В. Л. Макаров В. В. Окрепилов А. Р. Бахтизин

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Монография



Санкт-Петербург
2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

В. Л. Макаров В. В. Окрепилов А. Р. Бахтизин

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Монография

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Санкт-Петербург
2026

ББК 16
М15

Р е ц е н з е н т ы:
Академик Российской академии наук, научный руководитель
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»
Российской академии наук *И. А. Соколов*
Член-корреспондент Российской академии наук, доктор экономических наук,
директор Института народнохозяйственного прогнозирования
Российской академии наук *А. А. Широв*

Макаров В. Л. **Исследования методов повышения качества жизни с применением суперкомпьютерных технологий** : монография / В. Л. Макаров, В. В. Окрепилов, А. Р. Бахтизин. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2026. – 394 с.

В монографии представлены результаты совместных исследований группы известных российских ученых, разрабатывающих новые теоретико-методологические подходы повышения качества жизни и прогнозирования социально-экономических процессов с применением искусственного интеллекта и суперкомпьютерных технологий.

Монография адресована студентам, аспирантам, преподавателям, специалистам и руководителям предприятий и организаций, представителям органов власти, всем, кто участвует в изучении, научном осмыслении и практическом решении задач повышения качества жизни граждан и в совершенствовании управления в условиях цифровой трансформации экономики и социальной сферы.

Авторы выражают большую благодарность за участие в подготовке монографии сотрудникам ЦЭМИ РАН доктору технических наук Н. И. Ильину, кандидату экономических наук Е. Д. Сушко, кандидату экономических наук Б. Р. Хабриеву, А. В. Брагину, профессору Нью-Йоркского университета Дж. Эпштейну, исполнительному директору Института демографической политики им. Д. И. Менделеева И. П. Ефимову и научному руководителю Института демографической политики, профессору МГУ В. Л. Иваницкому, директору Центра кибербезопасности NYU Abu Dhabi Ходе Аль-Хзайми, заместителю директора ВШГА МГУ кандидату социологических наук М. С. Вареник, сотрудникам ИПРЭ РАН доктору экономических наук Н. Л. Гагулиной, Р. А. Гресю, А. Г. Гридасову, кандидату экономических наук И. В. Коршунову, кандидату экономических наук Н. А. Росляковой.

Утверждено к печати в качестве монографии
Ученым советом ФГБУН ИПРЭ РАН от 22 сентября 2025 г. Протокол № 13.
Ученым советом ФГБУН ЦЭМИ РАН от 24 сентября 2025 г. Протокол № 8.

Редактор *А. Г. Гридасов*

© Макаров В. Л., Окрепилов В. В.,
Бахтизин А. Р., 2026
© Институт проблем региональной экономики
Российской академии наук, 2026
© Центральный экономико-математический
институт Российской академии наук, 2026
© Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 2026

ISBN 978-5-7422-9303-3

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 6

Глава 1. История и современные подходы
к изучению качества жизни 14
1.1. Исторический вклад ученых,
членов Российской академии наук в формирование
научных подходов к изучению качества жизни 14
1.2. Эволюция оценки качества жизни в научных исследованиях 35
1.2.1. Становление зарубежной методологии
оценки качества жизни 37
1.2.2. Проблематика оценки качества жизни
в отечественной науке 51
1.3. Повышение качества жизни – приоритетное направление
государственной политики устойчивого развития России . . . 60

Глава 2. Применение агент-ориентированных моделей
и суперкомпьютерных технологий для оценки и моделирования
условий повышения качества жизни 67
2.1. Практика применения агент-ориентированных моделей
для задач государственного управления 67
2.1.1. Исторический экскурс 71
2.1.2. Ключевые направления использования 76
2.1.3. Экономика 85
2.1.4. Выводы 89
2.2. Генеративный искусственный интеллект
в задачах социально-экономического прогнозирования 92
2.2.1. Традиционные подходы
к макроэкономическому прогнозированию 93
2.2.2. Применение искусственного интеллекта
в экономическом прогнозировании 98
2.2.3. Большие языковые модели
в макроэкономическом прогнозировании 100

2.2.4. Инструменты с открытым исходным кодом 105
2.2.5. Эффективность прогнозов для различных периодов 106
2.2.6. Эффективность и ограничения моделей на основе ИИ и LLM 114
2.2.7. Выводы 117
2.3. Моделирование интегральных индексов 119
2.3.1. Моделирование и оценка национальной силы стран мира 119
2.3.2. Индекс национальной безопасности. 145
2.3.3. Демографический потенциал стран: сравнительный анализ на основе композитного индекса 174
2.4. Суперкомпьютерные технологии для прогноза социально-экономических показателей 204
2.4.1. DA-SAGE – гибридная архитектура для асинхронного агентного моделирования социально-экономических процессов 205
2.4.1.1. Обзор зарубежных разработок 205
2.4.1.2. Описание алгоритма DA-SAGE 222
2.4.1.3. Результаты экспериментов 227
2.4.2. AURORA – гибридная платформа для параллельного моделирования социально-экономических процессов 231
2.4.2.1. Краткий обзор разработок в области высокопроизводительных систем 231
2.4.2.2. Система AURORA 245
2.4.2.3. Результаты экспериментов 251

Глава 3. Формирование теоретико-методологической основы для развития исследований качества жизни 259
3.1. Методология экономики качества как научная основа оценки качества жизни 259
3.2. Моделирование и оценка качества жизни в российских макрорегионах 270
3.3. Достижение стратегических целей социально-экономического развития регионов СЗФО в контексте проблемы качества стратегического планирования 278
3.4. Северо-Запад в оценках качества жизни 291
3.5. Анализ качества городской среды как составляющей качества жизни в агломерациях Арктической Зоны Российской Федерации 303
3.6. Процесс агломерирования в регионе: теория и инструменты анализа 319

3.7. Бифуркационные процессы
и точки бифуркации. Методика определения
бифуркационных процессов, типология. Реализация процедуры
определения точек бифуркации и структурирования
взаимосвязей для агломераций разных типов на примере
исследования процессов внутрирегиональной
и международной миграции 350
3.8. Выводы по главе 3 378
3.9. Приложение А 382
3.10. Список источников к главе 3 (пп. 1–6) 384

Заключение 391

ВВЕДЕНИЕ

Задача повышения качества жизни стоит перед человечеством с тех пор, как люди начали обживать нашу планету. Правда, споры о том, в какие времена это случилось, в научном мире до сих пор не решены. Существуют разные гипотезы, в которых называют сроки в два, четыре и даже семь миллионов лет назад по современному летоисчислению.

На основе результатов археологических раскопок колыбелью человечества чаще всего признают Африку, именно на этом континенте найдены предметы и останки человекоподобных существ, возраст которых составляет от 2,3 млн до 4 млн лет.

В научной среде, стремящейся оперировать более надежными и лучше проверяемыми данными, за официальную версию признают появление вида Homo Sapiens в диапазоне 400 тысяч – 250 тысяч лет назад.

Напомним, что в соответствии с библейским вариантом сотворение мира произошло гораздо позже. В 680 году нашей эры на шестом Вселенском соборе в Константинополе было установлено считать датой сотворения мира 1 сентября 5509 года до н. э. Поэтому желающие могут согласиться с тем, что 1 сентября 2025 года человечество отметило 7534 года с момента своего появления в этом мире.

Оглядываться в прошлое с такой высоты лет уже не столь страшно, как в пространство времени, измеряемое миллионами лет. Но в любом случае, в самой начальной точке человек сразу испытывал потребность в еде, крове, защите от опасностей окружающего мира. И любопытство от стремления познать неизведанное.

Процесс познания тесно связан с появлением и развитием сознания человека. Один из ведущих российских психологов Р. С. Немов утверждает: «Сознание человека возникло и развивалось в общественный период его существования, и история

становления сознания не выходит, вероятно, за рамки тех нескольких десятков тысяч лет, которые мы относим к истории человеческого общества. Главным условием возникновения и развития человеческого сознания является совместная продуктивная опосредованная речью орудийная деятельность людей. Это такая деятельность, которая требует кооперации, общения и взаимодействия людей друг с другом. Она предполагает создание такого продукта, который всеми участниками совместной деятельности сознается как цель их сотрудничества».[1]

Очевидно, что тот процесс формирования сознания, который сегодня ребенку удается пройти в течение первых месяцев жизни, когда к одному-полутора годам он становится уже общественным существом, человечество в пору своего младенчества осваивало достаточно долго. Психологи утверждают, что процесс развития человеческого сознания продолжался в каждую историческую эпоху под воздействием освоения всё новых достижений цивилизации, и сегодня он идет со значительным ускорением на основе использования возможностей новых знаний и новых информационных технологий.

Путь от начала прямохождения и первого сознательного применения палки или камня в руке к созданию и управлению суперкомпьютером человечество прошагало в поисках наилучших вариантов материального и духовного развития. На этом пути одним из самых главных направлений поиска было стремление к повышению качества жизни, выражающее естественное желание людей жить лучше. На поддержке такого желания в определенный период стали появляться различные общественные движения и партии, предлагающие свои программы решения проблем людей и повышения их благосостояния.

Знаменательно, что термин «качество жизни» впервые публично прозвучал из уст президента США Джона Кеннеди в его «Докладе о положении нации» в 1963 году, где было

[1] Р. С. Немов. Психология. В 3 книгах. Книга 1. Общие основы психологии. Глава 5. – М. : Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – С. 136.

заявлено, что «качество американской жизни должно идти в ногу с количеством американских товаров».[2] Сменивший Кеннеди на посту президента США Линдон Джонсон высказался в 1964 году в том же ключе, подчеркнув, что цели американского общества «не могут быть измерены размером наших банковских депозитов. Они могут быть измерены качеством жизни наших людей». С тех пор термин «качество жизни» стал все шире употребляться в политических документах и высказываниях, закрепился в научных публикациях.

Между тем исследования ученых об условиях и качестве жизни людей появились гораздо раньше. Причем в отечественной науке, как это показано в главе 1 данной монографии, к этим вопросам в XVIII, XIX и начале XX века обращались такие выдающиеся учёные как М. В. Ломоносов, Д. И. Менделеев, первый российский академик-экономист А. К. Шторх, академик В. И. Вернадский, талантливые представители молодой плеяды первых советских экономистов А. В. Чаянов и Н. Д. Кондратьев. В их исследованиях нашли отражение глубинные вопросы необходимости реформирования народной жизни для обеспечения экономического и социального прогресса страны.

В главе 1 также представлена эволюция оценок качества жизни в российских и зарубежных исследованиях второй половины XX и первой четверти XXI веков. Проанализированы методики сравнительного анализа качества жизни по странам, разработанные ООН, ЮНЕСКО, Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), а также система показателей Комиссии по измерению экономических результатов и социального прогресса. Раскрыто содержание ряда других международных исследований, таких как Глобальный индекс здоровья, Глобальный индекс безопасности в сфере здравоохранения, Индекс счастья ООН.

---

[2] Шинкарев, Сергей Сергеевич Понятие «качество жизни» в политической науке / Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Санкт-Петербург, 2012. № 3 (155), С. 115–118.

В современной России внимание к качеству жизни людей составляет основу государственной политики. Выступая 18 июня 2025 года на совещании по экономическим вопросам в ходе рабочей поездки в Северо-Западный федеральный округ, Президент РФ В. В. Путин подчеркнул: «Наша главная, важнейшая задача – это повышение качества жизни людей, улучшение облика городов и поселков, развитие системы здравоохранения и образования, решение экологических задач... Очевидно, что для максимальной эффективности такой работы нужно постоянно оценивать ситуацию, отслеживать макроэкономические тенденции внутри страны, учитывать внешние вызовы, обстановку на мировых рынках».[3]

В монографии отмечены основные исследования российских ученых в оценке качества жизни, показан опыт Санкт-Петербурга, где качество жизни определено как ведущий элемент системы целей социально-экономической политики Санкт-Петербурга, а стандарты качества жизни включены в Стратегию экономического и социального развития города на период до 2035 года. Приведен ряд актуальных российских методик по ранжированию субъектов РФ на основе выделения значительного числа показателей, характеризующих качество жизни.

В современных условиях существенно возрастает значение Российской академии наук в формировании государственной научной политики, что было особо отмечено на Общем собрании РАН 9 декабря 2025 года. Сегодня ни одно основное решение Правительства РФ в сфере науки не принимается без участия Академии наук. Качественная экспертиза ученых Академии способствует успешной реализации государственных программ и стратегических решений во всех сферах, в том числе такой важнейшей, как повышение качества жизни.

---

[3] http://prezident.org/tekst/stenogramma-vystuplenija-putina-na-coveschanii-po-ekonomicheskim-voprosam-18-06-2025.html.

В своём докладе на Общем собрании членов Академии академик, президент РАН Г. Я. Красников выделил ключевую роль Научно-технического совета Комиссии по научно-технологическому развитию России, руководителем которого назначен глава Академии. В деятельности Научно-технического совета активное участие принимают вице-президенты и члены РАН. Формируется Экспертный совет, не менее половины состава которого будут представлять члены Академии. Эти меры призваны повысить вклад Академии наук в реализацию единой технологической политики – от фундаментальных исследований до прикладных, конкретных технологий и изделий.

Геннадий Красников подчеркнул также необходимость развития фундаментальной науки широким фронтом, без замыкания институтов и отделений Академии на проведении исследований по ограниченной тематике, поиск взаимодействия с другими научными направлениями. «Любая современная задача решается на стыке дисциплин: это и методы машинного обучения, и новые материалы, и математические модели, и новые достижения в химии и физике. И с этой точки зрения вопросы взаимодействия и синергии постоянно обсуждаются»[4], – заявил президент РАН.

Данная монография является примером развития многолетнего сотрудничества двух институтов Российской академии наук – Центрального экономико-математического (ЦЭМИ РАН) и Института проблем региональной экономики (ИПРЭ РАН). Авторами монографии, возглавляющими эти научные центры, опубликован целый ряд совместных работ, посвященных внедрению современных цифровых технологий в процесс изучения сложных социально-экономических явлений.

Написанная ими в 2023 году монография «Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров» получила общественное признание и была

[4] ИА «Научная Россия», 09.12.2025. https://scientificrussia.ru/.

удостоена премии конкурса «Экономическая книга года – 2023», проводимого Вольным экономическим обществом России и Международным союзом экономистов.

Высказанные в той книге идеи получили своё дальнейшее развитие в этой новой монографии. В главе 2, подготовленной академиком РАН В. Л. Макаровым и членом-корреспондентом РАН А. Р. Бахтизиным с участием ряда сотрудников ЦЭМИ РАН, других российских и зарубежных специалистов, исследование сконцентрировано на применении агент-ориентированных моделей и суперкомпьютерных технологий для оценки и моделирования условий повышения качества жизни.

Особое внимание привлекает та часть главы, которая посвящена социально-экономическому прогнозированию, применению возможностей искусственного интеллекта для целей моделирования интегральных индексов, таких, как показатели национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала.

Примечательно, что наряду с отмеченными достижениями России в сравнении с другими странами при расчете таких индексов выявлены наиболее уязвимые места нашей страны, создающие угрозу национальной безопасности.

Сделанные в исследовании оценки коррелируются с реальной ситуацией в мировой политике и экономике, для которых всё более характерны разрывы торговых связей, санкции, грубые нарушения международных договоров и военные конфликты. Сюда нужно также добавить нарастающие проблемы с кибербезопасностью, защитой личных данных, несанкционированным вмешательством в личное жизненное пространство.

Всё это заставляет рассматривать проблемы безопасности как ключевой фактор обеспечения качества жизни. Проведенные исследования создают основу для дальнейших разработок этого направления, формирования показателей, которые необходимо учитывать при выявлении интегрального показателя качества жизни, поиска методов преодоления негативного

влияния этого фактора на устойчивость социально-экономического развития, на благополучие людей.

