вектор неудовлетворённости. В общем случае численность населения с негативным восприятием существующих условий (процент неудовлетворённых условиями жизни) характеризует мнение социума по критичности ситуации.

Сами по себе результаты социологического опроса содержат недостаточно информации для определения состояния или динамики территории. В данном случае возникает потребность их углублённого анализа и нестандартной (для социологических исследований) интерпретации. Необходимым инструментом такого анализа и интерпретации служат многокритериальные оценки, которые могут представлять собой матрицу необходимых и достаточных показателей удовлетворённости населения и характеристик динамики их изменения. Показатели неудовлетворённости в данном случае представляют интерес и как общий вектор неудовлетворённости, и как неудовлетворённость отдельными отраслями хозяйства.

Перечень отраслей, включённых в опросник социологического исследования, должен охватывать все наиболее значимые отрасли хозяйства с достаточной детализацией для принятия последующих управленческих решений [26, с. 72]. Конкретный перечень исследуемых отраслей целесообразно сформировать на основе мнения экспертов, ранее проводивших исследования в данной области. К числу таких экспертов следует отнести специалистов профильных социологических лабораторий, представителей органов государственного управления в области экономического развития, а также мнение отдельных учёных, специализирующихся на данной проблематике.

Предложенный подход позволяет формировать репрезентативную, достоверную, относительно точную и многокритериальную оценку социо-эколого-экономического состояния и динамики территории с целью корректного принятия управленческих решений. Также данный подход позволяет повысить глубину научных исследований по проблематике развития территорий и осуществлять достоверную оценку состояния объекта исследования.

Объективным недостатком многокритериальных оценок является относительная сложность их реализации, требующая специальных познаний, программного обеспечения, проведения специализированного, зачастую дорогостоящего социологического исследования [27, с. 214]. Данный недостаток может быть нивелирован при систематическом вхождении данного инструмента в исследовательскую практику, а также практику государственного и муниципального управления.

3. Сбор и систематизация статистической базы

Статистической базой для подобного исследования могут выступать социологические показатели, публикуемые ежегодно по итогам опроса в соответствии с критериями оценки населением эффективности деятельности органов местного самоуправления городских округов и муниципальных районов, установленных Указом Президента РФ от 14.10.2012 № 1384 и Постановлением Правительства РФ от 17.12.2012 № 1317.

Для подготовки настоящего исследования были использованы данные социологических наблюдений, проводимых в 2019 году во всех муниципальных образованиях Челябинской области. Населению территорий был предложен одинаковый перечень вопросов об условиях и качестве их жизни. Всего было опрошено 1213 человек. Результаты статистических наблюдений, использованные для исследования, размещены на официальных сайтах администраций муниципальных образований: Челябинск², Копейск³, Коркино⁴, Южноуральск⁵.

Часть вопросов опросного листа была посвящена отдельным отраслям хозяйствования. В опроснике данный вопрос сформулирован так: «Насколько вы удовлетворены характеристиками следующих товаров и услуг на рынках вашего города (района) по критериям?». Объекты требовалось охарактеризовать по каждому из трёх критериев: «качество», «уровень цен», «возможность выбора». Для каждого из критериев опрашиваемому требовалось выбрать один из вариантов: «удовлетворен», «скорее удовлетворен», «скорее не удовлетворен», «не удовлетворен».

В рамках данного исследования использовались только ответы на вопросы, посвящённые отраслям и выявляющие удовлетворённость населения их качеством. Помимо результатов отдельных муниципальных образований, в статистической сводке также представлены данные в среднем для всех муниципальных образований Челябинской области. В качестве отраслей хозяйствования для данного исследования на основе удовлетворённости населения их качеством были выбраны: негосударственные медицинские услуги; продажа лекарств; дошкольное образование; школьное образование; среднее профессиональное образование; дополнительное об-

разование детей; детский отдых и оздоровление; социальные услуги; теплоснабжение; обработка ТКО; благоустройство городской среды; содержание многоквартирных домов; муниципальный транспорт; межмуниципальный транспорт; такси; сотовая связь; интернет; жилищное строительство; капитальное строительство; легкая промышленность; наружная реклама.

В результате обработки представленных данных, может быть сформирован перечень показателей оценки социо-эколого-экономического состояния территории. Пример такого перечня приведён в таблице 1.

В целях оценки социо-эколого-экономической динамики территории на основании социологического исследования необходимо использовать данные опроса за несколько лет с сопоставимыми значениями. В дальнейшем динамические данные могут быть обработаны и представлены в виде следующих показателей:

- разница (изменение) неудовлетворённости или вектора критичности;
- волатильность неудовлетворённости или вектора критичности;
- вариация неудовлетворённости или вектора критичности;
- математическое ожидание неудовлетворённости или вектора критичности;
- мода неудовлетворённости или вектора критичности и др.

Полученные данные для исследования как в динамических рядах, так и в статичных рядах были обработаны с помощью программного обеспечения *Microsoft Excel*.

4. Построение математической модели

Исходя из представленного набора данных, многокритериальную оценку социо-эколого-экономического состояния и динамики терри-

²Результаты опроса потребителей и предпринимателей. // Администрация города Челябинска: официальный сайт. URL: <https://cheladmin.ru/ru/administraciya-goroda/struktura-upravleniya/upravlenie-po-strategicheskomu-planirovaniyu/promyshlennost/razvitie-konkurencii/rezultaty-oprosa-potrebiteley-i-predprinimateley> (дата обращения: 29.10.2020).

³Результаты опроса потребителей и предпринимателей. // Администрация Копейского городского округа Челябинской области: официальный сайт. URL: <https://akgo74.ru/about/oprosy.php> (дата обращения: 29.10.2020).

⁴Развитие конкуренции. // Официальный сайт Администрация Коркинского муниципального района. URL: <https://korkino.eps74.ru/htmlpages/Show/activities/Razvitiekonkurencii> (дата обращения: 29.10.2020).

⁵Развитие конкуренции. // Администрация Южноуральского городского округа: официальный сайт. URL: <http://u-uralsk.ru/htmlpages/Show/Razvitiekonkurencii> (дата обращения: 29.10.2020).