Глава 3 монографии посвящена новым подходам в развитии уникальной методики оценки качества жизни, разработанной в Институте проблем региональной экономики РАН на концептуальной основе научного направления «Экономика качества», объединяющей в исследованиях возможности инструментов метрологии, стандартизации и управления качеством. Такой метод позволяет согласовать потребности и нужды населения, отраженные в документах стратегического планирования, с конкретными действиями на любом уровне управления социально-экономическим развитием страны, макрорегиона, региона, муниципального образования, предприятия.

Информационной составляющей методики является База данных «БД Качество жизни» с зарегистрированным правом интеллектуальной собственности, которая уже получила апробацию в ряде проведенных исследований и сейчас проходит процедуру актуализации.

Теоретико-методологическую основу оценки качества жизни в Методике составляет моделирование с применением эконометрических методов на базе экономики качества.

Для формирования интегрального показателя качества жизни в результате двадцатилетнего опыта исследований были отобраны 34 единичных показателя, которые отражают наиболее значимые аспекты качества жизни. Показатели объединены в три группы – медико-демографические условия, социально-экономическое благополучие, комфортность и безопасность среды жизнедеятельности – и должны отвечать требованиям измеримости и сопоставимости на определенном временном отрезке. Это создаёт возможность оценки результативности управленческих действий, сравнения достигнутых данных с намеченными при планировании рубежами.

Знакомство с материалами главы 3 позволит вникнуть в характер и дальнейшую направленность развития Методики оценки качества жизни на примерах исследований, проведенных

в Северо-Западном регионе РФ и Арктической зоне, процессов агломерации и других явлений, существенно влияющих на качество жизни в российских регионах.

Таким образом изложенные в данной монографии концепции создают основу для всесторонне выверенных с помощью передовых аналитических высокопроизводительных технологий подходов к формированию стратегий повышения качества жизни.

ГЛАВА 1

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

1.1. Исторический вклад ученых, членов Российской академии наук в формирование научных подходов к изучению качества жизни

Вся история развития человеческой цивилизации говорит о том, что очень часто проблемы, возникающие перед людьми, могут быть разрешены только с помощью качества. При этом качество не только помогает преодолеть трудности, но и привнести значительные улучшения, коренным образом преобразив среду обитания человека. Не случайно, термин «качественные изменения» означает глубокие преобразования, появление новых предметов, новых технологий, новых событий, а в конечном итоге – нового качества жизни.

Подобные свойства качества начинают проявляться уже на заре существования человечества. Так, например, улучшение качества питания – овладение огнем, то есть появление возможности употребления вареной и жареной пищи – привели к резкому улучшению условий обитания первобытных людей. Огонь согревал, а пища, приготовленная на нем, лучше усваивалась, быстрее насыщала. Кроме того, тепловая обработка мяса высвобождала питательные вещества, которые способствовали улучшению деятельности головного мозга.

Несомненно, что именно с появлением человека, точнее, с момента появления его сознательной деятельности, изменения во многих объектах, носившие ранее случайный, хаотичный характер, зависящие от сил природы, стали управляемым процессом. Они стали вноситься целенаправленно с тем, чтобы тот или иной объект как можно более полно отвечал предъявляемым к нему требованиям, то есть изменял и улучшал свое качество.

В истории человечества хрестоматийным примером значения качества наглядно служат египетские пирамиды, дошедшие до нас сквозь несколько тысячелетий и сохранившие свой первоначальный вид благодаря качеству их возведения. Крупнейшая из них – пирамида Хеопса – осталась единственным сооружением, сохранившимся до наших дней среди «Семи чудес света».

Долговечность пирамид была обеспечена качественными параметрами самого материала, сборки деталей и технологии их соединения. Все блоки пирамиды Хеопса подогнаны друг к другу с такой тщательностью, что между ними практически нет никаких щелей. Качество применяемого известнякового материала и точность сборки блоков контролировались за счет применения метрологии и стандартизации, получивших в Древнем Египте очень высокое развитие.

Пирамида Хеопса сложена из 2 млн 300 тыс. блоков, размеры которых постепенно уменьшаются по мере приближения к вершине. Средний вес одного блока составлял 2,5 тонны, а их общий вес достигал 6 млн тонн. Без идеального соблюдения стандартных размеров блоков и абсолютной точности расчёта всей конструкции пирамиду постигла бы печальная участь миллионов сооружений, утраченных человечеством почти за пять тысячелетий, прошедших с момента постройки пирамиды Хеопса.

Примечательно, что пирамида сохраняет свою долговечность без специальных дополнительных конструкций, находясь в естественном стабильном положении под действием силы собственной тяжести.

Спустя тысячелетия этот принцип был использован знаменитым зодчим Огюстом Монферраном при возведении в 1834 году Александровской колонны на Дворцовой площади в Санкт-Петербурге. Колонна является самым высоким монументом в мире, выполненным из цельного гранита, она же обладает и самой большой среди таких сооружений массой монолита в 612 тонн. Вырубка из скалы в Финляндии, доставка в Петербург, обработка гранита и установка колонны потребовали применения особых знаний в области метрологии и стандартизации, высочайшего качества работ.

Осмыслением понятия «качество» были озабочены лучшие умы человечества. В таблице 1.1 представлены взгляды известных философов, а также учёных, кто внёс вклад в развитие науки о качестве.

Таблица 1.1

Трактовки понятия «качество» в исторической перспективе

Автор	Определение качества
Конфуций (551–479 гг. до н. э.)	Идеалом качества является создание гармоничного общества. Человек должен положительно влиять на все стороны жизни.
Демокрит (469–370 гг. до н. э.)	Люди признают что-либо белым, черным, сладким, горьким и всем прочим в этом роде. Поистине же качества тел определяются свойствами атомов и их комбинацией.
Аристотель (384–322 гг. до н. э.)	Различие между предметами. Дифференциация по признаку «хороший-плохой».
Цицерон (106–43 гг. до н. э.)	Качество – ощутимый, но не измеримый признак одушевленных и неодушевленных предметов.
Версия, принятая в китайской философии (~II в. до н. э.)	Иероглиф, обозначающий качество, состоит из двух элементов: «равновесия» и «денег» (качество = равновесие + деньги). Следовательно, качество тождественно понятию «высококлассный», «дорогой».
Гегель (1770–1831 гг.)	Качество есть, в первую очередь, тождественная с бытием определенность, так что нечто перестает быть тем, чем оно есть, когда оно теряет свое качество.
Энгельс (1820–1895 гг.)	Существуют не качества, а только вещи, обладающие качеством и при том бесконечно многими качествами. Всякое качество имеет бесконечно много количественных градаций, например, оттенки цвета, жесткость и мягкость, долговечность и т. д., и, хотя они качественно различны, они доступны измерению и познанию.
У. Шухарт (1891–1967 гг.)	Качество имеет два аспекта: 1 – объективные физические характеристики, 2 – субъективная сторона: насколько вещь представляется «хорошей».

Окончание таблицы 1.1

Автор	Определение качества
Э. Деминг (1900–1993 гг.)	Качество есть допустимая ступень однородности и надежности при низких затратах и соответствии рынку.
А. Фейгенбаум (род. 1922 г.)	Качество есть общая совокупность маркетинговых, инженерных, производственных и сервисных характеристик продукта или услуги, которая на практике будет соответствовать ожиданиям потребителя.
Международный стандарт ИСО ГОСТ Р ИСО 9000-2015	«Качество – степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям».

Последним в таблице приведено то определение, которое содержится в стандарте действующей версии Международной организации стандартизации ИСО 9000:2015 – **«Качество – степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям».**

Проводимые академиком РАН Окрепиловым В. В. в течение длительного периода, начиная с 1970 годов, исследования влияния качества на производственные и социальные процессы позволили сделать вывод, что для этого необходимо использовать целый комплекс научных дисциплин применительно к объекту и уровню исследования. [1]

Чем сложнее предмет, процесс или явление, качество которого необходимо исследовать, тем больше отраслей знаний предстоит применять. Так, при изучении качества продукции (1-й уровень) необходимо использовать такие фундаментальные науки, как философия, математика, физика, химия, метрология (наука об измерениях) и целый ряд других наук, среди которых особая роль принадлежит экономике.

Использование экономической науки расширило трактовки понятия «качество», привело к необходимости оценивать и изучать качество продукции в процессе организации всей цепочки создания продукции, от качества сырья до уровня технологии

и учёта всех ресурсов предприятия (финансовых, человеческих). Для оценки качества процессов (2-й уровень) дополнительно требуется применение математической статистики, теории вероятности.

Качество процессов прямо зависит от работы всех подразделений и служб предприятия и вызывает потребность обеспечить высокое качество деятельности всего предприятия (3-й уровень). Этого невозможно добиться без привлечения психологии, юридических знаний и теории управления.

С каждым годом развитие промышленности, энергетики, транспорта и других отраслей оказывает всё большее влияние на окружающую среду, на качество среды обитания человека (4-й уровень). Здесь не обойтись без применения экологических знаний, применения конфликтологии, обществоведения.

В совокупности все уровни объектов исследования оказывают непосредственное влияние на качество жизни (5-й уровень), для исследования которого требуется привлечение всего комплекса научных дисциплин, в том числе социологии, медицины, культуры.

Современные подходы к исследованию качества жизни основаны на многолетнем опыте оценок учеными разных направлений условий жизни и быта их современников. В России был накоплен большой опыт исследования и обобщения тех факторов, которые определяли параметры жизни населения страны. Внимание к этим вопросам было присуще многим членам Российской академии наук, изучавшим социально-экономические процессы в стране в период их развития от XVIII-го до первой трети XX века.

Особое место в этих исследованиях принадлежит великому русскому учёному, одному из первых российских академиков **Михаилу Васильевичу Ломоносову**. Написанный им в 1761 году трактат «О сохранении и размножении российского народа» остаётся и поныне уникальным примером комплексного подхода к оценке условий реальной жизни людей и возможностей её всестороннего улучшения. На основании своих наблюдений и получаемых по сделанным им запросам сообщений учёный

задумал большой труд, подход к которому изложил следующим образом: [2]

«...по разным временам замеченные порознь мысли подведены быть могут, как мне кажется, под следующие главы:

1. О размножении и сохранении российского народа.
2. О истреблении праздности.
3. О исправлении нравов и о большем народа просвещении.
4. О исправлении земледелия.
5. О исправлении и размножении ремесленных дел и художеств.
6. О лучших пользах купечества.
7. О лучшей государственной экономии.
8. О сохранении военного искусства во время долговременного мира».

Уже по этому оглавлению становится очевидно, что Ломоносов предполагал рассмотреть в своём трактате все важнейшие стороны бытовой и трудовой жизни своих современников, касаясь физиологических, нравственных, профессиональных, экономических и других аспектов деятельности людей.

К сожалению, труд не был до конца завершён, более того, он долго находился под запретом из-за острой критики ученым ряда церковных правил, ограничивающих развитие народонаселения. Впервые трактат был опубликован с серьёзными изъятиями в 1819 году, когда прошло уже более полувека после смерти в 1765 году М. В. Ломоносова.

Основной акцент в своём труде учёный сделал на патриотической идее укрепления могущества России и благополучия её граждан за счёт увеличения народонаселения путем повышения рождаемости и сохранения родившихся, полагая что именно в этом «состоит величество, могущество и богатство всего государства, а не в обширности, тщетной без обитателей». Он подробно изложил прогрессивные для своего времени взгляды на нюансы формирования семейных отношений, на способы защиты от младенческой смертности, на развитие здравоохранения, улучшения здоровья женщин в детородном возрасте, преодоления вредных привычек населения, способствующих росту смертности.

Ломоносов также отметил необходимость укрепления безопасности проживания в городах и поселениях за счет строительства оборонительных сооружений вокруг них и усиления борьбы с преступниками и бандитами. Он даже рассмотрел вопросы миграционной политики, называя «живыми покойниками» тех, кто по разным причинам выбыл в другие государства, лишая подданных Российскую корону, предлагал способы сохранения людей в России за счёт определенных льгот и одновременно ратовал за «пристойные меры» привлечения иностранцев к поселению в России.

Ломоносов предложил в трактате 13 способов «сохранения и приращения подданных ея императорского величества», реализация которых могла бы приносить прирост населения страны до полумиллиона в год или до 10 миллионов человек за 20 лет.

В истории российской науки Михаил Васильевич Ломоносов выступил основоположником целого ряда научных дисциплин. Изложенные им в труде «О сохранении и сбережении российского народа» подходы к организации жизни людей с полным правом можно рассматривать как первые научные принципы повышения качества жизни, предложенные к осуществлению в России.

Андрей Карлович Шторх, избранный в 1803 году первым российским академиком по политэкономии и статистике, своё признание в научной среде получил благодаря исследованиям «Статистический обзор наместничеств Российской империи по их достопримечательностям и культурному состоянию в таблицах» (1795), «Материалы к познанию Российской империи» в двух томах (1796–1798), «Историко-статистический обзор Российской империи в конце восемнадцатого века» в восьми томах (1797–1803). В этих работах содержался уникальный и хорошо структурированный материал об особенностях политической и социально-экономической жизни в России в конце XVIII века.

В 1799 году А. К. Шторх был приглашен в качестве педагога в императорскую семью и занимался этой деятельностью в течение 20 лет. Он был учителем дочерей Павла I, читал курс политической экономии для великих князей Николая и Михаила, сыновей императора. В 1815 году на основе своих лекций Шторх

составил учебник по политической экономии, который считался одним из лучших экономических учебников той поры в Европе. В 1815 году он был издан на французском языке под заглавием «Курс политической экономии или Изложение начал, обуславливающих народное благоденствие», вскоре был переведен на немецкий язык и опубликован в Германии.

По цензурным условиям, несмотря на приближенность автора к императорской семье, книга Шторха не была выпущена в тот период на русском языке. В ней ученый отмечал, что видит главную причину отсталости России в наличии крепостного права, резко высказывался по поводу расточительности и задолженности вельмож, критиковал практику юстиции в стране. В России книга А. К. Шторха впервые была издана в 2008 году. [3]

Шторх в своей книге писал, что богатство заключается не в сокращении потребностей, а в возможности удовлетворения наибольшего их числа; сокращение потребностей ведет к одичанию и бедности; с умножением потребностей растет и производительность труда. Согласно высказанным Шторхом идеям, блага делятся на вещественные и невещественные; совокупность первых составляет национальное богатство, совокупность вторых – национальную цивилизацию; и те и другие вместе составляют национальное благосостояние. Невещественные блага делятся на главные – здоровье, знание, ремесленная ловкость, вкус, нравственность, религиозность – и вспомогательные – безопасность и досуг. Шторх полагал, что главные невещественные блага также могут быть накопляемы и обращаемы, как и вещественные блага; отсюда следует, что труд создающих невещественные блага – например, учителей, врачей, чиновников – нужно считать в такой же степени производительным, как и труд земледельца и фабричного рабочего.

Повышенным вниманием к изучению не только экономической деятельности, но и к особенностям организации жизни населения отличался подход академика **Владимира Павловича Безобразова** (избран в 1864 г.) Имея огромный опыт работы в министерствах финансов и государственных имуществ России, он постоянно направлялся в командировки для изучения на местах

различных социально-экономических вопросов. При этом он руководствовался принципом, который сформулировал достаточно определенно: «На людские поселения нельзя смотреть лишь как на производящие машины. Они имеют свою собственную жизнь». [4]

Исследовательский метод Безобразова опирался на детальное личное знакомство с положением дел в каждом из посещенных им регионов. Он сверял данные официальной статистики с информацией, полученной им «на живом материале народной жизни». В этом смысле он стал одним из первых крупных российских экономистов, применявших полевой экономико-статистический анализ для подготовки выводов о реальном состоянии производства и социальной сферы в обследуемых им местах.

Среди наиболее известных опубликованных им работ «Очерки Нижегородской ярмарки» (1865 г.), «Уральское горное хозяйство и вопрос о продаже казенных горных заводов» (1869 г.), «Хлебная торговля в северо-восточной России» (1870 г.), «Народное хозяйство России» (1882–1885 гг.). Благодаря этим и целому ряду других публикаций академик В. П. Безобразов считается основоположником научного изучения региональной экономики России.

Изучая реалии жизни, ученый выступал против крепостничества, призывал высшее сословие отказаться от своих привилегий, помещиков – содействовать обучению крестьян рациональным методам ведения хозяйства и освоению передовой агротехники. Безобразов ратовал за проведение земской реформы, включение земств в общую систему государственного управления и наделение их реальными правами. Он постоянно отмечал несоразмерность доходов рабочего люда общему удорожанию жизни.

Наиболее яркое представление об исследовательском методе академика В. П. Безобразова дают его очерки, посвященные анализу деятельности Нижегородской ярмарки, которую ученый рассматривал как уникальное место формирования экономической политики, где прямо соотносятся запросы потребителей и предложения производителей. При этом Безобразов

воспринимал этот процесс не только как чисто экономическое явление. Он писал:

«Здесь, в месте соединения Окского и Волжского бассейнов, столь важном в этнографической и политической истории русской государственной территории, ежегодно в течение 2 месяцев сходятся сотни тысяч людей всяких вероисповеданий и всяких цивилизаций. В течение 2 месяцев здесь бойко бьется пульс русской народной жизни. Очевидно, к нему необходимо прислушиваться с величайшим вниманием. В биении этого пульса нельзя не уловить признаков движений, происходящих на разных концах русской земли и в разных закоулках русского общества, откуда народная жизнь прибивает такой стремительной волной в это средоточие, чтоб из него не менее стремительной возвратной волной разнести по всем путям русской земли накопляющиеся, перемешивающиеся и растворяющиеся в этом общем резервуаре наносы самых разнообразных пород и качеств». [5]

К актуальным проблемам российского народа на рубеже XIX–XX веков обратился великий русский ученый **Дмитрий Иванович Менделеев** в своём труде «К познанию России», написанном в 1905 году и опубликованном в 1906-м. Изложенные им мысли Менделеев постарался развить в новом труде «Дополнения к познанию России», закончить который учёному не удалось. После его смерти в 1907 году работа была опубликована его сыном И. Д. Менделеевым. Эти труды вместе с написанной ранее работой «Заветные мысли» (1903–1904 гг.) составили духовное завещание великого учёного.

В трактате «К познанию России» Д. И. Менделеев сумел применить свой научный гений к, казалось бы, рутинной работе переписи населения страны, проведенной в 1897 году, и на основе тщательного анализа огромного фактического материала подготовить и изложить в трактате широкую панораму хозяйственной и социальной жизни России, вступающей в XX век.

Перед читателем предстала картина, отражающая численность городского и сельского населения, военных, представителей различных профессий и занятий: тех, кто живет земледелием,

кто – «охотой, лесом и т. п.», кто «промышляют ремеслами, на фабриках и заводах», кто занят в горном деле, кто – в торговле, кто – «при путях сообщения, почте, телеграфе и т. п.». Кто в масштабах страны живет как прислуга, поденщики, а кто – «как обеспеченные люди». Сколько насчитывается мужчин-кормильцев, сколько женщин-кормильцев и сколько домочадцев состоит при этих кормильцах. Учёный привёл соотношение численности представителей разных национальностей и разных вероисповеданий; сопоставил различные группы, исходя из образовательного уровня. Была дана сводная информация о количестве жителей и расположении «главнейших городов» каждой губернии России.

Менделеев подробно проанализировал тенденцию перетока населения от занятий земледелием в различные отрасли промышленности, что способствовало росту городского населения. При этом он отмечал, что такой переход обусловлен стремлением к улучшению именно качества жизни людей:

«Земледельческую деятельность и деревню, очевидно, оставляют не потому, что промышленная или городская нравится или представляет какие-либо особые соблазны всякого вида свобод, а потому только, что первая лишь начальная, однообразная и ограниченная и должна в своем значении постепенно убывать, тогда как вторая отвечает росту беспредельному; первая чисто ешняя, почти животная, вторая же более приближается к духовной; очевиднее же всего потому, что первая повсюду менее, чем вторая, выгодна, так как хлеба нужно людям лишь определенное количество, пропорциональное числу жителей, другие же виды промышленности, доставляющие удовлетворение разнородным видам народившихся потребностей, привлекают людей, как и города, совокупностью выступающих со временем условий и необходимостью при возрастающем общем росте удовлетворять спросу на предметы, которые всегда подразумевались, когда говорилось о том, что «не о хлебе едином жив человек». [6]

Отмечая эту тенденцию, Д. И. Менделеев считал, что она знаменует «время освобождения от земельной зависимости», что создаёт неограниченные возможности для размножения населения. Опираясь на данные переписи и оценки динамики роста населения

России в конце XIX века, ученый произвел подсчёты, что при приросте населения не менее 15 человек в год на 1000 жителей население России (без учёта Финляндии), составлявшее в 1897 году 128,2 млн человек, достигнет к 1910 г. 155,6 млн чел., к 1950 г. – 282.7 млн а к 2000 г. – 594,3 млн. И первичные прогнозы учёного были даже перекрыты – в 1910 г. население России достигло 160,7 млн, в 1914 г. – 175,1 млн. Но тогда грянула Первая мировая война, затем другие события, существенно изменившие демографическую ситуацию в стране. Тем не менее в декабре 1991 года перед распадом Советского Союза население страны составляло 294 млн чел., увеличившись с января 1946 года (170,5 млн чел.) на 123,5 млн чел., тем самым практически удвоилось по сравнению с итогами переписи 1897 года, но уже без учёта населения Польши.

Если же брать современные границы России, то население этой территории составляло в 1897 г. 67,4 млн чел., а в 1991 г. – 148,2 млн чел., увеличившись на 80,8 млн чел.

Ориентируясь на те данные, что прирост населения России в последние годы XIX века составлял 18 человек на тысячу, Менделеев произвел подсчет, по которому к 2026 году население страны при такой динамике увеличится в 10 раз и тем самым составит 1282 млн чел.

Ученый, строя планы на будущее России, делал на росте населения страны особый акцент. В примечаниях к работе «К познанию России» он писал: «Для меня высшая или важнейшая и гуманнейшая цель всякой «политики» яснее, проще и осязательнее всего выражается в выработке условий для размножения людского». [6]

Тем самым, проводя в своей важнейшей работе детальный «подсчет жизни» на основе материалов всероссийской переписи населения 1897 года, Д. И. Менделеев выделил главным в своем духовном завещании потомкам необходимость размножения и сбережения народа. И в этом подходе оказался чрезвычайно близок взглядам и заветам М. В. Ломоносова.

Фёдора Андреевича Щербину, члена-корреспондента Императорской академии наук (1904 г., с 1917 г. – РАН), считают основоположником бюджетной статистики в России. Эта работа

была для него значительный период основным профессиональным занятием. В 1884 году он начал работать в качестве статистика в Воронежском земстве, до 1904 года находился на руководящих постах в Воронежском статистическом бюро и Воронежском губернском статистическом комитете.

Щербина не был кабинетным работником, постоянно отправляясь в экспедиции, в которых на местах изучал жизненные условия людей. Участвовал в работе правительственной комиссии по вопросу о влиянии урожаев и цен на народное благосостояние (1894). Возглавлял в 1896–1903 гг. экспедицию по исследованию 12 уездов трёх областей (Акмолинской, Семипалатинской и Тургайской), которая по заданию Министерства земледелия и государственных имуществ определяла возможность организации переселенческих крестьянских хозяйств в зоне Транссибирской железнодорожной магистрали, строительство которой началось в 1890-е годы. Именно Ф. А. Щербина руководил проведением в Воронежской губернии Всероссийской переписи населения 1897 года.

Щербина первым в России начал проводить широкомасштабные бюджетные исследования крестьянских хозяйств. Его работа «Крестьянские бюджеты» (1900 г.) на долгое время стала методологической основой анализа потребительских затрат крестьян и рабочих. Он впервые соединил классическую земскую подворную перепись, фиксирующую приходно-расходные показатели, с методом балансового учёта; инвентаризацию наличного хозяйства и личного имущества сочетал с определением прибыльности или дефицитности крестьянской семьи. [7]

После 1904 года деятельность Ф. А. Щербины была связана в основном с Кубанью, откуда он сам родом. Он был председателем 1-й Кубанской казачьей рады (декабрь 1906 г.), созванной для решения земельных вопросов в войске. Избирался депутатом Государственной думы 2-го созыва от Кубанской области и Черноморской губернии (1907). Руководил статистической комиссией при Кубанском краевом правительстве (1917), работал управляющим Кубанского краевого статистического комитета (1918–1919). Руководил финансово-бюджетной комиссией при Законодательной раде – верховном органе Кубанской области. При формировании бюджетной политики настаивал на приня-

тии предупредительных мер по защите населения от инфляции. К их числу относились реформа налогообложения в пользу малоимущих слоёв, сокращение расходов на содержание штата центральных краевых учреждений, отказ от необоснованных кредитов, установление свободной торговли в пределах края.

Последние годы жизни Ф. А. Щербина провел за рубежом, занимался научной и преподавательской деятельностью в Праге, где умер в 1936 году. В 2008 г. его прах был перезахоронен в Свято-Троицком соборе в Краснодаре, в 2011 г. А. Ф. Щербине был установлен памятник в Краснодаре, его именем названа одна из улиц города. С 2000 г. регулярно проводится научно-практическая конференция «Научно-творческое наследие Фёдора Андреевича Щербины и современность».

Изучению условий деятельности и быта крестьянских хозяйств были посвящены исследования виднейшего представителя молодой плеяды российских экономистов первых десятилетий XX века **Александра Васильевича Чаянова** (1888–1937). Он вырос в семье разбогатевшего крестьянина, окончил Московский сельскохозяйственный институт и уже в период обучения проявил отменные способности к научному труду. В 1918 году Чаянов стал профессором Петровской сельскохозяйственной академии, где преподавал до своего ареста в 1930 году. Он также работал директором Научно-исследовательского института сельскохозяйственной экономии и политики, принимал участие в работе Народного комиссариата земледелия, где занимался составлением первого плана развития сельского хозяйства РСФСР.

В центре научных интересов Чаянова была разработка методологии бюджетных исследований крестьянского хозяйства и организации труда в нём. Чаянов рассматривал крестьянское хозяйство как социальную ячейку общества, способную в условиях сельскохозяйственной кооперации стать важнейшим звеном аграрного сектора экономики страны. При этом уже в одной из своих начальных научных работ – «Очерки по теории трудового хозяйства» (1912 г.) учёный отмечал, что трудовое хозяйство имеет предел своей продукции, который определяется соразмерностью годового труда со степенью удовлетворения потребностей хозяйствующей семьи.

Изучая крестьянские хозяйства, А. В. Чаянов пришел к выводу, что в основе экономических проблем и расслоения в деревне лежит демографический фактор. Ученый разработал для крестьянского хозяйства модель трудо-потребительского баланса, исходной основой построения которой являлся волнообразный процесс использования трудового потенциала крестьянской семьи, его роста (падения) вследствие увеличения или уменьшения семьи (женитьба членов семьи, распад семьи, утрата членов семьи, сезонность труда). [8]

Чаянов выработал классификацию крестьянских хозяйств, согласно которой было выделено шесть типов: капиталистический, полутрудовой, зажиточный семейно-трудовой, бедняцкий семейно-трудовой, полупролетарский и пролетарский. Он считал, что для развития и роста благосостояния крестьянских хозяйств их нужно объединить на добровольных началах в кооперацию, но не по принципу объединения однотипных хозяйств, а на основе вертикали функций (объединяя производство, хранение, переработку и сбыт сельхозпродукции, тех, кто занимается покупкой и обслуживанием техники, племенной и селекционной работой и т. д.).

Свои мысли по поводу кооперации Чаянов изложил в работе «Основные идеи и формы организации крестьянской кооперации» (1919). Он считал, что созданным кооперативам нужно предоставить право самостоятельного решения хозяйственных вопросов и вместо национализации передать землю в трудовую собственность без права купли-продажи. Свои идеи Чаянов проверил на личном опыте организации в 1915 г. Центрального товарищества льноводов – кооперативного объединения, которое сумело успешно наладить скупку и продажу льна, в том числе за границу. Полученный от этой деятельности доход позволил Чаянову и его коллегам по товариществу пережить трудный период войны и революционных потрясений.

Для Чаянова одной из важнейших тем была необходимость улучшения крестьянского быта и сохранения трудоспособного населения в деревне для развития сельского хозяйства. В своей работе, посвященной «Организации северного крестьянского

хозяйства», он написал: «Чтобы крестьянство стало действительным крестьянством, нужно сделать так, чтобы крестьянину незачем было бежать из деревни, ...найти такие прибыльные занятия своему труду, чтобы ему некогда было бегать на отхожие промыслы. Все это можно решить на кооперативной основе, учитывающей интересы крестьян». [9]

Своими научными публикациями А. В. Чаянов заслужил при жизни значительный авторитет среди многих отечественных и зарубежных коллег. Но в конце 1920-х годов он был обвинен в мелкобуржуазности, а затем подвергся репрессиям по так называемому делу Трудовой крестьянской партии, которую признали виновной в кризисе сельского хозяйства в стране.

Александр Васильевич Чаянов был полностью реабилитирован в 1987 году. Сегодня его имя носит улица в центре Москвы, с 1996 г. Российской академией наук вручается премия имени А. В. Чаянова.

Исследования современника и соратника А. В. Чаянова выдающегося российского экономиста **Николая Дмитриевича Кондратьева** охватывали не только сферу сельскохозяйственного производства, но и весь спектр социально-экономической деятельности в ведущих странах мира на протяжении XVIII–XIX и первой трети XX веков. Опираясь на колоссальный объём доступного ему статистического материала, Кондратьев обосновал теорию больших циклов экономической конъюнктуры, согласно которой в общем социально-экономическом развитии стран с определённой закономерностью наблюдаются волны подъёмов и спадов, повторяющиеся с периодичностью в 50 лет плюс/минус 10 лет. При этом анализу были подвергнуты не только чисто экономические показатели, такие как добыча угля, золота, производство чугуна, свинца, тканей и другие результаты работы промышленности, динамика внешнеторгового оборота стран, стоимости государственных деловых бумаг, индекса цен, но и изменение номинальной заработной платы, численности населения, в том числе динамика рождаемости и смертности. Тем самым в исследованиях Кондратьева были прямо отражены показатели качества жизни в их тесной зависимости от состояния экономической конъюнктуры.

В своей фундаментальной работе «Большие циклы конъюнктуры» Н. Д. Кондратьев отмечал: «В тех случаях, когда элементы экономической жизни или их связи подвергаются изменениям, не исчерпывающимся изменением их числа, объема и вообще не сводимым к количественным изменениям, мы говорим о наличии качественных изменений. Сюда относятся, например, изменения в технике производства, в организации хозяйства, в составе и характере общественных потребностей и т. д.». [10]

Кондратьев неоднократно подчёркивал, что большие циклы «являются весьма важным и существенным фактом экономической динамики, фактом, отражения которого встречаются во всех основных отраслях социально-экономической жизни». Например, его детальные исследования зависимости заработной платы рабочих различных отраслей экономики привели к выводу, что, «несмотря на всю скудость материалов о заработной плате, в ее движении наблюдается несомненное существование больших циклов, причем их периоды достаточно близко совпадают с периодами циклов в товарных ценах и проценте на капитал». [10]

Оценивая состояние общественной жизни и рынка труда в европейских странах после гигантских потрясений, вызванных Первой мировой войной и глобальным кризисом, Николай Кондратьев приходит к глубоким, злободневным и сегодня выводам. Он отмечает: «Этот период формирования новой системы равновесия крайне тяжело отражается на судьбах, положении и поведении отдельных лиц и социальных групп, создавая атмосферу неуверенности и беспокойства, выдвигая неожиданные преграды и затруднения в жизни. Вот почему до сих пор почти во всех странах мы встречаем так много волнений, бедствий, блужданий людей, выбитых из обычной колеи профессиональной работы в поисках новых условий применения своего труда, почему наблюдаем с такой остротой несоответственное применение интеллигентных сил на поприще чисто физического или чисто технического труда». [10]

Но одновременно учёный констатирует, что тенденции к преодолению кризисных явлений «обусловливаются процессами радикального перераспределения накопленных и накопляющихся капиталов, выражающимися внешне в глубоких реформах индустрии и революции техники, в привлечении новых террито-

рий, в подготовке новых кадров квалифицированного труда». Тем самым уже тогда, в 1920-х годах, Кондратьевым прослеживается связь технического прогресса с формированием нового качества человеческого капитала, который в настоящее время является главным фактором успешного развития цивилизации.