Таблица 1 – Перечень возможных показателей многокритериальной оценки социо-эколого-экономического состояния территории на основании социологического исследования

Table 1 – The list of possible indicators for a multicriteria assessment of the socio-ecological-economic state of the territory based on a sociological study

№	Показатель	Расчёт	Представление	Пример ⁶
1	Неудовлетворённость населения территории конкретной отраслью хозяйствования	Сумма ответивших «скорее не удовлетворен» и не удовлетворен»	коэффициент, доля в %	62 % жителей Южноуральска не удовлетворены наружной рекламой
2	Неудовлетворённость населения территории категорией (группой) отраслей хозяйствования	Сумма ответивших «скорее не удовлетворен» и не удовлетворен»	коэффициент, доля в %	92 % жителей Коркино недовольны строительной сферой (отрасли капитальное строительство и жилищное строительство)
3	Общая неудовлетворённость населения территории	Медиана суммы ответивших «скорее не удовлетворен» и «не удовлетворен»	коэффициент, доля в %	Коэффициент неудовлетворённости жителей Челябинска составляет 0,57 (медиана для неудовлетворённости всеми 21 отраслями)
4	Вектор критичности населения территории к конкретной отрасли хозяйствования	Отношение суммы ответивших «скорее не удовлетворен» и не удовлетворен» в территории к среднерегionalным значениям	процентный пункт	Жители Копейска на 39 процентных пункта более недовольны благоустройством городской среды, чем в среднем все жители Челябинской области
5	Вектор критичности населения территории к категории (группе) отраслей хозяйствования	Отношение суммы ответивших «скорее не удовлетворен» и не удовлетворен» в территории к среднерегionalным значениям	процентный пункт	Жители Южноуральска на 13,25 процентных пункта менее недовольны сферой образования (дошкольное, школьное, среднее профессиональное и дополнительное образование), чем в среднем все жители Челябинской области
6	Общий вектор критичности населения	Медиана значений отношения суммы ответивших «скорее не удовлетворен» и «не удовлетворен» в территории к среднерегionalным значениям	коэффициент, доля в %	Жители Копейска на 17 % более критичны в своих оценках, чем в среднем все жители Челябинской области (медиана для относительной неудовлетворённости всеми 21 отраслями)
7	Относительная неудовлетворённость населения территории	Отношение суммы ответивших «скорее не удовлетворен» и «не удовлетворен» в одной территории к другой	процентный пункт	В Челябинске на 21 процентный пункт более удовлетворены сферой продажи лекарств, чем в соседнем к нему Копейске

тории целесообразно представлять в виде матрицы (3) [28, с. 19]:

$$V_x = \begin{bmatrix} V_{a_1} & V_{a_2} & V_{a_3} & \dots & V_{a_n} \\ V_{b_1} & V_{b_2} & V_{b_3} & \dots & V_{b_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m_1} & V_{m_2} & V_{m_3} & \dots & V_{m_n} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где V_x – матрица оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории x ; V_{m_n} – показатель неудовлетворённости

населения территории по m -ной отрасли хозяйствования в n -ном году.

Матрица (3) представляет собой матричную модель оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории. В вырожденных случаях, данная матрица приобретает вид вектора. В частности, в целях оценки социо-эколого-экономического состояния территории (при отсутствии динамического ряда статистической базы, либо потреб-

⁶В столбце «Пример» изложен не исчерпывающий перечень возможных вариантов, а единичные примеры расчётов, основанные на реальных данных. Для расчётов могут быть использованы любые территории при наличии соответствующей статистической базы, а также любые из имеющихся (в данном случае – 21) отрасли хозяйствования.

ности в подобном исследовании) матрица (3) приобретает вид вектора (4):

$$V_x = \begin{bmatrix} V_a \\ \dots \\ V_m \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где m – количество отраслей хозяйствования, выбранных для социологического исследования, либо иных производных от них показателей, примеры которых приведены в таблице 1.

Для оценки социо-эколого-экономической динамики территории возможно использовать единственный показатель, например, изменение общей неудовлетворённость населения территории. В таком случае матрица (3) принимает форму вектора (5):

$$V_x = [V_a \quad \dots \quad V_n], \quad (5)$$

где n – исследуемый временной период.

Представленная модель многокритериальной оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории позволяет решать следующие основные задачи в области экономики и управления:

- осуществлять интегральную оценку состояния территории;
- ранжировать и сравнивать территории между собой;
- формировать многомерные группировки и классификации территорий;
- обнаруживать глубинные проблемы территорий, не проявляющиеся при обследовании общедоступной статистической информации;
- выявлять сильные стороны территории (конкурентные преимущества) и её относительные недостатки (факторы сдерживания развития);
- производить многокритериальную оптимизацию управления территорией и др.

С целью наглядного отображения результата произведённой оценки, целесообразно использовать методику визуализации векторов неудовлетворённости условиями и качеством жизни социума, представленную в исследованиях ранее [29, с. 43–44]. Вектор (4) наиболее наглядно может быть продемонстрирован с помощью лепестковой диаграммы, на которой «лепестками» являются отрасли хозяйствования. На ней возможно отобразить

сразу несколько территорий, а также значения в среднем для всех территорий генеральной совокупности для наглядного сравнения результатов между собой. Отдельные показатели могут быть проиллюстрированы столбчатыми диаграммами с наложением на них расчётных величин (медианы, среднего и т.п.). Оформление диаграмм произведено по методике С. С. Гордеева и А. В. Кочерова [30, с. 75–76].

Результаты

1. Реализация модели

1.1. Вектор социо-эколого-экономического состояния территории. В рамках данной статьи многокритериальная оценка социо-эколого-экономического состояния территории представлена на примере построения вектора (4) для четырёх муниципальных образований Челябинской области. Муниципальными образованиями для исследования были определены города Челябинской агломерации [31, с. 8]: Челябинск, Копейск, Южноуральск и Коркино. Соответственно, векторы в данном примере (6) определяются отдельно для каждой территории и имеют вид:

$$\begin{aligned} V_{\text{Челябинск}} &= \begin{bmatrix} V_1 \\ \dots \\ V_{21} \end{bmatrix}, \\ V_{\text{Копейск}} &= \begin{bmatrix} V_1 \\ \dots \\ V_{21} \end{bmatrix}, \\ V_{\text{Южноуральск}} &= \begin{bmatrix} V_1 \\ \dots \\ V_{21} \end{bmatrix}, \\ V_{\text{Коркино}} &= \begin{bmatrix} V_1 \\ \dots \\ V_{21} \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (6)$$

где V_{21} – количество отраслей хозяйствования, использованных для исследования, перечисленные ранее в статье.

На основе векторов (6) построено две лепестковых диаграммы – векторы оценки социо-эколого-экономического состояния для четырёх городов Челябинской агломерации. Сплошной заливкой отображено мнение в среднем для всех муниципальных образований Челябинской области. Неудовлетворённость по каждой из отраслей хозяйствования представлена в процентах от числа граждан,

обозначивших те или иные отрасли хозяйствования как неудовлетворительные (сумма результатов ответов «скорее не удовлетворен» и «не удовлетворен» в опросных листах). Результат представлен на рисунке 2.