Николай Кондратьев внёс также большой вклад в разработку научных основ теории и практики планирования развития отраслей народного хозяйства России. Под его руководством был разработан перспективный план развития сельского и лесного хозяйства РСФСР на 1923–1928 годы, сочетавший плановые и рыночные методы хозяйствования и получивший название «сельскохозяйственная пятилетка Кондратьева».

Важнейшим среди предложений Кондратьева в сфере планирования было соблюдение правильного соотношения показателей, которые подлежат точному расчёту и последующему учёту, с теми, предвидеть точное количественное выражение которых не представляется возможным. В его работе «План и предвидение» (1927 г.) фактически были изложены подходы к формированию устойчивости социально-экономического развития, которые являются необходимым условием обеспечения качества жизни населения.

Безусловная научная заслуга Николая Кондратьева состоит в том, что он на основе своих глобальных исследований экономической конъюнктуры развития ведущих стран мира в течение полутора столетий установил тесные зависимости основных показателей качества жизни с волновыми колебаниями в развитии экономики. И поэтому его выводы по-прежнему востребованы современными учёными для осмысления реальностей социально-экономического развития во всём их многообразии.

В 1992 году Российской академией наук за выдающиеся работы в области общей экономической теории была учреждена премия имени Н. Д. Кондратьева, которой до 2022 года был удостоен ряд ведущих ученых России. Постановлением Президиума РАН от 25 июня 2024 г. № 128 утвержден Перечень золотых медалей имени выдающихся ученых, присуждаемых Российской академией наук. Золотая медаль имени Н. Д. Кондратьева будет присуждаться один раз в пять лет, начиная с 2027 года, Президиумом

РАН на основании представления экспертной комиссии и бюро Отделения общественных наук РАН по результатам проведения конкурса работ, выдвинутых на соискание этой награды.

В отличии от экономистов, формировавших свои подходы к оценке качества жизни современников в России и зарубежных странах на основе изучения громадного статистического материала, представители различных философских течений обращались к проблеме качества прежде всего с позиций нравственно-этических, подчеркивая необходимость качественных изменений в сознании как решающем факторе успешности социально-экономического прогресса.

К числу заметных работ этого направления относится статья известного российского мыслителя и публициста **Ивана Александровича Ильина** «Спасение в качестве», опубликованная в 1928 году в журнале «Русский колокол». [11]

В этой статье И. А. Ильин, высланный из России в 1922 году на так называемом «философском пароходе» из-за принципиальных разногласий с политикой новых большевистских властей страны, выступил патриотом своей Родины, призывая к коренному изменению всех сторон жизни на основе освоения качества как главного принципа развития.

Он констатировал: «Да, в нашей прошлой истории нам не хватало ни времени, ни сил на качество; на спокойную и сосредоточенную культуру; на взращивание и творческое оформление нашей природной даровитости; на воспитание и укрепление национального характера; на создание интенсивного, технически совершенного земледелия и промысла; на усовершенствование политической и бытовой организации жизни».

Ильин призывал побороть ментальную зависимость жителей России от ощущения неисчерпаемого обилия – обилия пространств, племен и людей. Он утверждал, что все основные затруднения страны были от объема и количества. «Русская душа и до сих еще не поняла и не осмыслила, какой соблазн, какую отраву она впитала в себя вместе с этой идеей бескачественного обилия и объема... Где-то в глубине души у русского человека живет смутная, но твердая уверенность, что качество ему

«не нужно»; что это – «заморская выдумка»; что при «нашем» обилии и при «нашей» даровитости мы без учения и без старания, без умения и без навыка «по-своему справимся» и даже «еще лучше выйдет», – с горечью отмечал Иван Ильин.

В статье не содержалось развернутой программы освоения качества. Но она была пронизана страстным призывом идти по этому пути: «...русскому народу есть только один исход и одно спасение – возвращение к качеству и его культуре. Ибо количественные пути исхожены, выстраданы и разоблачены, и количественные иллюзии на наших глазах изживаются до конца. Надо творчески развязать качественные силы России!

Россия будет голодать по знающим и работоспособным людям на всех поприщах: от бухгалтерии до медицины, от агрономии до профессуры... России необходимы воля и талант. Их нельзя ничем заменить, ибо талант творит новое, а воля строит и держит народную жизнь...

Дорогу честности! Дорогу знанию и таланту! Дорогу русскому гению! Качество необходимо России: верные, волевые, знающие и даровитые люди; крепкая и гибкая организация; напряженный и добросовестный труд; выработанный первосортный продукт; высокий уровень жизни».

В таком эмоциональном стиле Иван Ильин выражал важнейшие идеи качественного совершенствования страны, которые остаются актуальными и сегодня.

Усиление внимания ученых к изучению нематериальных аспектов качества жизни стало характерным для исследований, начиная со второй половины XX века, когда стали серьёзно проявляться последствия индустриального развития в нарушении экологии, глобальных изменениях климата, когда на первый план начали выходить проблемы организации систем образования и здравоохранения, качества продуктов питания, безопасности труда и всех других сфер жизнедеятельности.

Эти исследования в значительной мере предвосхитил выдающийся русский ученый академик (с 1912 г.) **Владимир Иванович Вернадский**. Именно он в 1920-х годах сформулировал условия формирования ноосферы, как высшей стадии развития

цивилизации, которые будут обеспечены развивающейся научной мыслью и созидательным трудом человека. Вернадский предсказал резкое развитие средств связи и транспортного обмена между странами, расширение границ земной биосферы и выход человека в космос, открытие новых источников энергии. Учёный считал необходимым благом обеспечение равенства людей всех рас и религий, подъём благосостояния через повсеместное преодоление голода, нищеты, зависимости от болезней. По мысли Вернадского, естественное стремление людей к ноосфере должно объединять их усилия ради всестороннего развития всего человечества и каждого отдельного индивида. Важно при этом подчеркнуть, что Вернадский рассматривал путь к созданию ноосферы не как утопическую идею, а как стратегию выживания человечества в разумно организованном взаимодействии с биосферой.

Не вдаваясь в более подробный анализ этого научного направления, необходимо отметить, что оно в значительной степени совпадает с современными подходами к организации социально-экономического развития и задачами повышения качества жизни населения.

Литература:

1. Окрепилов В. В. Экономика качества. – СПб. : Наука, 2011. С. 15–17.

2. Ломоносов М. В. О сохранении русского народа / Сост. и отв. ред. О. А. Платонов. – М. : Институт русской цивилизации, 2011. С. 15.

3. Шторх А. К. Курс политической экономии / А. К. Шторх. М. : Изд. дом «Экономическая газета», 2008.

4. Безобразов В. П. Село Иваново. Общественно-физиологический очерк // Отечественные записки. 1864. № 1. С. 266–304.

5. Тебиев Б. К. Владимир Павлович Безобразов (1828–1889). https://cyberleninka.ru/article/n/vladimir-pavlovich-bezobrazov-1828-1889/viewer

6. Менделеев Д. И. К познанию России. Цит. по Д. И. Менделеев – великий метролог и экономист. С. 178–179.

7. Галутво Л. М. Щербина Фёдор Андреевич. – https://bigenc.ru/c/shcherbina-fiodor-andreevich-05f0e1

8. Александр Чаянов. Наука, утопия, политика: сборник работ. М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2024. 584 с. Под научной редакцией

А. М. Никулина, под общей редакцией О. О. Медведевой, Д. С. Житенёва.

9. В. Столбов. Теоретик-аграрник А. В. Чаянов. – https://proza.ru/2017/09/20/686

10. Кондратьев Н. Д., Яковец Ю. В., Абалкин Л. И. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. Избранные труды. М. : Экономика, 2002. С. 19, 319, 358.

11. Ильин И. А. Спасение в качестве // «Русский колокол». – 1928. – N4. С. 3–7.

1.2. Эволюция оценки качества жизни в научных исследованиях

Эволюция понятия «качество жизни» тесно связана с развитием всей социо-эколого-экономической системы: доминирующей идеологии, производственных отношений, социальной сферы и сферы экологии. Начиная с середины XX столетия качество жизни постепенно становится важнейшим показателем общественного и личного благосостояния как в нашей стране, так и за рубежом.

Исторически введению понятия «качество жизни» способствовали определение здоровья, принятое Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в 1948 году, и оценка статуса больного человека по шкале Карновского, разработанной в этот период двумя американскими врачами для определения функциональных возможностей человека, перенёсшего тяжелое заболевание. По этой шкале активность человека оценивается в процентах от 100 до 0 с шагом в 10 %, где 100 % – «идеальное» здоровье, а 0 % означает смерть.

Согласно определению, данному ВОЗ, *качество жизни – это характеристика физического, психологического, эмоционального и социального функционирования, основанного на его субъективном восприятии*. В этом определении зафиксирована взаимосвязь качества жизни и качества общества, оценка человеком своего положения в обществе.

В последующие годы исследованиями качества жизни активно занимались ученые США, стран Европы, а также различные международные организации, в частности, Международная

организация труда (МОТ), Европейская экономическая комиссия ООН, Институт социального развития ООН, Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

Одним из первых широко признанных документов по методике оценки качества жизни стали выпущенные в 1961 году рекомендации ООН по определению стандартов и уровня жизни. Они включали 12 параметров жизнедеятельности: здоровье, средства к существованию, воспитание, условия труда, занятость населения, потребление и запасы, транспорт и коммуникации, жилищные условия, одежду, отдых и развлечения, социальную уверенность, личную свободу.

Также Статистический отдел ООН в 1961 году в сотрудничестве с рядом международных организаций разработал методику международных сопоставлений, в основу которой заложил показатель паритета покупательной способности национальной валюты. Этот показатель и сегодня используется в целом ряде зарубежных методик сравнительной оценки качества жизни в разных странах.

В 1970 году Международная организация труда (МОТ) предложила концепцию «базовых потребностей», которая рассматривала повышение качества жизни через удовлетворение основных потребностей большинства населения. Такой подход выдвигал на первое место в оценке качества жизни социальные показатели. В этой концепции приоритеты социальной политики были разделены на девять направлений, каждое со своим набором показателей: здоровье, развитие личности путем обучения, занятость и качество трудовой жизни, свободное время и досуг, экономическое положение личности, социальное окружение, обеспечение безопасности и правосудия, участие в общественной жизни.

Попытки провести определенную стандартизацию показателей, содержащую информацию о качестве жизни, были предприняты Организацией экономического сотрудничества и развития. ОЭСР была разработана система из 33 показателей по 15 ключевым сферам социальной жизни. Среди них основными были продолжительность жизни (ожидаемая продолжительность

жизни); образование (уровень грамотности); доход (распределение дохода); жилищные условия; недостатки окружающей среды; здоровье; занятость (уровень безработицы) и другие факторы.

В современных научных концепциях под качеством жизни понимается комплексная характеристика социально-экономических, политических, культурно-идеологических, экологических факторов и условий существования и развития личности, положения человека в обществе. Качество жизни связано с удовлетворением базовых потребностей индивида и с возможностью самореализации в труде, духовной жизни и других видах жизнедеятельности, в том числе – посредством системных институтов.

Опираясь на исследования, проводимые учеными различных стран, проанализируем существующие подходы к оценке качества жизни.

1.2.1. Становление зарубежной методологии оценки качества жизни

В трудах зарубежных ученых сложилась следующая современная трактовка качества жизни: совокупность жизненных ценностей людей, их предпочтений, которые характеризуются различными функциональными состояниями, достижениями и свободами, а также удовлетворенностью жизнью индивидов и их групп. Вместе с тем, понятие «качество жизни» до сих пор не стандартизировано, вследствие чего имеется огромное количество трактовок и, соответственно, методик его измерения, в которых используются разнообразные номенклатуры показателей, измеряемых и оцениваемых в каждом конкретном случае по-разному.

Шведская модель (начало 1970-х годов) учитывала факт наличия в стране определенной политической системы и ее влияние на социальное положение населения. Ее разработка включала в себя такие показатели как труд и условия труда, экономические возможности, политические возможности, школьное обучение, здоровье и использование медицинской помощи, формирование семьи и семейные отношения, жилище, питание, свободное время и его проведение.

Другой вид модели был предложен в трудах П. Леви и Л. Андерсона, которые рассматривали как основную составляющую качества жизни совокупность условий физического, умственного и социального благополучия как отдельного человека, так и социальных групп. Они рассматривали такие характеристики как ощущение счастья и удовольствия, удовлетворенность состоянием здоровья, браком, семейными отношениями, работой, условиями жизни, финансовым положением, возможностями получения образования, способностью к созиданию, творчеству и так далее.

Здесь следует отметить, что скандинавская трактовка понятия «качество жизни» ориентирована более на учет возможностей, а не результатов. То есть внимание сосредоточено на имеющихся средствах и способах ими распорядиться. Не случайно сегодня в скандинавских странах качество жизни определяют по ее «легкости», отсутствию обремененности житейскими трудностями.

Методики измерения качества жизни, так или иначе приближенные к их современному пониманию, появились за рубежом во второй половине XX века. Это комплексная модель качества жизни Дж. Форрестера (1971 г.), индикаторы Европейской экономической комиссии ООН (1974 г.), индекс физического качества жизни, система показателей Организации экономического сотрудничества и развития (далее – ОЭСР). В них уже включены показатели, характеризующие экологическую составляющую условий жизнедеятельности человека.

Методика, предложенная специалистами Программы развития ООН в 1990 году, ознаменовала переход на следующую ступень развития методик измерения качества жизни. При оценке качества жизни в рамках методики используются такие показатели: ожидаемая продолжительность жизни при рождении, средняя продолжительность обучения, ожидаемая продолжительность обучения, валовой национальный доход, рассчитанный на душу населения в долларах США с учетом паритета покупательной способности национальной валюты. За прошедшие

десятилетия данная методика претерпела изменения: сегодня за интегральный показатель в ней принят и широко используется индекс человеческого развития (ИЧР).

ИЧР рассчитывается как среднее геометрическое значение от индексов по основным показателям оценки. В свою очередь, эти индексы соотносятся с максимальными и минимальными данными по своему показателю. Например, по показателю продолжительности жизни максимальным выступает 85 лет, минимальным – 20 лет. Индекс рассчитывается по формуле:

$$\frac{\text{реальное значение для данной страны (??)} - 20}{85 - 20}$$

Значение ИЧР для каждой страны располагается в результате расчетов по определенным формулам в диапазоне от 0 до 1. Показатели стран ранжируются на основе этих расчётов в едином списке по мере убывания значения ИЧР. Текущие значения ИЧР и рейтинг стран мира ежегодно публикуются на сайте Программы развития ООН (UNDP Human Development Reports) и в статистическом приложении к каждому Докладу о человеческом развитии (UNDP Human Development Reports).

В Докладах о человеческом развитии страны делятся на 4 группы:

- страны с очень высоким уровнем ИЧР (0,800 и выше);
- страны с высоким уровнем ИЧР (0,700–0,799);
- страны со средним уровнем ИЧР (0,550–0,699);
- страны с низким уровнем ИЧР (ниже, чем 0,550)

С 2001 года до 2019 года лидером по показателю ИЧР была Норвегия. Затем лидировала Швейцария (2022 год – ИЧР 0,967). По итогам 2023 года на первое место в мире вышла Исландия (0,972), а замыкает рейтинг на 193 месте Южный Судан (0,388).

В таблицах 1.2–1.5 представлены данные из последнего доклада ООН о человеческом развитии, опубликованные в 2025 году на основе анализа итоговой информации по странам за 2023 год.

Таблица 1.2

Страны с очень высоким уровнем ИЧР (по итогам 2023 г.)

№	Страна	ИЧР
1	**Исландия**	0.972
2	**Норвегия**	0.970
2	**Швейцария**	0.970
4	**Дания**	0.962
5	**Германия**	0.959
5	**Швеция**	0.959
7	**Австралия**	0.958
8	**Гонконг**	0.955
8	**Нидерланды**	0.955
10	**Бельгия**	0.951
11	**Ирландия**	0.949
12	**Финляндия**	0.948
13	**Сингапур**	0.946
13	**Великобритания**	0.946
15	**Объединённые Арабские Эмираты**	0.940
16	**Канада**	0.939
17	**Лихтенштейн**	0.938
17	**Новая Зеландия**	0.938
17	**Соединённые Штаты Америки**	0.938
20	**Южная Корея**	0.937
21	**Словения**	0.931
22	**Австрия**	0.930
23	**Япония**	0.925
24	**Мальта**	0.924
25	**Люксембург**	0.922
26	**Франция**	0.920
27	**Израиль**	0.919

Продолжение табл. 1.2

28	**Испания**	0.918
29	**Чехия**	0.915
29	**Италия**	0.915
29	**Сан-Марино**	0.915
32	**Андорра**	0.913
32	**Кипр**	0.913
34	**Греция**	0.908
35	**Польша**	0.906
36	**Эстония**	0.905
37	**Саудовская Аравия**	**0.900**
38	**Бахрейн**	**0.899**
39	**Литва**	0.895
40	**Португалия**	0.890
41	**Хорватия**	0.889
41	**Латвия**	0.889
43	**Катар**	0.886
44	**Словакия**	0.880
45	**Чили**	0.878
46	**Венгрия**	0.870
47	**Аргентина**	0.865
48	**Черногория**	0.862
48	**Уругвай**	0.862
50	**Оман**	0.858
51	**Турция**	0.853
52	**Кувейт**	0.852
53	**Антигуа и Барбуда**	0.851
54	**Сейшельские Острова**	0.848
55	**Болгария**	0.845
55	**Румыния**	0.845

Окончание табл. 1.2

57	**Грузия**	0.844
58	**Сент-Китс и Невис**	0.840
59	**Панама**	0.839
60	**Бруней**	0.837
60	**Казахстан**	0.837
62	**Коста-Рика**	0.833
62	**Сербия**	0.833
64	**Россия**	0.832
65	**Беларусь**	0.824
66	**Багамские Острова**	0.820
67	**Малайзия**	0.819
68	**Северная Македония**	0.815
69	**Армения**	0.811
69	**Барбадос**	0.811
71	**Албания**	0.810
72	**Тринидад и Тобаго**	0.807
73	**Маврикий**	0.806
74	**Босния и Герцеговина**	0.804

Россия по итогам 2022 г. занимала 56-е место в мире по ИЧР (0,821) в рейтинге из 193 стран. По итогам 2023 г. ИЧР у России вырос (0,832), но страна переместилась на 64-е место, уступив ряду стран.

На рис. 1.1 показаны тенденции изменения ИЧР РФ в период 1990–2023 гг. Из приведенных данных следует, что в 1991–1994 гг. отмечалось падение индекса, начиная с 1996 г. по 2008 г. происходил рост его значения, в 2009 г. отмечено незначительное падение, затем рост продолжился по 2020 г. В 2021 г. произошло самое значительное снижение индекса, что связано с ухудшением показателя средней ожидаемой продолжительности жизни в результате влияния пандемии. С 2022 г. рост индекса восстановился.

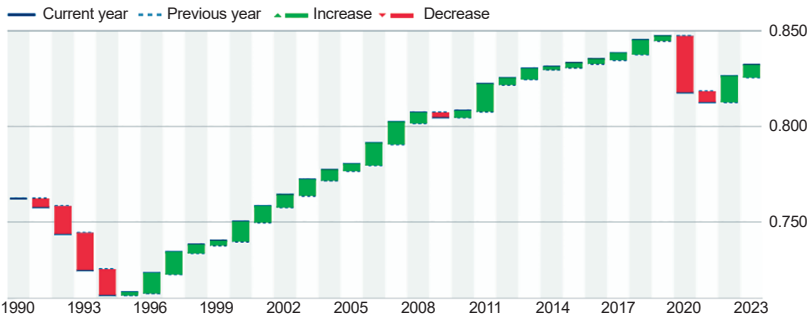


Рис. 1.1. Тенденции изменения ИЧР Российской Федерации в 1990–2023 гг.
Источник: https://hdr.undp.org/data-center/specific-country-data#/countries/RUS

В целом в период 1990–2023 гг. значение ИЧР России выросло с 0,762 до 0,832.

В группу с высоким уровнем ИЧР (таблица 1.3) вошло 50 стран, расположившихся на местах с 75-го по 124-е. На самой верхней 75-й позиции в этой группе разместился Иран (ИЧР – 0,799), в неё также вошли Китай (78-е место – 0,797), Бразилия (84-е место – 0,786), ЮАР (106-место – 0,741).

Таблица 1.3

Страны с высоким уровнем ИЧР (по итогам 2023 г.)

75	**Иран**	**0.799**
76	**Сент-Винсент и Гренадины**	0.798
76	**Таиланд**	0.798
78	**Китай**	0.797
79	**Перу**	0.794
80	**Гренада**	0.791
81	**Азербайджан**	0.789
81	**Мексика**	0.789
83	**Колумбия**	0.788
84	**Бразилия**	0.786

Продолжение табл. 1.3

84	**Палау**	0.786
86	**Молдова**	0.785
87	**Украина**	0.779
88	**Эквадор**	0.777
89	**Доминиканская Республика**	0.776
89	**Гайана**	0.776
89	**Шри-Ланка**	0.776
92	**Тонга**	0.769
93	**Мальдивы**	0.766
93	**Вьетнам**	0.766
95	**Туркменистан**	0.764
96	**Алжир**	0.763
97	**Куба**	0.762
98	**Доминика**	0.761
99	**Парагвай**	0.756
100	**Египет**	0.754
100	**Иордания**	0.754
102	**Ливан**	0.752
103	**Сент-Люсия**	0.748
104	**Монголия**	0.747
105	**Тунис**	0.746
106	**Южная Африка**	0.741
107	**Узбекистан**	0.740
108	**Боливия**	0.733
108	**Габон**	0.733
108	**Маршалловы Острова**	0.733
111	**Ботсвана**	0.731
111	**Фиджи**	0.731
113	**Индонезия**	0.728

Окончание табл. 1.3

114	**Суринам**	0.722
115	**Белиз**	0.721
115	**Ливия**	0.721
117	**Ямайка**	0.720
117	**Кыргызстан**	0.720
117	**Филиппины**	0.720
120	**Марокко**	0.710
121	**Венесуэла**	0.709
122	**Самоа**	0.708
123	**Никарагуа**	0.706
124	**Науру**	0.703

В группу стран со средним уровнем ИЧР включены 43 государства, находящихся со 125 по 167 место. В этой группе стран находится Индия (130 место – 0,685), с крупнейшим населением планеты (1,43 млрд чел.), что сказывается на значении индекса при успешном развитии экономики, а также Нигерия (164 место – 0,560), находящаяся у нижнего порога этой группы, при этом она вышла по населению на 6 место в мире и первое в Африке (в 2024 г. – более 230 млн чел.). Сегодня в Нигерии свыше 40 % населения составляют дети в возрастной группе 0–14 лет.

Таблица 1.4

Страны со средним уровнем ИЧР (по итогам 2023 г.)

125	**Бутан**	**0.698**
126	**Эсватини**	0.695
126	**Ирак**	0.695
128	**Таджикистан**	0.691
129	**Тувалу**	0.689
130	**Бангладеш**	0.685

Продолжение табл. 1.4

130	**Индия**	0.685
132	**Сальвадор**	0.678
133	**Экваториальная Гвинея**	0.674
133	**Палестина**	0.674
135	**Кабо-Верде**	0.668
136	**Намибия**	0.665
137	**Гватемала**	0.662
138	**Конго**	0.649
139	**Гондурас**	0.645
140	**Кирибати**	0.644
141	**Сан-Томе и Принсипи**	0.637
142	**Тимор-Лешти**	0.634
143	**Гана**	0.628
143	**Кения**	0.628
145	**Непал**	0.622
146	**Вануату**	0.621
147	**Лаос**	0.617
148	**Ангола**	0.616
149	**Микронезия**	0.615
150	**Мьянма**	0.609
151	**Камбоджа**	0.606
152	**Коморские Острова**	0.603
153	**Зимбабве**	0.598
154	**Замбия**	0.595
155	**Камерун**	0.588
156	**Соломоновы Острова**	0.584
157	**Кот-д'Ивуар**	0.582
157	**Уганда**	0.582
159	**Руанда**	0.578

Окончание табл. 1.4

160	**Папуа – Новая Гвинея**	0.576
161	**Того**	0.571
162	**Сирия**	0.564
163	**Мавритания**	0.563
164	**Нигерия**	0.560
165	**Танзания**	0.555
166	**Гаити**	0.554
167	**Лесото**	0.550

Наконец, в группе стран с низким уровнем ИЧР оказались 26 стран, расположенных в основном в Азии и на Африканском континенте. В этой группе максимальный разброс значения ИЧР (0,388–0,544), преобладают страны с растущим населением, а также с нестабильными политическими режимами, порой втянутыми во внутренние военные конфликты.

Таблица 1.5

Страны с низким уровнем ИЧР (по итогам 2023 г.)

168	**Пакистан**	0.544
169	**Сенегал**	0.530
170	**Гамбия**	0.524
171	**Демократическая Республика Конго**	0.522
172	**Малави**	0.517
173	**Бенин**	0.515
174	**Гвинея-Бисау**	0.514
175	**Джибути**	0.513
176	**Судан**	0.511
177	**Либерия**	0.510
178	**Эритрея**	0.503
179	**Гвинея**	0.500

Окончание табл. 1.5

180	**Эфиопия**	0.497
181	**Афганистан**	0.496
182	**Мозамбик**	0.493
183	**Мадагаскар**	0.487
184	**Йемен**	0.470
185	**Сьерра-Леоне**	0.467
186	**Буркина Фасо**	0.459
187	**Бурунди**	0.439
188	**Мали**	0.419
188	**Нигер**	0.419
190	**Чад**	0.416
191	**Центрально-Африканская Республика**	0.414
192	**Сомали**	0.404
193	**Южный Судан**	0.388

В соответствии с данными методики ООН, оценивающей Индекс развития человека по отдельным составляющим ИЧР, в период с 1990 по 2023 год ожидаемая продолжительность жизни при рождении в РФ увеличилась на 3,9 года, составив в 2023 г. 73,2 года, ожидаемая продолжительность обучения – на 0,5 года, (2023 г. – 13,2 года), а средняя продолжительность обучения – на 2,8 года (2023 г. – 12,4 года). Валовой национальный доход на душу населения Российской Федерации вырос за этот период примерно на 26,9 процента, составив в 2023 г., с учетом паритета покупательной способности, 39 222 доллара.

Помимо системы показателей ООН хорошо разработанными являются методики ЮНЕСКО, Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), а также система показателей Комиссии по измерению экономических результатов и социального прогресса.

ЮНЕСКО оценивает качество жизни с использованием групп показателей из таких жизненно важных сфер, как здоровье

и рациональное питание, образование, безопасность, а также стабильная экологически чистая окружающая среда, – включая жилище, здравоохранение, участие в жизни общества и создание необходимых услуг для развития общества, справедливость и равенство мужчин и женщин. Методика ЮНЕСКО и ее отдельные показатели, особенно в области качества образования, находят сегодня широкое практическое применение.

Схожие показатели выделены и в странах ОЭСР, однако акцент сделан на том, что материальное благосостояние, хотя и является средством для обеспечения лучших условий жизни, но не может быть исключительной целью развития. Поэтому в набор показателей для исследования качества жизни ОЭСР входят показатели, охватывающие восемь основных аспектов жизнедеятельности: здоровье, развитие через образование, занятость и качество трудовой жизни, досуг и отдых, состояние потребительского рынка товаров и услуг, качество окружающей среды, личная безопасность, социальные возможности и социальная активность.

Таким образом, происходит постепенная эволюция методик измерений качества жизни по широте охвата наиболее важных для людей сфер: от первичных оценок по принципу «качество жизни определяется зарплатой» до комплексных методик, включающих много показателей и измеряющих достаточно широкий спектр направлений, определяющих качество жизни. Этот процесс будет продолжать развиваться и в будущем, особенно в связи с растущим применением информационных и суперкомпьютерных технологий.

Вместе с тем анализ показывает, что в большинстве методик используются совпадающие показатели. В частности, совпадают показатели, характеризующие здоровье, экологическую обстановку, условия жизнедеятельности, образование, доходы. При этом наиболее часто в методиках применяются показатели, характеризующие систему здравоохранения и сферу образования. На втором месте – демографические и экономические показатели, позволяющие сделать вывод о продолжительности жизни и доходах. Далее по убывающей идут показатели,

характеризующие состояние окружающей среды и степень ее загрязнения, комфортность жилищ и безопасность, занятость населения и конституционные права. Кроме того, в ряде методик используются одинаковые показатели, характеризующие степень социальной защиты населения и состояние дел в сфере культуры и досуга.

К числу рейтингов, имеющих непосредственное отношение к оценке качества жизни, можно отнести те исследования, которые углубленно анализируют один из основных аспектов качества жизни. Например, таким является **Глобальный индекс здоровья** (Bloomberg Global Health Index), который составляется американским агентством Bloomberg на основе данных Всемирной организации здравоохранения, отдела народонаселения ООН и Всемирного банка. Среди включенных в расчёт индекса показателей – продолжительность жизни, меры по борьбе с курением и ожирением, доступ к чистой воде и медицине, экологическая обстановка.

В свете угроз, которые испытало человечество в последние годы в борьбе с пандемией COVID-19, представляет также интерес **Глобальный индекс безопасности в сфере здравоохранения** (Global Health Security Index (GHS Index). Среди его организаторов – Центр безопасности здоровья Университета Джонса Хопкинса (США) и британский журнал The Economist. Методика расчета индекса включает 140 вопросов по направлениям деятельности, которые позволяют оценить возможности стран предотвращать и устранять последствия эпидемий и пандемий.

Совсем иную методическую основу для сопоставления результата определения позиции страны в индексе носит **Индекс счастья ООН** (World Happiness Report), который ежегодно составляется на основе данных опросов, насколько люди довольны качеством своей жизни. Индекс отражает субъективное восприятие людьми их благополучия и удовлетворенности жизнью. В составлении Индекса участвуют международная исследовательская компания Gallup и приглашенные ученые из многих стран, которые анализируют данные ответов граждан по таким показателям как наличие гражданских свобод, чувство безопас-

Таблица 1.6

Ведущие страны по Индексу счастья ООН (по итогам 2023 г.)

Место	Страна	Индекс
1	Финляндия	7,741
2	Дания	7,583
3	Исландия	7,525
4	Швеция	7,344
5	Израиль	7,341
6	Нидерланды	7,319
7	Норвегия	7,302
8	Люксембург	7,122
9	Швейцария	7,060
10	Австралия	7,057

ности и уверенности в завтрашнем дне, стабильность семей, гарантии занятости, уровень коррупции, состояние доверия, великодушия и щедрости в обществе. Оценки даются в диапазоне от 0 до 10. В Индексе счастья (таблица 1.6) несколько лет подряд лидировала Финляндия, Россия находилась на 80 месте.

1.2.2. Проблематика оценки качества жизни в отечественной науке

Как уже было показано в подглаве 1.1, понятие «качество жизни» в отечественной науке существенно эволюционировало на протяжении длительного времени. Это было обусловлено не только развитием научного знания, появлением новых научных направлений, сменой технологических укладов и поступательным развитием социально-экономических взаимоотношений, но и радикальной сменой идеологических приоритетов в 1990-е годы.

Проблема качества жизни в советском периоде развития нашей страны являлась частью общей концепции человека и рассматривалась в контексте проблемы «образ жизни». Количественной мерой выражения социалистического образа жизни,

по существу, являлся уровень жизни, измеряемый, в первую очередь, значением оплаты по труду (заработной платы), возрастанием общественных фондов потребления и ростом национального производства.