Города сгруппированы в две диаграммы для наглядности отображения по критерию схожести социо-эколого-экономического состояния, благодаря предварительному визуальному анализу. На представленных диаграммах наглядно проиллюстрированы следующие характеристики территорий.

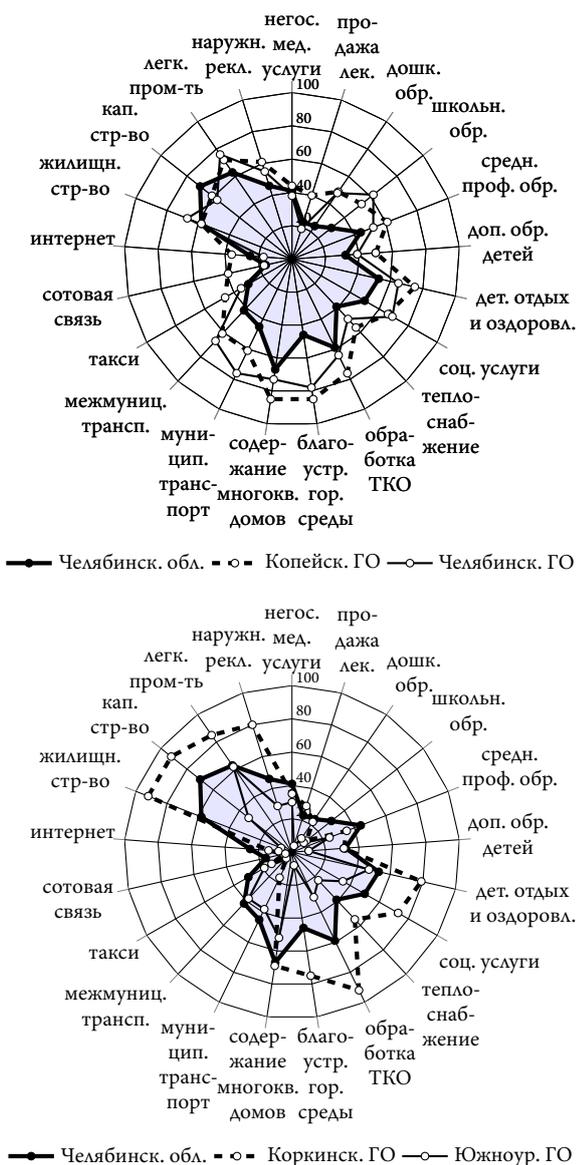


Рисунок 2 – Векторы оценки социо-эколого-экономического состояния в городах Челябинской агломерации (2019 год)
 Figure 2 – Vectors for assessing the socio-ecological-economic state in the cities of the Chelyabinsk agglomeration (2019)

Общий вектор критичности. В случае, когда контур территории на диаграмме вписывает в себя контур среднерегиональных значений, как это представлено на диаграмме для городов Челябинск и Копейск, социо-эколого-экономическое состояние территории можно считать неудовлетворительным. Контур Южноуральска полностью вписан в среднерегиональный контур, следовательно его состояние можно считать удовлетворительным. В Коркино контур частично вписан, для подобной ситуации требуется более детальное исследование, так как общий вектор критичности носит противоречивый характер.

Наиболее критичные отрасли хозяйствования. На лепестковых диаграммах отображены значения неудовлетворённости в процентах. «Всплески» неудовлетворённости хорошо видны при подобной форме отображения данных. Особенно хорошо это просматривается на примере Коркино: уровень неудовлетворённости благоустройством городской среды, жилищного и капитального строительства здесь достигает 92%. При последовательном расположении отраслей хозяйствования по более крупным группам могут проследиваться группы отраслей неудовлетворённости, в рассматриваемом случае таковой является «строительство».

Соответствие общерегиональному тренду критичности. Визуальный анализ представленных диаграмм также позволяет сравнить форму конура различных территорий и таковую для всего региона. В представленном примере форма контуров городов Челябинск, Копейск и Южноуральск схожа с таковой для всего региона, что говорит о наличии системных многолетних общерегиональных проблем. В Коркино контур по своей форме значительно отличается, что говорит о крайней специфичности его ситуации, нетипичности внутренних проблем. Более углублённое исследование причин социо-эколого-экономического состояния Коркино позволяет говорить о действительно нетипичной ситуации, связанной с одним из крупнейших в мире «коркинским угольным разрезом» и возникающей в связи с ним, в том числе, неудовлетворённости в области строительства.

Представленные лепестковые диаграммы позволяют быстро и наглядно оценить социо-эколого-экономическое состояние территорий. Однако зачастую подобной степени детализации недостаточно для формирования оценки ситуации, например, как это происходит в случае с Коркино. Выше перечислен исчерпывающий перечень выводов, доступных при данной форме представления данных. Более детального рассмотрения заслуживают отношения территориальных значений к среднерегionalным. На рисунке 3 представлены

столбчатые диаграммы, на которых отображена разница в критичности восприятия населения каждой из территорий по сравнению с среднерегionalными значениями для исследуемых отраслей хозяйствования. Жирной линией показана медиана для каждой территории.

Среднерегionalные показатели неудовлетворенности являются ориентиром некоего «общего» качества жизни территории и системных проблем, которые, возможно, не могут быть разрешены на уровне муниципаль-