При этом необходимо отметить, что активный этап становления отечественной социальной статистики начался в 1960-е годы, что было связано с возрождением в стране социальных наук, прежде всего таких как экономика труда, социология, социальная психология и других.

Уже в этот период серьезными исследованиями взаимосвязей экономического и социального развития были отмечены труды академиков Л. И. Абалкина, А. Г. Гранберга, Д. С. Львова. Их работы закладывали фундамент подходов к оценке качества жизни, выбора для этого объективных показателей.

Большой вклад в развитие теории и практики управления и измерения качества внёс доктор экономических наук, профессор Александр Владимирович Гличев. В 1972–1987 гг. он работал руководителем ВНИИ стандартизации Госстандарта СССР, был среди тех, кто сформулировал название и принципы квалиметрии – науки об измерениях качества. В начале 1980-х годов совместно с председателем Госстандарта СССР В. В. Бойцовым на основе достигнутого в нашей стране опыта управления качеством А. В. Гличев выступил с предложением о создании международных стандартов управления качеством – будущих стандартов ИСО 9000.

Это предложение базировалось на результатах формирования и развития в нашей стране региональных систем управления качеством, включавших опыт Днепропетровской, Ленинградской, Львовской, Саратовской, Ярославской и других региональных систем, между которыми шёл активный обмен своими лучшими достижениями через организацию конференций и внедрение в регионах единых отраслевых и территориальных стандартов качества, затрагивающих все сферы не только производственной, но и социальной деятельности.

Отметим, что именно в ходе разработки Ленинградской территориальной системы управления качеством в 1970–1980 годы

начала складываться научная группа по изучению влияния качества на процессы управления производством и социальной сферой, в которой активное участие принимали В. В. Окрепилов, Н. В. Кондратьев, Ю. В. Тарбеев, В. Е. Швец.[5]

Одним из важнейших достижений научной школы стала разработка целевых комплексных научно-технических программ и стратегий социально-экономического развития региона и федерального округа. Нормативами для формирования плановых показателей этих документов являются стандарты проживания, стандарты обеспечения жизнедеятельности и стандарты качества жизни населения.

В стандартах проживания, утвержденных Законом Санкт-Петербурга, закреплены параметры качества жизни населения, которые должны быть обеспечены исполнительными органами государственной власти города. Применение стандартов проживания и качества жизни в системе государственного планирования является одной из основных особенностей формирования Стратегии и обеспечения устойчивого социально-экономического развития Санкт-Петербурга.

Обращение в данном контексте к достижениям отечественной стандартизации не случайно. Существующие сегодня проблемы при разработке методик измерения качества жизни объективно требуют применения стандартизации как условия обеспечения единого подхода органов управления и самого общества к организации социально-экономического развития с целью повышения качества жизни людей.

Рассматривая вопросы определения и прогнозирования параметров качества жизни населения, следует отметить, что необходимо исследовать и оценивать состояние в целом социально-экономической системы и использовать возможности, например, социально-экономического прогнозирования, имитационного моделирования, а также методов управления

---

[5] В. В. Окрепилов, Н. В. Кондратьев и др. Ленинградская территориальная система управления качеством продукции: сущность, функционирование и направления совершенствования. Ленинград. ЛДНТП. 1983.

качеством для решения всего спектра задач, связанных с улучшением качества жизни населения.

Наравне с множеством подходов и методик измерения качества жизни существует множество моделей качества жизни. Принято выделять несколько уровней таких моделей. Модели первого уровня представляют собой простейшие модели с ограниченным числом переменных и позволяют получить конкретную характеристику отдельного свойства качества жизни. Модели второго уровня дают более обобщенную характеристику определенного аспекта качества жизни – например, продолжительность жизни. Модели третьего уровня включают еще больший набор переменных и оперируют более сложными математическими методами. Они позволяют получить интегральную характеристику нескольких аспектов качества жизни. Например, показатель качества населения отражает интегральные характеристики здоровья, образования, демографических показателей и т. п. По такому принципу построена международная методика ООН определения индекса человеческого развития. Модели четвертого уровня имеют комплексный характер и ориентированы на получение интегрированных показателей, отражающих все базовые компоненты качества жизни.

Среди российских методов оценки можно выделить *интегральный индикатор качества жизни*, предложенный С. А. Айвазяном. Подход основан на специальных процедурах агрегирования частных (статистически регистрируемых) показателей различных аспектов качества жизни. Все свойства, составляющие среду и систему обеспечения жизнедеятельности населения, были объединены им в пять интегральных групп – *качество населения*, *благосостояние населения*, социальная безопасность, качество окружающей среды и природно-климатические условия.

Еще одна отечественная методика, имеющая комплексный характер, разработана группой ученых в составе: И. А. Гундаров, В. Н. Крутько, Д. С. Львов, А. А. Пригарин, В. А. Лищук, Ф. М. Руднинский. Основу методики составляют шесть интегральных индикаторов, преимущественно отражающих факторы

повышения социальной напряженности в обществе: ожидаемая продолжительность жизни, естественное воспроизводство населения, неудовлетворенность жизнью, агрессивность общества, неадекватность решения проблем собственности, неустойчивость семейных отношений. Однако, на наш взгляд, в связи с узкой направленностью методика имеет ограниченную сферу применения.

Получила также известность отечественная методика А. П. Егоршина и А. К. Зайцева. На основе результатов анкетирования ведущих ученых и специалистов в области экономики и управления была разработана базисная система показателей, куда вошли четыре интегральных индикатора: медико-экологический, финансово-экономический, индикатор материального благосостояния и индикатор духовного благосостояния. В состав каждой интегральной группы включен ряд локальных показателей.

Численные значения экономических и социальных показателей определяются в виде отношения фактического значения к базисному конечному результату, выраженного в процентах. В качестве исходной информации выступают данные плановых документов, форм статистической и оперативной отчетности. Расчет интегрального показателя качества жизни производится как отношение фактически достигнутых критериальных значений показателей к базисным значениям конечных результатов, взвешенных с помощью весовых коэффициентов.

В российских СМИ ежегодно публикуется рейтинг субъектов Российской Федерации по качеству жизни, подготовленный РИА «Новости» на основе открытых данных Росстата, Минздрава, Минфина, Центробанка и ряда других источников. В рейтинге анализируются примерно 70 показателей, включенных в 11 групп: уровень доходов населения, занятость населения и рынок труда, жилищные условия населения, безопасность проживания, демографическая ситуация, экологические и климатические условия, здоровье населения и уровень образования, обеспеченность объектами социальной инфраструктуры,

уровень экономического развития, уровень развития малого бизнеса, освоенность территории и развитие транспортной инфраструктуры.

Однако создатели рейтинга не раскрывают характер влияния отдельных групп и показателей на формирование результирующего значения итоговых баллов, полученных регионами (таблица 1.7).

В 2019 году в составе холдинга РБК было создано рейтинговое агентство «Национальные кредитные рейтинги» (НКР). По итогам 2019 года РБК впервые представил рейтинг качества жизни в российских регионах, выполненный НКР. Через год с использованием той же методики второй рейтинг содержал анализ итогов 2020 года (таблица 1.8).

Методика расчета основана на 10 показателях, имеющих разный вес при формировании итогового индекса. Значения каждого показателя для всех регионов ранжируются от наилучшего до наихудшего с последующим присвоением балльных оценок от 1 до 7, где 1 соответствует наихудшему показателю. Такой

Таблица 1.7

Десять ведущих субъектов РФ по качеству жизни на основе методики РИА Рейтинг за 2024 г.

Место ↓	Регион ↑↓	Рейтинговый балл ↑↓	Рейтинговый балл в 2023 г. ↑↓	Место в 2023 г. ↑↓
1	Москва	84,085	83,640	1
2	Санкт-Петербург	83,388	82,310	2
3	Московская область	81,220	79,999	3
4	Краснодарский край	76,130	74,355	4
5	Республика Татарстан	75,062	73,757	5
6	Ленинградская область	70,206	67,970	6
7	Ростовская область	68,296	64,844	9
8	Калининградская область	67,717	66,175	7
9	Самарская область	67,029	64,836	10
10	Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	66,066	66,114	8

Источник: https://riarating.ru/infografika/20250217/630276667.html

Таблица 1.8

Топ 10 регионов РФ по качеству жизни на основе рейтинга РБК по итогам 2020 года

1. г. Санкт-Петербург	7.00
2. г. Москва	6.41
3. Белгородская обл.	6.07
4. Московская обл.	5.98
5. Воронежская обл.	5.51
6. Краснодарский край	5.48
7. Ханты-Мансийский АО – Югра	5.09
В среднем по РФ	**4.91**
8. Тюменская обл.	4.78
9. Нижегородская обл.	4.75
10. Свердловская обл.	4.72

Источник: РБК

подход уравновешивает показатели, имеющие разные единицы измерения. Итоговый индекс корректируется на долю населения, проживающего в регионе, чтобы учесть специфику малонаселенных регионов, где формально высокие среднедушевые значения показателей не соответствуют фактическому положению дел.

Показатели, входящие в индекс качества жизни в рейтинге РБК (НКР):

1. Уровень покупательской активности – оборот розничной торговли на душу населения. Вес показателя – 20 %.

2. Доступность жилья – соотношение средней зарплаты в регионе и стоимости одного квадратного метра жилья. Вес показателя – 5 %.

3. Способность населения обслуживать кредиты – соотношение просроченной задолженности по кредитам, предоставленным физическим лицам, и средней зарплаты в регионе. Вес – 7,5 %.

4. Уровень официальной занятости – доля занятых, имеющих официальные трудовые доходы. Вес показателя – 7,5 %.

5. Уровень накоплений населения – соотношение банковских депозитов на душу населения к средней заработной плате. Вес – 7,5 %.

6. Обеспеченность основными фондами социальной сферы – стоимость основных фондов (здания, сооружения, оборудование и т. д.) в сферах образования, здравоохранения, культуры и спорта на душу населения. Вес показателя – 12,5 %.

7. Обеспеченность жильем – соотношение общей площади жилого фонда в регионе и населения. Вес показателя – 10 %.

8. Обеспеченность педагогическим составом – соотношение численности школьников и численности педагогов. Вес показателя – 5 %.

9. Обеспеченность медиками – соотношение численности жителей и численности врачей в регионе. Вес показателя – 5 %.

10. Климатическая зона – характеризует природно-климатические условия в регионе, вес показателя – 20 %.

Если холдинг РБК, начиная с 2021 года, приостановил публикацию рейтингов регионов по качеству жизни, то Агентство стратегических инициатив (АСИ) именно по итогам 2021 года впервые опубликовало свой рейтинг качества жизни в регионах России. Рейтинг АСИ был запущен в рамках реализации Национальной социальной инициативы (НСИ), которая включает комплекс региональных и федеральных мер по улучшению качества жизни россиян в 10 сферах:

– медицинское обслуживание;
– образование и развитие;
– жильё и инфраструктура;
– потребление и досуг;
– чистота и экология;
– инклюзивность и равенство;
– безопасность;
– социальная защита;
– государственные услуги и сервисы;
– возможности для работы и своего дела.

Для формирования рейтинга применяются три блока оценки: субъективные показатели удовлетворенности, объективные показатели среды и динамика их изменений. Всего для расчета интегрального значения по указанным выше 10 направлениям выбраны 140 показателей, в том числе 66 опросных показателей, а также данные статистики и геоаналитики.

Рейтинг АСИ публикуется ежегодно. В таблице 1.9 представлены ТОП 20 регионов по качеству жизни по итогам 2024 года.

Публикуя ТОП 20 рейтинга, АСИ подробно не раскрывает методику ранжирования регионов, принципы, по которым формируется интегральный показатель, но при этом детальная информация по каждому субъекту передаётся управленческим командам региона.

Сегодня в России помимо региональных рейтингов качества жизни подобные исследования при использовании разных групп показателей проводятся и в отношении городов.

Таблица 1.9

Рейтинг регионов РФ по качеству жизни
Агентства стратегических инициатив по итогам 2024 г.

Место	Регион	Место	Регион
1	Москва	11	Ямало-Ненецкий авт. округ
2	Санкт-Петербург	12	Белгородская область
3	Республика Татарстан	13	Севастополь
4	Тюменская область	14	Чеченская Республика
5	Ханты-Мансийский авт. округ-Югра	15	Краснодарский край
6	Московская область	16	Республика Адыгея
7	Сахалинская область	17	Свердловская область
8	Тульская область	18	Калужская область
9	Нижегородская область	19	Челябинская область
10	Республика Башкортостан	20	Мурманская область

Источник: Агентство стратегических инициатив

В качестве примера можно привести разработку Индекса качества жизни в крупных и средних российских городах, которую осуществляют учёные Института социально-экономических исследований Финансового университета при Правительстве РФ. Цифровой индекс выводится на основе ежеквартального мониторинга таких факторов, которые связаны с уровнем материального благополучия, качеством медицинского обслуживания, состоянием экологии, эффективностью образования, доступностью учреждений культуры, работой общественного транспорта, а также состоянием преступности и уровня конфликтности в быту и сфере обслуживания. Индекс может служить ориентиром как для улучшения управленческой работы городских чиновников, так и для тех, кто выбирает постоянное место жительства с учётом определенных преимуществ конкретных городов для повышения своего качества жизни.

1.3. Повышение качества жизни – приоритетное направление государственной политики устойчивого развития России

Качество жизни представляет собой интегрированный результат социально-экономического развития. В нынешних условиях ужесточения борьбы за интеллектуальные ресурсы, главным из которых выступает человеческий капитал, качество жизни является решающим фактором глобального соперничества, обеспечивающим переток и концентрацию самых квалифицированных специалистов в странах с наиболее высоким качеством жизни.

При этом важнейшее значение для основной части населения страны имеет позитивная динамика качества жизни, базирующаяся на устойчивом росте экономики и системном решении социальных вопросов, создающих гарантии сохранения достигнутого качества жизни и его постоянного дальнейшего развития.

В связи с этим оценка состояния и прогнозирование динамики качества жизни является необходимой и обязательной составляющей текущего и перспективного (стратегического) планирования национального и регионального развития. Разработка объективного прогноза, учитывающего динамику всех основных показателей качества жизни за определенный период времени,

выступает с учётом материальных, финансовых, человеческих и внешних факторов развития базой для определения конкретных значений, которые необходимо достигнуть в качестве жизни населения, чтобы зафиксировать их в планах социально-экономического развития на данный период.

В России в соответствии со сложившейся реальностью системы государственного управления, зафиксированной в Конституции РФ, базовым периодом долгосрочного планирования выступает 6-летний срок, связанный со сроком исполнения обязанностей избранного на этот период Президента РФ, формирующего федеральные исполнительные органы власти, разрабатывающие планы развития страны.

Таким образом, в настоящий момент можно определить следующую структуру прогнозирования качества жизни с глубиной прогнозирования **базовый** период – один президентский срок, **стратегический** период – два президентских срока, **долгосрочный** период – на срок формирования одного нового поколения (четыре президентских цикла). В настоящий момент эти периоды имеют следующие параметры:

Базовый период	2025–2030 гг.
Стратегический период	до 2036 г.
Долгосрочный период	до 2048–2050 гг.

В системе планирования оценка текущего состояния и прогноз качества жизни на определённый период позволяют на начальном этапе производить объективную оценку имеющихся ресурсов и необходимых действий для достижения намечаемых рубежей качества жизни, которые должны быть подкреплены соответствующими национальными проектами и программами. Фактически выполнять роль инвентаризации возможностей и формирования предварительного плана действий.

Прогноз качества жизни на длительную перспективу выступает ответственным звеном взаимодействия научных организаций, формирующих прогноз, и государственных органов власти, разрабатывающих планы социально-экономического развития и обеспечивающих их выполнение.

На международном уровне в качестве документа, определяющего ориентиры социально-экономического прогнозирования и развития, выступает Стратегия устойчивого развития Организации Объединенных Наций, которая включает комплекс из 17 взаимосвязанных целей, разработанных в 2015 году Генеральной ассамблеей ООН в виде «плана достижения лучшего и более устойчивого будущего для всех». («Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года». https://unido.ru/overview/mdg/).