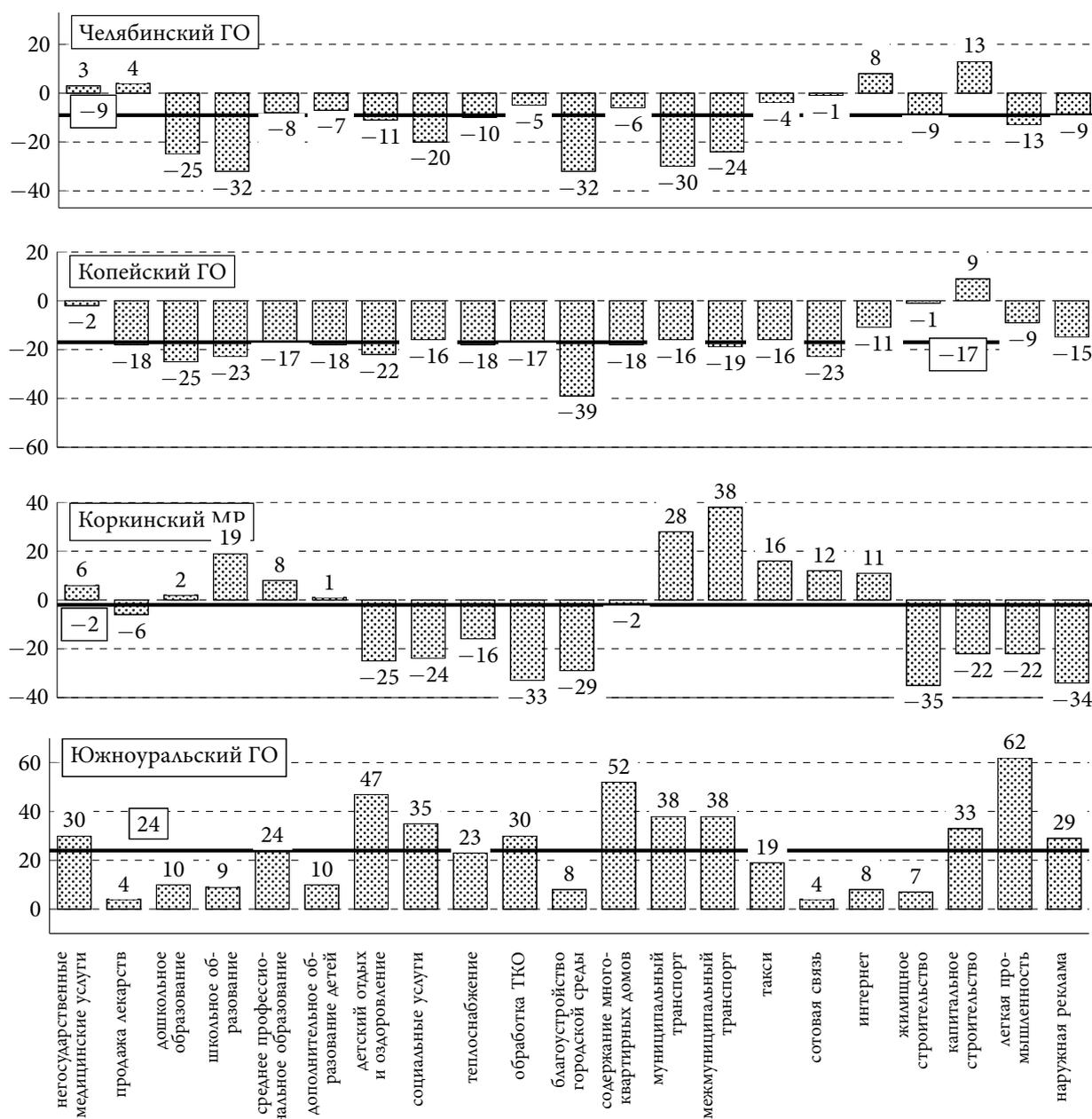


Рисунок 3 – Отклонения векторов оценки социо-эколого-экономического состояния городов Челябинской агломерации в 2019 году
 Figure 3 – Deviation of vectors for assessing the socio-ecological-economic state of the cities of the Chelyabinsk agglomeration in 2019

ного образования или региона. Они выступают ориентиром отклонений – специфических проблем территорий. Именно данные отклонения зачастую являются причиной последующих системных региональных проблем, таких как утрата потенциала саморазвития и миграционный отток населения.

Разница, между неудовлетворённостью населения территории и среднерегionalными значениями отражает следующие характеристики территорий.

Общая критичность оценок населения. Оценки населения, как уже отмечалось, несут весьма субъективный характер. Неудовлетворённость одной отраслью или группой, скорее всего говорит о существовании серьёзной проблемы, действительно влияющей на жизнедеятельность населения. В случае, когда население недоволено практически всеми отраслями хозяйствования больше, чем в среднем по региону, скорее всего это говорит о больших ожиданиях населения. Например, в Челябинске и Копейске по абсолютному числу отраслей хозяйствования население недоволено больше, чем в среднем по области. Данное объясняется тем, что это одни из крупнейших городов Челябинской области по численности населения, что обуславливает большие возможности и ожидания.

Местные проблемы и конкурентные преимущества. Данная форма представления данных позволяет исключить «общерегиональный тренд», как проблем, так и позитивных явлений. На диаграмме видно, какие отрасли хозяйствования в конкретных территориях нуждаются в первоочерёдном внимании со стороны муниципальных органов управления и какие конкурентные преимущества следует использовать. Например, в Челябинске население наиболее критично относится к сфере школьного образования и благоустройству городской среды, тогда как в Южноуральске выдающееся состояние лёгкой промышленности.

Интегральный показатель: общий вектор критичности населения. В целях менее детализированной оценки социо-эколого-экономического состояния территорий возможно использовать интегральный показатель – медиану значений относительной неудовлетворённости по всем отраслям для каждой терри-

тории. Из представленной диаграммы видно, что население Челябинска и Копейска недоволено практически всеми отраслями хозяйствования. Однако значения медианы для Челябинска –9 и Копейска –17 позволяют констатировать, что ситуация в Копейске значительно более неблагоприятная. Значение медианы для Коркино –2 говорит о том, что несмотря на нетипичную социо-эколого-экономическую ситуацию, вектор критичности практически не выходит за среднерегionalные значения.

1.2. Вектор социо-эколого-экономической динамики территории. Рассмотрим другой вариант многокритериальной оценки на примере социо-эколого-экономической динамики города Челябинска. В предшествующем примере были представлены данные за 2019 год. Для рассматриваемых территорий отражены наиболее позитивные и негативные отрасли хозяйствования по мнению населения (рис. 3). В целях углубления исследования территории, при наличии возможности, необходимо проанализировать вектор социо-эколого-экономической динамики территории. Среди исследованных территорий наибольшей численностью населения обладает город Челябинск, а также является ядром рассматриваемой агломерации, вследствие чего представляет наибольший интерес для исследования. Исходя из представленных данных, одной из наиболее критичных отраслей хозяйствования в данной территории является «межмуниципальный транспорт», одной из наиболее позитивных – «интернет».

В рассматриваемом случае, исходя из имеющихся сопоставимых данных за период 2016–2019 годы, составлена матрица оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики Челябинска (7):

$$V_{\text{Челябинск}} = \begin{bmatrix} V_{\text{МТ}_{2016}} & V_{\text{МТ}_{2017}} & V_{\text{МТ}_{2018}} & V_{\text{МТ}_{2018}} \\ V_{\text{И}_{2016}} & V_{\text{И}_{2017}} & V_{\text{И}_{2018}} & V_{\text{И}_{2018}} \end{bmatrix} \quad (7)$$

где МТ – межмуниципальный транспорт, И – интернет.

Каждый элемент матрицы (7) представлен тремя показателями удовлетворённости качеством соответствующей отрасли хозяйствования: «плохо, очень плохо», «удовлетво-

нительно», «отлично, хорошо». Ввиду различий в методике проведения социологического исследования в данном временном интервале, в 2016–2017 годах данные варианты ответов использовались в опросных листах. В 2018–2019 годах использовались «удовлетворен», «скорее удовлетворен», «скорее не удовлетворен», «не удовлетворен». В целях сопоставления результатов ответы «скорее удовлетворен» и «скорее не удовлетворен» были приравнены к варианту «удовлетворительно». Результат представлен на рисунке 4.

В целях визуализации представленной информации на рисунке 4 была выбрана диаграмма, которая наглядно демонстрирует изменения пропорций внутри сопоставимого ряда значений. Исследование векторов социо-эколого-экономической динамики позволяет сделать следующие выводы.

Устойчивость ситуации. Визуальный анализ представленных диаграмм позволяет сделать вывод о характерности восприятия населения отрасли хозяйствования или о не характерности. В том числе, позволяет выявить «временные всплески» восприятия населения. В представленном примере, критичность восприятия населением отрасли «межмуниципальный транспорт» практически не изменя-

ется во времени, что свидетельствует о системном, продолжительном характере выявленной проблемы. Исходя из данных, проблема развития межмуниципального транспорта Челябинска сдерживается, ресурсы используются на поддержание одинаково невысокого уровня качества предоставляемых услуг. Некритичность восприятия отрасли «интернет», наоборот, демонстрирует устойчивые тренды к изменению: доля полностью удовлетворённых граждан сокращается за счёт возрастания доли граждан, не определившихся в своём мнении. В данном случае речь идёт о достаточно высокой базе в области интернет-технологий, которая не получила своего последующего развития. Соответственно, состояние «интернета» не настолько плохое, чтобы вызывать неудовлетворённость, но со временем перестаёт вызывать ярко выраженное одобрение (перестаёт быть конкурентным преимуществом).

Тенденции критичности ситуации. Рассмотрение результатов предшествующих социологических исследований позволяет выявить глубину проблемы. Мнение населения, как уже отмечалось, является относительно устойчивой характеристикой. Многолетний тренд критичного восприятия той или иной отрасли хозяйствования значительно сложнее преодолеть с помощью реальных социально-экономических преобразований. Следовательно, благодаря подобному исследованию возможно определить относительную сложность исправления ситуации. В представленном примере, отношение жителей Челябинска к качеству межмуниципального транспорта достаточно сложно будет изменить, ввиду наличия устойчивого мнения и многолетнего характера проблем. Отношение населения к отрасли «интернет», напротив, относительно легко вернуть к состоянию конкурентного преимущества территории.

Волатильность отрасли хозяйствования. Общее изменение характера оценки той или иной отрасли, либо отсутствие изменений говорит об отношении динамики развития отрасли хозяйствования конкретной территории к таковой для всей отрасли в экономическом смысле. В рассматриваемом примере, мнение населения о межмуниципальном транспорте не изменяется не только пото-

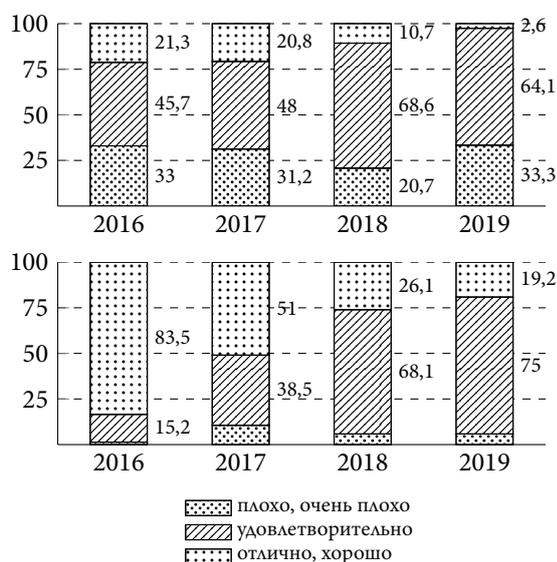


Рисунок 4 – Оценка социо-эколого-экономической динамики по данным социологического исследования в Челябинске: межмуниципальный транспорт (наверху) и интернет (внизу) (2019 год), %
Figure 4 – Assessment of socio-ecological-economic dynamics according to sociological research in Chelyabinsk: inter-municipal transport (above) and Internet (below) (2019), %

му, что данная отрасль не развивается в территории, но и потому, что данная отрасль в целом является консервативной. Интернет-технологии, напротив, имеют большую динамику развития, вследствие чего, мнение населения изменяется быстрее.

В случае исследования социо-эколого-экономической динамики территории по большинству доступных отраслей хозяйствования, производится глубокая оценка состояния и динамики территории, позволяющая однозначно выработать рекомендации для принятия управленческих решений; выявить отрасли, нуждающиеся в дополнительном углублённом исследовании; произвести многокритериальную оценку состояния и динамики территории в исследовательских целях и др.

2. Интерпретация полученных результатов

Рассмотренные в статье примеры являются вырожденными случаями матричной многокритериальной оценки социо-эколого-экономического состояния территории и демонстрирует потенциал развития данного инструментария и продолжения исследований в данном направлении. Многокритериальные оценки позволяют осуществлять всестороннее изучение состояния территории с необходимой для задач исследования степенью детализации: от формирования интегральной оценки, до выявления степени критичности специфических проблем территорий. Полученные результаты оценки могут быть использованы в бизнесе, в государственном и муниципальном управлении, в общественной и политической деятельности, в исследовательских целях. Использование предложенной модели в практике управления позволит сформировать систему поддержки принятия управленческих решений и исследовать динамические ряды данных.

Относительно представленного в статье примера необходимо заключить следующее. Поскольку отношение населения к территории является относительно устойчивой категорией, в последующие годы, даже при значительном изменении реального состояния данных территорий в лучшую сторону, вектор критичности будет сохранять свой тренд по крайней мере ещё несколько лет. При усугублении накапливающихся проблем, вектор критичности будет становиться всё более отрица-

тельным. В таком случае, территорию впоследствии ожидает полная утрата потенциала саморазвития и невозможность преодоления социального антагонизма.

Исходя из произведённого анализа, необходимо отметить следующие рекомендации в отношении управления территориями на примере Челябинска, который является одним из крупнейших городов России и ядром Челябинской агломерации. Данные обстоятельства обуславливают объективные относительные конкурентные преимущества города в экономическом смысле. Несмотря на это, жители Челябинска критично воспринимают состояние различных отраслей хозяйствования.