Этот документ охватывает такие приоритетные для повышения качества жизни направления, как:

– Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте (цель 3);

– Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех (цель 4);

– Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновациям (цель 9);

– Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости городов и населенных пунктов (цель 11) и другие направления, связанные с повышением доходов, укреплением здоровья, защитой экологии и обеспечением доступа к равномерному потреблению ресурсов.

Для оценки выполнения отдельными странами целей устойчивого развития разработан Индекс достижения целей устойчивого развития – **SDG Index (Sustainable Development Goals Index). Индекс** учитывает 100 показателей, связанных с выполнением 17 Целей устойчивого развития. Уровнем 100 оценивается полное достижение цели, а за 0 принимается полное отсутствие достижений. Итоговая цифра отражает средний уровень страны по выполнению всех Целей и может быть интерпретирован как процент от оптимального выполнения ЦУР.

Ранжированный ряд Индекса SDG включает данные по всем 193 странам-членам ООН. Лидером в этом ряду является Финляндия с показателем 86,35; Россия занимает 56-е место – 73,10. Первая десятка этого рейтинга в Индексе SDG на основе Доклада об устойчивом развитии 2024 г. представлена в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Ведущие страны по выполнению Целей устойчивого развития ООН (Индекс SDG) на основе Доклада об устойчивом развитии 2024 г.

Место	Страна	Индекс
1	Финляндия	86,35
2	Швеция	85,70
3	Дания	85,00
4	Германия	83,45
5	Франция	82,76
6	Австрия	82,55
7	Норвегия	82,23
8	Хорватия	82,19
9	Великобритания	82,16
10	Польша	81,69

Источник: https://dashboards.sdgindex.org/rankings

На национальном уровне основными документами при выборе приоритетных направлений оценки состояния и повышения качества жизни выступают указы Президента РФ и постановления Правительства РФ, определяющие перспективы и задачи социально-экономического развития страны.

В настоящее время таким основополагающим документом является Указ Президента РФ от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

Определенные в данном указе национальные цели развития на предстоящий период практически полностью ориентированы на повышение качества жизни по его ключевым направлениям:

а) сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи;

б) реализация потенциала каждого человека, развитие его талантов, воспитание патриотичной и социально ответственной личности;

в) комфортная и безопасная среда для жизни;

г) экологическое благополучие;

д) устойчивая и динамичная экономика;

е) технологическое лидерство;

ж) цифровая трансформация государственного и муниципального управления, экономики и социальной сферы.

Необходимо отметить, что в данном указе по основным направлениям установлены конкретные показатели, которые необходимо достигнуть к определенному сроку, что возводит указ в ранг рабочего документа с условиями контроля и ответственности исполнителей. К таким показателям, например, относятся задачи увеличения ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет к 2030 году и до 81 года к 2036 году, в том числе опережающий рост показателей ожидаемой продолжительности здоровой жизни; обеспечения не ниже среднероссийских темпов повышения к 2030 году суммарного коэффициента рождаемости в субъектах РФ, в которых по итогам 2023 года значение такого коэффициента было ниже среднероссийского; снижения к 2036 году дифференциации показателей ожидаемой продолжительности жизни не менее чем на 25 % по сравнению с уровнем 2023 года.

Тем самым Указ «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» распространяет своё действие и на региональный уровень, формируя обязательные для органов власти субъектов РФ и муниципальных органов направления деятельности по улучшению качества жизни населения.

Основные задачи по повышению качества жизни **на региональном уровне** содержатся в стратегиях регионального развития субъектов РФ. Принятые в 2024 году национальные цели развития и выполнение соответствующих национальных проектов требуют внесения конкретных изменений в ранее принятые стратегии, чтобы обеспечить единые по всей стране подходы и соблюдение сроков выполнения поставленных задач.

В этой связи особая ответственность выпадает на долю регионов-лидеров социально-экономического развития и качества жизни в стране. Они призваны формировать лучшие практики и передавать свой передовой опыт другим регионам.

Примечательно, что национальные цели развития России по показателям качества жизни во многом совпадают с параметрами Стратегии экономического и социального развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года. Этот документ, являясь пилотным в сфере регионального стратегического планирования, может служить примером оптимального формирования системы целей регионального развития в сочетании с общенациональными.

Стратегия 2035 особо выделяет качество жизни как ведущий элемент системы целей социально-экономической политики Санкт-Петербурга. Эту взаимосвязь подчёркивает Генеральная цель Стратегии – «Обеспечение стабильного улучшения качества жизни горожан и повышение глобальной конкурентоспособности Санкт-Петербурга на основе реализации национальных приоритетов развития, обеспечения устойчивого экономического роста и использования результатов инновационно-технологической деятельности».

Опора на развитие научно-технологического потенциала, отраслей экономики знаний позволила в Санкт-Петербурге успешно преодолеть влияние пандемии и западных санкций, обеспечить стабильный экономический рост. В 2023 году был достигнут рекордный за последние 12 лет прирост промышленного производства, высокие темпы развития сохранились и в 2024 году.

На базе значительного экономического роста в 2024 году достигнут рекордный уровень доходной части бюджета Санкт-Петербурга, который составил 1 трлн 347 млрд руб. и вырос за последние 5 лет в 2,1 раза. Поставлена задача довести к 2030 году объем доходов бюджета до 2 трлн руб.

Ранее в Законе Санкт-Петербурга были закреплены стандарты проживания и обеспечения жизнедеятельности, отражающие требования к оказанию услуг и их качеству в сферах здравоохранения, образования, культуры, транспортного обслуживания, жилищно-коммунального хозяйства, общественной безопасности. Стабильный рост доходов городского бюджета служит основой совершенствования Петербургского стандарта качества жизни.

Санкт-Петербург входит в тройку регионов-лидеров в стране по ожидаемой продолжительности жизни, показатель которой

по итогам 2023 года составил 76,55 года. За последние 10 лет реальные доходы населения города увеличились на четверть. Санкт-Петербург – один из ведущих регионов России по уровню доходов на душу населения, по продолжительности и качеству образования его жителей. То есть по тем критериям, которые определяют индекс человеческого развития в соответствии с методикой ООН.

Устойчивость экономики позволяет выполнять все параметры, заложенные в Стратегии развития Санкт-Петербурга, и на основе опережающего экономического роста обеспечивать вывод стандартов качества жизни на более высокие показатели, чем предусмотрено национальными целями развития России.

В разработке Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга в составе специально созданной научной группы приняли активное участие академики А. Г. Аганбегян, В. В. Ивантер, В. Л. Макаров, В. В. Окрепилов, Н. Я. Петраков, иностранный член РАН В. Л. Квинт. Работа научной группы дополнялась проведением опросов населения и специалистов, а также формированием фокус-групп по проблемам и приоритетам развития города. Был создан и открыт для постоянного доступа в интернете сайт, где могли высказать свои предложения по проблемам развития Санкт-Петербурга жители города. Всего в обсуждении проекта Стратегии приняли участие около 700 тысяч петербуржцев.

Такой подход показывает, что задачи по повышению качества жизни необходимо рассматривать как процесс формирования общественного продукта, заказчиком и потребителем которого выступает население страны, конкретного региона, города, муниципального округа, отдельный гражданин. Учёт их совокупных интересов является обязательным условием успешного формирования и реализации государственной политики по повышению качества жизни.

ГЛАВА 2

ПРИМЕНЕНИЕ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ И СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И МОДЕЛИРОВАНИЯ УСЛОВИЙ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ

2.1. Практика применения агент-ориентированных моделей для задач государственного управления[5]

Современный мир в последние десятилетия показывает впечатляющую динамику не только по основным показателям, характеризующим уровень его развития, но и демонстрирует возрастающую сложность взаимодействия субъектов социально-экономических систем большинства стран. Численность населения Земли с 1960 г. (2,493 млрд человек[6]) выросла к июлю 2025 г. в 3,3 раза (8,232 млрд человек[7]), а к 2060 г. прогнозируется около 10 млрд человек[8]. За счет развития транспорта, информационных и прочих технологий объем мировой торговли в процентах от мирового ВВП с 1960-х годов увеличился с 25 % до 60 % к началу текущего века[9]. В 2020–2024 гг. он несколько снизился и крупнейшие международные организации в финансовой сфере (МВФ), в области либерализации международной торговли (ВТО) и развития свободной рыночной экономики (ОЭСР) в последних аналитических материалах представили свое видение дальнейшего развития глобальных процессов, предполагающих усиление фрагментации мирового экономического пространства

[5] Авторы благодарят Дж. Эпштейна за ценные замечания и советы.

[6] Данные Отдела народонаселения Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН: https://population.un.org.

[7] Там же.

[8] Там же.

[9] Данные Всемирного банка: https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS.

в краткосрочном и среднесрочном периодах, распад мира на макрорегионы и кристаллизацию новых полюсов в мировой макроэкономической системе. Возрастающие издержки, связанные с дополнительными расходами (пошлины на товары, технологические затраты, перенастройка торговых потоков), по оценкам специалистов, приведут к снижению ВВП различных стран в диапазоне от 0,2 % до 12 % в зависимости от степени фрагментации.

Тем не менее, тенденция последнего полувека свидетельствует о возрастающей взаимозависимости экономик большинства стран мира. При этом многими специалистами отмечается, что частота мировых кризисов, связанных с дисбалансами в экономике, в последние десятилетия также возросла (к примеру, аналитиками Банка Германии (Deutsche Bank) было показано, что периодичность финансовых кризисов после ратификации Бреттон-Вудского соглашения оказалась заметно выше, чем до нее[10]). К этому можно добавить участившиеся военные конфликты, гибридное противостояние ключевых мировых игроков и прочие события, последствия которых являются малопредсказуемыми, а мультипликативные эффекты весьма значимыми практически для всех стран.

В этой связи остро встает проблема поиска аналитических инструментов нового поколения, адекватных задачам современного сложного мира. До недавнего времени для определения взаимосвязей между социально-экономическими показателями в основном применялись методы многомерного статистического анализа, например, регрессионные уравнения, но их спецификация осуществляется с использованием данных прошедших периодов, поэтому использование этих инструментов для прогноза хотя и возможно, но с долей условности, предполагающей определенный специалистами набор сценариев, поэтому в условиях сильной флуктуации проходящих в социально-экономической сфере процессов данный инструмент малопригоден к использованию.

[10] Портал Deutsche Bank Research: https://www.dbresearch.com.

С 1990-х годов и по сегодняшний день, благодаря широкому распространению персональных компьютеров стали применяться более продвинутые методы компьютерного моделирования социально-экономических процессов (оптимизационные модели, вычислимые модели общего равновесия, дискретно-событийные, системно-динамические, агент-ориентированные модели, нейронные сети, экспертные системы, генетические алгоритмы и т. д.). Некоторые из них имели достаточно хорошо проработанную теоретическую базу и даже примеры простой практической реализации, но реальное их использование стало возможным лишь благодаря возросшим вычислительным возможностям.

Одновременно с этим практически экспоненциально растет мощность вычислительных систем. Так, по сравнению с 1993 г. суммарная производительность 500 самых быстродействующих суперкомпьютеров выросла почти в 13 млн раз и составляет почти 14 экзафлопс[11], а производительность трех топовых систем (El Capitan, Frontier и Aurora) давно превзошла экзафлопсный рубеж.

Таким образом, возрастающая сложность мира и последние глобальные потрясения (пандемия, разрыв производственных цепочек, торговые войны, политические катаклизмы и т. д.) с одной стороны и колоссальная производительность современных систем с другой, несомненно, приведут к появлению искомых инструментов, способных оценивать мультипликативные эффекты с прямыми и обратными связями на социально-экономические системы большинства государств. Отметим, что множество научных центров различных стран мира уже вовлечено в этот процесс, хотя такая возможность доступна для преимущественно крупных научных центров и международных организаций в силу ресурсоемкости (как научной, так и финансовой) этого вида деятельности. Вообще говоря, подобного рода модели, основанные преимущественно на равновесном подходе, уже имеются и можно перечислить наиболее

[11] Данные портала, содержащего рейтинг и описания 500 самых мощных вычислительных систем мира: https://www.top500.org.

известные среди них: GTAP, MIRAGRODEP, MIRAGE, GLOBE, MULTIMOD, GEM, Global Macrofinancial Model, The Long Term Growth Model, Moody's Research Labs Inc. Model, World-Scan, LINK, WEFM, KPMG-MACRO, NiGEM, а более подробный обзор приведен в статьях журнала «Вестник РАН»[12, 13]. Тем не менее, не умаляя их достоинств, отметим, что предсказывать будущие события они практически неспособны – «черные лебеди» 2020 года это хорошо показали.

Имея большой практический опыт в разработке множества агент-ориентированных моделей как инструментов для «выращивания» и изучения искусственных обществ, авторы берут на себя смелость рассматривать модели этого класса в качестве потенциальных инструментов решения не только перечисленных выше, но и прочих проблем. При этом мы не утверждаем, что агент-ориентированное моделирование является долгожданной панацеей, поскольку существует множество других, возможно более эффективных для ряда задач аналитических инструментов, имеющих программную реализацию (например, нейронные сети и прочие методы машинного обучения), но дополняя друг друга эти методы могут существенно обогатить арсенал исследователей. К настоящему времени разработаны сотни специализированных программных средств для построения агентных моделей (NetLogo, RePast, MASON, AnyLogic и многие другие), но, помимо этого, есть готовые решения от ведущих IT компаний (Microsoft, IBM, ESRI, Wolfram Research и др.) по использованию средств разработки широкого профиля, реализующих модели этого класса.

Задача данной работы – пригласить читателя к дискуссии о развитии новых инструментов исследования окружающего

[12] Макаров В. Л., Ву Ц., Ву З., Хабриев Б. Р., Бахтизин А. Р. (2019): Современные инструменты оценки последствий мировых торговых войн // Вестник Российской академии наук, 2019, том 89, № 7, с. 745–754.

[13] Макаров В. Л., Ву Ц., Ву З., Хабриев Б. Р., Бахтизин А. Р. (2020): Мировые торговые войны: сценарные расчет последствий // Вестник Российской академии наук, 2020, том 90, № 2, с. 169–179, DOI: 10.31857/S0869587320020097.

нас мира и подвести промежуточные итоги в этом направлении с формулировкой следующих направлений развития агентного подхода. Авторы уже не раз публиковали научные труды, в которых давали характеристики и описывали успешные примеры реализации агент-ориентированных моделей[14, 15], поэтому здесь мы сосредоточимся только на отдельных моментах, показывающих преимущества подхода. Кроме того, это настолько бурно развивающееся направление (анализ крупнейших библиографических баз Web of Science и SCOPUS показал их прирост за период 2000–2024 гг. более чем в 150 раз), что любой обзор будет неполным.

2.1.1. Исторический экскурс

Трудно однозначно выявить момент зарождения агент-ориентированного подхода к моделированию наблюдаемых в реальной жизни процессов. Некоторые исследователи увязывают появление агентных моделей с клеточными автоматами 1940-х годов. Один из величайших математиков своего времени – Джон фон Нейман, заложивший фундамент в архитектуру современных компьютеров (архитектура фон Неймана) и участвовавший в Манхэттенском проекте, а также занимавшийся вопросами самовоспроизводящихся систем, предложил концепцию клеточных автоматов, далее развитую его коллегой – Станиславом Уламом. За последующие десятилетия было разработано большое количество клеточных автоматов с самыми разнообразными правилами перехода между состояниями, написаны тысячи статей и книг по этой тематике[16]. Одной из наиболее известных среди этих моделей является игра «Жизнь», разработанная английским математиком Джоном Хортоном Конвеем в 1970 году, при этом

[14] Бахтизин А. Р. (2008): Агент-ориентированные модели экономики. М. : Экономика, 2008.

[15] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. (2013): Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). М. : Экономика, 2013. – 295 с.

[16] Данные библиографической и реферативной базы научных публикаций: https://www.scopus.com.