Сложившаяся ситуация объясняется двумя обстоятельствами. Во-первых, эффектом «высокой базы», присущим множеству крупных российских городов, которые в период с 2014 г. начали активно терять свои экономические и человеческие ресурсы в пользу крупнейших российских агломерационных центров. Люди, привыкшие к большому количеству ресурсов, не могут позитивно оценивать сокращение их количества. Во-вторых, несоответствием темпов экономического роста (и, следовательно, социокультурного развития) ожиданиям населения. В случае с Челябинском, речь идёт именно не о деградации, а об увеличении «разрыва» в уровне развития в сопоставлении с крупнейшими российскими агломерационными центрами.

Исходя из изложенного, основными приоритетами в управлении развитием Челябинска целесообразно рассмотреть следующее. Целенаправленная работа местной администрации с крупнейшими представителями бизнеса, располагающимися на территории. С учётом административных возможностей, необходимо в индивидуальном порядке предложить предпринимателям проводить свои мероприятия на территории города, а также инвестиции в социальную инфраструктуру на взаимовыгодных условиях. В частности, действенными механизмами подобного сотрудничества является создание особых экономических зон, IT-кварталов и т.д., так как они выступают денежно-измеримыми предложениями взаимовыгодного сотрудничества (через получаемые льготы). Подобные меропр-

ятия позволят переориентировать часть исходящих денежных потоков обратно в город и ускорить темпы экономического роста.

Достаточно высокий уровень общей критичности населения административного центра и крупнейшего по численности населения города Челябинской области должен вызывать обеспокоенность не только городской администрации, но и субъектового аппарата управления. Эффективность проведения перечисленных мероприятий во многом обусловлена вовлеченностью областного Правительства и профильных министерств.

Общая критичность жителей Челябинска также говорит о недостаточно высоком имидже территории. В структуре Администрации Челябинска отсутствует подразделение, а также мероприятия, входящие в методологию «маркетинга территории» и направленные на повышение общего престижа проживания. Возможно рассмотреть ведение целенаправленной работы по улучшению имиджа данной территории, состоящей не из конкретных социально-экономических преобразований, а большего тиражирования имеющихся конкурентных преимуществ. Частью работы по формированию имиджа территории целесообразно обозначить снижение ожиданий населения от дальнейших социально-экономических преобразований и приведение их в соответствие с реальными экономическими возможностями территории.

В условиях сокращающихся ресурсов особое значение приобретает вопрос целеполагания и расстановки приоритетов. В рамках повышения привлекательности территории целесообразно публично обозначить в качестве приоритетов социально-экономического развития «благоустройство городской среды», «содержание многоквартирных домов» и «муниципальный транспорт», т. к. данные отрасли хозяйствования вызывают озабоченность у большего числа населения.

С целью формирования позитивного имиджа следует акцентировать внимание на наиболее позитивно оцениваемых отраслях хозяйствования: «негосударственные медицинские услуги», «продажа лекарств», «интернет» и «сотовая связь». Относительно небольшие инвестиции в наиболее конкурентоспособные

отрасли способны нивелировать общий вектор критичности населения за счёт общего более позитивного имиджа.

3. Верификация модели

Каждая математическая модель должна быть проверена на соответствие действительности результатов её работы на некотором множестве измерений. Верификация проходит в несколько этапов. На первом осуществляется проверка модельных связей на логическую последовательность. На втором этапе результаты работы модели оцениваются экспертным сообществом на адекватность. Объективная проверка модели на реальных статистических данных обеспечивает доверие к модели и является необходимым и непрерывным процессом в математическом моделировании [32, с. 11].

Предложенная в статье модель отвечает предъявленным требованиям верификации. Её адекватность во многом определяется качеством проведённого социологического исследования: если опросник и итоговый подсчёт результатов не вызывают сомнений, то данная модель является корректной и работоспособной. Дальнейшее использование модели в практике проведения исследований позволит выявить иные ограничения применения модели, не выявленные на этапе её моделирования и применения на представленном примере.

Заключение

В статье представлена модель многокритериальной оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики территории. Модель демонстрирует свою работоспособность на четырёх примерах вырожденного случая многокритериальной оценки: построения вектора оценки социо-эколого-экономической ситуации, а также на примере матрицы оценки социо-эколого-экономического состояния и динамики Челябинска. Определены ограничения использования модели. Результаты моделирования представлены в виде диаграмм. Дана интерпретация результатам моделирования на описанных примерах.

Использование предложенной модели в исследовательской практике повысит качество исследований территориальных социо-эколого-экономических процессов. Её применение

возможно как в бизнес-структурах, так и в области управления территорией. Предложенная модель пригодна для изучения территорий различного административного порядка при исследовании одного уровня (субъект РФ с субъектом РФ, город с городом и т.д.).

Процесс использования модели может быть автоматизирован при помощи встроен-

ных инструментов программы *Microsoft Excel*. В случае подобной автоматизации нивелируется большинство барьеров внедрения инструмента в исследовательскую практику. Исследования в области применения многокритериальной оценки социо-эколого-экономической динамики и состояния территории в дальнейшем будут продолжены.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пузанов А.С., Трутнев Э.К., Маркварт Э., Попов Р.А., Сафарова М.Д. (2017). Стратегическое планирование и градорегулирование на муниципальном уровне. М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС. 354 с.
2. Нисневич Ю.А. (2014). Индексы развития государств мира: справочник. М. : Издательский дом ВШЭ. 247 с.
3. Васильева Е.Е., Долгова Е.В. (2016). Моделирование многокритериальной оценки кредитного риска в регионах РФ // Российский экономический интернет-журнал. № 1. С. 1–16.
4. Гранберг А.Г. (2006). Основы региональной экономики. М. : ГУ ВШЭ. 492 с.
5. Кэне Ф., Тюрго А.Р.Ж., Дюпон де Немур П.С. (2008). Физиократы. Избранные экономические произведения. М. : Эксмо. 1198 с.
6. Смит А. (2016). Исследование о природе и причинах богатства народов. М. : Эксмо. 1056 с.
7. Рикардо Д. (2016). Начала политической экономии и налогового обложения. М. : Эксмо. 1040 с.
8. Макконнелл К., Брю С., Флинн Ш. (2019). Экономикс. Принципы, проблемы и политика. М. : Инфра-М. 1152 с.
9. Алаев Э.Б., Бриваловская Г.А., Иоффе Г.В., Агранат Г.А. (1989). Территориальная структура народного хозяйства СССР в период ИТР: сдвиги и тенденции. М. : Наука. 190 с.
10. Колесов В.П. (2008). Человеческое развитие: новое измерение социально-экономического прогресса. М. : Права человека. 636 с.
11. Григорьев Л.М. (2019). Особенности развития человеческого капитала в субъектах Российской Федерации // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL: <https://ac.gov.ru/files/content/22461/3-grigorev.pdf> (дата обращения: 03.11.2020).
12. Хабарова Д.С. (2013). Обзор программных комплексов многокритериальной оптимизации // Прикладная информатика, № 2 (44). С. 102–112.
13. Карпенко А.П. (2017). Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой. М. : МГГУ им. Н. Э. Баумана. 446 с.
14. Zitzler E., Laumanns M., Thiele L. (2002). SPEA2: Improving the strength pareto evolutionary algorithm for multiobjective optimization. *Evolutionary Methods for Design, Optimization, and Control*. Pp. 19–26.
15. Statnikova R.B., Bordetskya A., Statnikov A. (2005). Multicriteria analysis of real-life engineering optimization problems: statement and solution, *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications*, vol. 63, no. 5–7, pp. e685–e696.
16. Lotov A.V., Miettinen K. (2008). “Visualizing the Pareto Frontier” Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches, *Lecture Notes in Computer Science*, no. 5252, pp. 213–243.
17. Кандырин Ю.В. (2013). Многокритериальный анализ, выбор и структурирование вариантов в САПР. М. : Издательство МЭИ. 318 с.
18. Черноруцкий И.Г. (2005). Методы принятия решений. СПб. : БХВ-Петербург. 399 с.
19. Yang F., Zeng G., Du Ch., Tang L., Zhou J., Li Zh. (2008). Spatial analyzing system for urban land-use management based on GIS and multicriteria assessment modeling, *Progress in Natural Science*, vol. 18, iss. 10, pp. 1279–1284.
20. Dragičević S., Dujmović J., Minardi R. (2018). Modeling Urban Land-Use Suitability with Soft Computing: The GIS-LSP Method. *GeoComputational Analysis and Modeling of Regional Systems*. Pp. 257–275.
21. Bitterman P., Bennett D.A. (2016). Constructing Stability Landscapes: Using a Coupled Agent-Based Model to Explore Alternative Stable States and Resilience, *Ecology & Society*, vol. 21, no. 3. URL: 10.5751/ES-08677-210321.
22. Sahin F., Kara M.K., Koc A., et al. (2020).

Multi-criteria decision-making using GIS-AHP for air pollution problem in Igdır Province/Turkey, *Environ Sci Pollut Res*, no. 27, pp. 36215–36230. DOI: 10.1007/s11356-020-09710-3.

23. Issa S.M., Al Shehhi B. (2012). A GIS-based multi-criteria evaluation system for selection of landfill sites: a case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XXXIX-B2. Pp. 133–138. DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B2-133-2012.

24. Трусцов П.В. (2007). Введение в математическое моделирование. М. : Логос. 440 с.

25. Бородкин Ф.М., Айвазян С.А. (2006). Социальные индикаторы. М. : ЮНИТИ-ДАНА. 607 с.

26. Иванова З.И. (2016). Социологические методы для устойчивого развития города. М. : Московский государственный строительный университет. 202 с.

27. Бобылев С.Н., Зубаревич Н.В., Соловьева С.В., Власов Ю.С. (2011). Устойчивое развитие: методология и методики измерения. М. : Экономика. 358 с.

28. Грачева М.В., Туманова Е.А. (2018). Мате-

матические и инструментальные методы в современных экономических исследованиях : Монография. М. : Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова. 232 с.

29. Гордеев С.С., Зырянов С.Г., Ситковский А.М. (2019). Оценки качества жизни и социальных приоритетов развития территорий // Вестник Челябинского государственного университета. № 11 (433). С. 38–47.

30. Гордеев С.С., Кочеров А.В. (2017). Основы анализа региональной экономической динамики: визуализация и оценка в среде MS Office. Челябинск : Изд-во ЧелГУ. 130 с.

31. Глазычев В.Л., Стародубровская И.В. (2008). Челябинская агломерация: потенциал развития. Челябинск : ИЭПП. 278 с.

32. Васильева Е.Е., Долгова Е.В. (2015). Некоторые методические аспекты интегральной оценки экономического объекта на примере рейтингов регионов РФ // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Экономика. Информатика». № 19 (216). С. 5–13.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Ситковский Арсений Михайлович – Челябинский филиал, Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (454077, Россия, Челябинск, ул. Комарова, 26); omnistat@yandex.ru.

MODELING OF MULTI-CRITERIA EVALUATION OF SOCIAL, ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONDITIONS AND DEVELOPMENT OF A TERRITORY

A.M. Sitkovskiy^{7a}

^aRussian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

ABSTRACT:

Problem statement. Evaluation of condition and development of a territory is an inseparable part of research in the field of economics and management. The existing methodology implies many different approaches, however most of them are based on processing and interpretation of open to public statistical data. Such source of information is not always reliable, which results in false evaluations and judgments. It is important to search for the suitable methods to assess a territory in case of lack of statistical data or doubt in its accuracy.

The research goal is to introduce a new, up-to-date methodology for a complex multi-criteria evaluation of social ecological and economic situation and development of a territory.

⁷RSCI AuthorID: 1012909, ORCID: 0000-0002-8725-6580

Methodological foundation. The conceptual basis for this research is the argument that it is possible to evaluate the conditions and development of a territory on the basis of sociological survey. People's opinion about the territory helps to reveal the prerequisites of their future economically relevant behavior, whether it is moving away to another place or investing in the territory. From the point of view of economic research, people's opinion might be more relevant than records. The trust in people's views as a source of information is higher than in open to public statistical data.

Methods of research. A computational model has been developed in order to update the methodology of evaluation. It is based on an algorithm of integral estimation of an economic entity worked out by P.V. Trusov. The results of the use of this model are visualized with the help of Microsoft Excel following the method proposed by S.S. Gordeev and A.V. Kocherov.

Research materials. Statistical basis for the model approbation is the results of sociological survey held in municipal units of the Chelyabinsk region in 2019, which are open to public.

The main results. The paper provides a mathematical model of a complex multi-criteria evaluation of social, ecological and economic conditions and development of a territory. It has been tested on the basis of both conditions and development of the towns of the Chelyabinsk region. The results are visualized and interpreted.

Conclusions. The paper proves reliability of the method. It can be used in various economic studies of territories of different administrative levels.

FUNDING: The reported study was funded by the Russian Foundation for Basic Research, project no. 19-010-00964 "Modeling and visualization of scenarios of spatial development of cross-boundary macro-region (the case of the Urals and Northern Kazakhstan)".

KEYWORDS: multi-criteria evaluation, evaluation matrix, vector analysis, territory analysis, tools for analysis, mathematical model, sociological survey.

FOR CITATION: Sitkovskiy A.M. (2021). Modeling of multi-criteria evaluation of social, ecological and economic conditions and development of a territory, *Management Issues*, no. 2, pp. 102–119.

REFERENCES

1. Puzanov A.S., Trutnev E.K., Marcvart E., Popov R.A., Safarova M.D. (2017). Strategic planning and city-regulation at the municipal level. Moscow: Publishing House "Delo" of RANEPa, 354 p.
2. Nisnevich Yu.A. (2014). World Development Indices: Reference Book. Moscow: Publishing House of HSE, 247 p.
3. Vasileva E.E., Dolgova E.V. (2016). Modeling a multi-criteria credit risk assessment in the regions of the Russian Federation, *Russian economic Internet Journal*, no. 1, pp. 1–16.
4. Granberg A.G. (2006). Basics of the regional economy. Moscow: GU of HSE, 492 p.
5. Kene F., Turgo A.R.Zh., Dupont de Nemur P.S. (2008). Physiocrats. Selected economic work. Moscow: Eksmo, 1198 p.
6. Smith A. (2016). Research on nature and causes of wealth of peoples. Moscow: Eksmo, 1056 p.
7. Ricardo D. (2016). The start of political economy and tax case. Moscow: Eksmo, 1040 p.
8. McConnell K., Bru S., Flynn Sh. (2019). Economics. Principles, problems and politics. Moscow: Infra-M, 1152 p.
9. Alaev E.B., Brivalovskaya G.A., Ioffe G.V., Agranat G.A. (1989). The territorial structure of the national economy of the USSR in the period of the ITR: shifts and trends. Moscow: Nauka, 190 p.
10. Kolesov V.P. (2008). Human development: a new dimension of socio-economic progress. Moscow: Prava cheloveka, 636 p.
11. Grigorev L.M. (2019). Features of human capital development in the constituent entities of the Russian Federation. Analytical Center under the Government of the Russian Federation. URL: <https://ac.gov.ru/files/content/22461/3-grigorev-pdf.pdf> (accessed 03.11.2020).
12. Khabarova D.S. (2013). Overview of software complexes of multi-criteria optimization, *Applied informatics*, no. 2 (44), pp. 102–112.
13. Karpenko A.P. (2017). Modern search engine optimization algorithms. Algorithms inspired by nature. Moscow: MGGU named after N. E. Bauman, 446 p.

14. Zitzler E., Laumanns M., Thiele L. (2002). SPEA2: Improving the strength pareto evolutionary algorithm for multiobjective optimization. *Evolutionary Methods for Design, Optimization, and Control*. Pp. 19–26.
15. Statnikova R.B., Bordetskya A., Statnikov A. (2005). Multicriteria analysis of real-life engineering optimization problems: statement and solution, *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications*, vol. 63, no. 5–7, pp. e685–e696.
16. Lotov A.V., Miettinen K. (2008). “Visualizing the Pareto Frontier” Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches, *Lecture Notes in Computer Science*, no. 5252, pp. 213–243.
17. Kandyryn Yu.V. (2013). Multi-criteria analysis, selection and structuring of options in CAD. Moscow: MEI Publishing House, 318 p.
18. Chernorutsky I.G. (2005). Methods of decision-making. Saint Petersburg: BHV-Petersburg, 399 p.
19. Yang F., Zeng G., Du Ch., Tang L., Zhou J., Li Zh. (2008). Spatial analyzing system for urban land-use management based on GIS and multi-criteria assessment modeling, *Progress in Natural Science*, vol. 18, iss. 10, pp. 1279–1284.
20. Dragičević S., Dujmović J., Minardi R. (2018). Modeling Urban Land-Use Suitability with Soft Computing: The GIS-LSP Method. *GeoComputational Analysis and Modeling of Regional Systems*. Pp. 257–275.
21. Bitterman P., Bennett D.A. (2016). Constructing Stability Landscapes: Using a Coupled Agent-Based Model to Explore Alternative Stable States and Resilience, *Ecology & Society*, vol. 21, no. 3. URL: 10.5751/ES-08677-210321.
22. Sahin F., Kara M.K., Koc A., et al. (2020). Multi-criteria decision-making using GIS-AHP for air pollution problem in Iğdir Province/Turkey, *Environ Sci Pollut Res*, no. 27, pp. 36215–36230. DOI: 10.1007/s11356-020-09710-3.
23. Issa S.M., Al Shehhi B. (2012). A GIS-based multi-criteria evaluation system for selection of land-fill sites: a case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XXXIX-B2. Pp. 133–138. DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B2-133-2012.
24. Trusov P.V. (2007). Introduction to mathematical modeling. Moscow: Logos, 440 p.
25. Borodkin F.M., Ayvazyan S.A. (2006). Social indicators. Moscow: UNITI-DANA, 607 p.
26. Ivanova Z.I. (2016). Sociological methods for the sustainable development of the city. Moscow: Moscow State University of Construction, 202 p.
27. Bobylev S.N., Zubarevich N.V., Solovyova S.V., Vlasov Yu.S. (2011). Sustainable development: methodology and measurement methods. Moscow: Economics, 358 p.
28. Gracheva M.V., Tumanova E.A. (2018). Mathematical and instrumental methods in modern economic research. Moscow: Economic Faculty of the Lomonosov Moscow State University, 232 p.
29. Gordeev S.S., Zyryanov S.G., Sitkovsky A.M. (2019). Estimates of the quality of life and social priorities of the development of territories, *Bulletin of the Chelyabinsk State University*, no. 11 (433), pp. 38–47.
30. Gordeev S.S., Kocherov A.V. (2017). Basics for analyzing regional economic dynamics: visualization and assessment in the MS Office environment. Chelyabinsk: ChelSU Publishing house, 130 s.
31. Glazychev V.L., Starodubrovskaya I.V. (2008). Chelyabinsk agglomeration: developmental potential. Chelyabinsk: IEPP, 278 p.
32. Vasileva E.E., Dolgova E.V. (2015). Some methodological aspects of the integral assessment of the economic object on the example of the ratings of the regions of the Russian Federation, *Scientific Validity of the Belgorod State University. Series “Economics. Computer science”*, no. 19 (216), pp. 5–13.

AUTHORS' INFORMATION:

Arseniy M. Sitkovskiy – Chelyabinsk Branch, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (26, Komarov St., Chelyabinsk, 454077, Russia); omnistat@yandex.ru.