не только ставшая классической, но и породившая огромное количество всевозможных вариаций[17].

Американский экономист и лауреат Нобелевской премии 2005 года, один из крупнейших специалистов в области теории игр – Томас Шеллинг, в 1971 году в статье «Динамические модели сегрегации» предложил клеточный автомат, описывающий процесс сегрегации и показавший, что «черные» районы образуются не столько из-за расовой неприязни, а вследствие предпочтений людей, предпочитающих проживать по соседству с похожими на себя[18].

Клеточные автоматы оказали очень серьезное влияние на многие области науки (естественные, технические и гуманитарные) – астрономию, физику, медицину, геологию, математику, биологию, информатику, робототехнику, социологию, экономику и др., в связи с чем для обзора даже самых цитируемых моделей этого класса понадобится отдельная монография. Поэтому сошлемся на основной вывод научно-популярного бестселлера «Новый вид науки» (A New Kind of Science), написанного за более чем 10 лет одним из известных современных математиков, разработчиком системы компьютерной алгебры Mathematica – Стивеном Вольфрамом (Stephen Wolfram), и во многом посвященного клеточным автоматам. Автор приглашает к дискуссии о том, что накопленный к настоящему времени математический аппарат не позволяет понять сложность окружающего нас мира, а для его понимания, помимо совершенно новых подходов, необходимо проведение исследований, предполагающих осуществление многочисленных экспериментов, которые сами по себе имеют большой практический смысл и позволяют накапливать знания. В свою очередь методология клеточных автоматов, по мнению ученого, позволяет рассмотреть системы любой степени сложности путем их дезагрегирования на простые элементы.

---

[17] Gardner M. The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game «life» // Scientific American. – № 4, October 1970.

[18] Schelling T. C. (1971): Dynamic Models of Segregation // Journal of Mathematical Sociology, 1(2), pp. 143–186.

Отметим, что в этом убеждении Вольфрам не одинок – так, создатель первого в мире языка программирования высокого уровня «Планкалкюль» (Plankalkül) и программируемого компьютера немецкий ученый Конрад Цузе еще в 1969 г. опубликовал книгу «Вычислительное пространство» (Rechnender Raum), в которой бросил вызов сложившейся доктрине о непрерывности физических явлений, предположив дискретность всех наблюдаемых процессов. В этой связи он выдвинул тезис о том, что Вселенная представляет собой невообразимо сложный клеточный автомат с пока неизвестными правилами перехода между состояниями.

Отметим, что разработка и техническая реализация клеточных автоматов – далеко не разработанная сфера приложения исследователей, а скорее наоборот, с использованием высокопроизводительных вычислений это направление получит дополнительный импульс к дальнейшему развитию.

Один из основоположников агентного подхода в мире – директор Лаборатории агентного моделирования Нью-Йоркского университета, аффилированной с Курантовским институтом математических наук Джошуа М. Эпштейн написал фундаментальную трилогию об агент-ориентированном моделировании. В первом томе «Growing artificial societies: Social science from the bottom up»[19] рассматривается ставшая классической модель – Sugarscape, являющаяся симбиозом клеточного автомата и агент-ориентированной модели, и несмотря на относительную простоту она внесла серьезный вклад в развитие эпистемологии.

Второй том «Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling»[20] раскрывает потенциал агентного подхода применительно к самым различным научным сферам (социологии, биологии, экономике, эпидемиологии, археологии, конфликтологии и др.). «Растущие» искусственные общества

[19] Epstein J. M., Axtell R. (1996): Growing artificial societies: Social science from the bottom up // Brookings Institution Press. The MIT Press.

[20] Epstein J. M. (2007): Generative Social Science: Studies in Agent-Based Computational Modeling // Princeton University Press. p. 352.

первого тома эволюционировали во втором в более реалистичные практические приложения.

Третий том «Agent_Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science»[21] стал квинтэссенцией многочисленных работ в области агент-ориентированного моделирования и вплотную подвел к пониманию того, что для разработки по-настоящему реалистичных моделей и получения новых знаний агенты должны вырасти до сложных и противоречивых сущностей, обладающих целеполаганием и разумом, но также и подверженных страстям. Соответственно, перечень учитываемых в моделях параметров значительно расширяется от традиционных (уровень здоровья, дохода и др.) до более сложных, определяющих социальное поведение агентов. Один из посылов книги – «вырасти Раскольникова» – агента с девиантным поведением, значительно повышает уровень сложности формализации социальных и экономических процессов. Для этого была введена методология *Agent_Zero (агент нулевого уровня)*, предусматривающая создание программных сущностей, характеризующихся не только разноплановыми параметрами, но и поведение которых моделируется с использованием современных представлений когнитивной нейробиологии.

* * *

Взрывное развитие информационных технологий способствовало прогрессу агент-ориентированного подхода со стороны самых разных сфер жизни, к примеру, кинопромышленности. Так, в начале 2000-х годов был разработан программный продукт MASSIVE (Multiple Agent Simulation System in Virtual Environment – Система многоагентного моделирования в виртуальной среде), который может использоваться для одновременной обработки десятков, сотен тысяч и вплоть до миллионов объектов[22].

MASSIVE был первоначально разработан в процессе съемок фильма «Властелин колец». Режиссер сделал запрос на программ-

[21] Epstein J. M. (2014): Agent_Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science // Princeton University Press. 249 p.

[22] Сайт продукта MASSIVE: http://www.massivesoftware.com.

ное обеспечение, позволяющее реалистично отображать взаимодействие множества программных сущностей – виртуальных людей, растений и т.д. Основатель компании, предложившей продукт MASSIVE – Стивен Регелус, при его разработке реализовал придуманную им в 90-е годы концепцию искусственных обществ, основанную на агент-ориентированном подходе.

В то время это решение стало настоящим прорывом в киноиндустрии, поскольку используемые ранее технологии покадровой анимации уже не удовлетворяли запросы кинопродюсеров и зрителей. Для «Властелина колец» было сгенерировано около 200 000 агентов, каждый из которых был очень примитивным в плане поведения – по сути, задачи агентов заключались в следующем: оставлять ощущение непохожести на ближайших соседей по толпе, уклоняться от препятствий, следовать направлению общего движения и т.д. Как видно, никаких сложных действий в плане самостоятельного принятия решений и прочего не предусматривалось.

Стивен Регелус получил множество наград от организаций киноиндустрии за достижения в развитии технологий, легших в основу MASSIVE – одной из первых в отрасли систем, использующей автономных агентов для создания анимации. Главную награду – премию «Оскар» Регелус получил за научные и инженерные достижения (Scientific and Engineering Award) и за автономную систему анимации агентов, используемую для боевых сцен в трилогии «Властелин колец»[23].

В фильме «Аватар» продукт был использован уже не только для отображения фауны, но и флоры. Список кинокартин, для производства которых был использован MASSIVE, включает в себя большинство самых кассовых фильмов, среди которых: «Грань будущего», «Трон: наследие», «2012», «Гарри Поттер», «Пираты Карибского моря», «Кинг Конг», «Бен-гур», «Аквамен», «Обитель зла», «300 спартанцев», «Я, робот», «Годзилла», «Помпеи», «Игра престолов» и многие другие.

---

[23] Раздел официального сайта американской Академии кинематографических искусств и наук, посвященный церемонии награждения в 2004 г.: https://www.oscars.org/sci-tech/ceremonies/2004.

Конечно, как правило, над фильмом работает не одна компания, специализирующаяся на компьютерной графике, но MASSIVE – пример очень успешного применения агент-ориентированного подхода в киноиндустрии и на данный момент более эффективного метода анимации географически распределенных батальных сцен еще не придумали.

* * *

С середины 1990-х годов агент-ориентированное моделирование проникло в самые различные научно-практические сферы и успешно применяется при решении множества задач. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

2.1.2. Ключевые направления использования

В первую очередь остановимся на одной из наиболее актуальных проблем – моделировании процессов распространения заболеваний различной интенсивности и степени охвата (т. е. эпидемий и пандемий). Используемые для этого классические модели, как правило, основаны на дифференциальных уравнениях, которые не учитывают индивидуальных особенностей и связей между отдельными персоналиями. В них меняется количество людей, относящихся к различным группам – восприимчивых к болезни, заразившихся, излечившихся или умерших. Однако в рамках этих групп все люди одинаковы и не отличаются своими характеристиками (к примеру, иммунным статусом), а также не адаптируют свое поведение в зависимости от меняющейся ситуации. Также модели этого класса не способны учитывать взаимодействие между людьми и возможную иррациональность в их поведении, способную оказать заметное влияние на скорость распространения заболевания.

В свою очередь агент-ориентированные модели позволяют реализовать сложное поведение отдельных индивидуумов, которые в совокупности представляют собой искусственное общество. Агентная модель, воплощенная в виде компьютерной программы, способна отслеживать каждого агента: его (ее) контакты, состояние здоровья, информацию о перемещениях и т. д.

Для тестирования и калибровки параметров модели, ее можно запускать много раз с целью совпадения со статистическими данными относительно распространения известной болезни (к примеру, знакомого штамма гриппа). В рамках построенной агентной модели отслеживаются передачи инфекции от одного человека к другому, но самое главное, агенты настроены таким образом, что их поведение напоминает действия реальных людей со свойственными им ошибками, предвзятостями и прочими «слабостями».

Такое поведение агентов имеет огромное значение для развития болезни. Каковы последствия того, что большинство американцев может отказаться от вакцинации от штамма H1N1 из-за банального страха? Статистические обследования показывают, что это вполне возможно. Боязнь болезни также может быть сама по себе заразительна. Так, в 1994 г. в индийском городе Сурат сотни тысяч людей бежали из-за эпидемии легочной чумы, хотя на момент массового бегства Всемирная организация здравоохранения не подтвердила ни одного случая.

Используя многолетние теоретические и практические наработки, в Центре социальной и экономической динамики Брукингского института (Center on Social and Economic Dynamics at Brookings) была разработана Глобальная Агентная Модель (Global-Scale Agent Model (GSAM)), имитирующая взаимодействие 6.5 млрд индивидуумов, которые перемещались по карте мира, воспроизводя туристические и деловые поездки, а также миграционные потоки между странами[24].

На данный момент это самая большая в мире агент-ориентированная модель – цифровой двойник планеты, имитирующая практически все население, впервые примененная в 2009 г. для оценки скорости распространения гриппа H1N1.

В процессе исследования было решено несколько проблем, связанных с возможностью эффективного использования вычислительных ресурсов, синхронизацией вычислений и возможностью масштабирования предлагаемой схемы моделирования

[24] Epstein J. M. (2009): Modelling to contain pandemics. Nature 460, 687 (2009). https://doi.org/10.1038/460687a.

под различные объекты исследования без дополнительной модификации программного кода. В ходе работы, включающей в себя реализацию нескольких научно-исследовательских проектов, была построена агент-ориентированная модель для оценки последствий распространения эпидемий различного характера. В силу последнего свойства она является универсальной по отношению к другим эпидемиологическим моделям.

Вообще говоря, задача эффективного распределения программного кода, реализующего поведение агентов, между аппаратными ресурсами (узлами суперкомпьютера) является одной из приоритетных, поскольку ее правильное решение позволит повысить скорость работы приложения. Распределить агентов по процессорам можно различными способами – например, равномерно поделив их количество на число вычислительных ядер, либо назначить каждой группе процессоров определенные регионы с «привязанными» к ним агентами. Однако первый вариант не учитывает возможные интенсивные контакты между агентами, входящими в различные группы, что может сильно затормозить работу параллельной версии модели, а второй вариант также чреват проблемами в случае резкого увеличения числа заболевших на отдельной территории, поэтому на практике, как правило, используется гибридный подход к распараллеливанию программного кода, зависящий от особенностей конкретной задачи.

В ЦЭМИ РАН был разработан подход к созданию модельного инструмента прогнозирования эпидемиологической динамики в зависимости от карантинных мер с оценкой пиковых нагрузок на систему здравоохранения. В качестве такого инструмента предложена агент-ориентированная модель, в которой агенты-люди проходят стадии заболевания от инфицирования до выздоровления или смерти. Эти переходы моделируются не на групповом, а на индивидуальном уровне, что позволяет учесть неоднородность населения по характеристикам, связанным с чувствительностью людей к инфекции и с их участием в распространении заболевания. Так, вероятность тяжелых осложнений заболевания у агентов зависит от индивидуального базового уровня здоровья, а распространение инфекции ими-

тируется с учетом социальных (родственных) связей. Модель апробирована на примере эпидемии COVID-19 в г. Москве. Для правдоподобной имитации заболевания агентов использовались эпидемиологические характеристики COVID-19, заданные экспертами-практиками, занимающимися обследованием и лечением больных. С помощью компьютерных симуляций получены оценки хода эпидемии при различных значениях параметров модели, включая влияние карантинных мер на такие характеристики как численность инфицированных и умерших за весь период эпидемии; дата наступления пика заражения и его размах; пиковая потребность в койко-местах, в том числе реанимационных. Используемые социально-демографическая структура населения и эпидемиологические характеристики конкретной инфекции являются параметрами модели, что позволяет произвести ее настройку на особенности других регионов и инфекций для ее дальнейшего практического использования как инструмента поддержки управленческих решений в региональных и отраслевых ситуационных центрах[25].

* * *

После начала пандемии коронавируса резко возросло число публикаций, в которых для оценки скорости распространения болезни, в зависимости от сценарных условий, используется агент-ориентированный подход. К примеру, создатель широко известного продукта Mathematica и его сын – Кристофер Вольфрам (Christopher Wolfram) предложили каркас для построения моделей упомянутого класса для исследования распространения эпидемий с учетом интенсивности взаимодействий каждого отдельного агента, структуры его контактов, географического распределения и т. д.[26].

---

[25] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф. (2020): Моделирование эпидемии COVID-19 – преимущества агент-ориентированного подхода // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13. No 4. С. 58–73. DOI: 10.15838/esc.2020.4.70.3.

[26] Wolfram C. (2020): Agent-Based Network Models for COVID-19. Электронный ресурс: https://www.wolframcloud.com/obj/covid-19/Published/Agent-Based-Networks-Models-for-COVID-19.nb.

Известный эпидемиолог и профессор математической биологии из Имперского колледжа Лондона Нил Фергюсон (Neil Ferguson) построил агент-ориентированную модель пандемии COVID-19, которая показала, что официальная статистика заболеваемости в Китае была сильно занижена (см., к примеру, публикацию в журнале Nature «Special report: The simulations driving the world's response to COVID-19»[27]).

* * *

Далее мы переходим к другому мейнстримовому направлению использования агент-ориентированных моделей – **«имитация и оптимизация пешеходного движения»**.

Особо следует выделить подкласс агент-ориентированных моделей, имитирующих перемещение большого количества людей к различным точкам притяжения (торговым и развлекательным центрам, вокзалам, аэропортам, туристическим достопримечательностям, святыням и т. д.).

В качестве примера приведем модель, разработанную в Университете Западной Австралии и Университете Мёрдока (Австралия) и рассматривающую паломничество в Мекку, в числе прочего предусматривающее ритуал побивания камнями шайтана – самой травмоопасной части хаджа. Количество паломников постоянно увеличивается (кроме 2020–2021 гг.), в связи с чем также возрастает число жертв – из-за болезней, жары, несчастных случаев и, главным образом, давки. Во время упомянутого ритуала плотность толпы достигает 6–8 человек на квадратный метр, в результате чего в отдельные годы число жертв было более 2400 человек[28].

Хотя власти Саудовской Аравии используют современные средства видеомониторинга, связи, программные средства для

---

[27] Adam D. (2020): Special report: The simulations driving the world's response to COVID-19. Электронный ресурс: https://www.nature.com/articles/d41586-020-01003-6.

[28] Британское интернет-издание: https://www.independent.co.uk/news/world/middle-east/iran-saudi-arabia-murdering-pilgrims-hajj-stampede-a7228466.html.

анализа численности толпы, существует опасность возникновения неожиданных проблем. В этой связи в последние годы была разработана упомянутая модель с использованием агент-ориентированного подхода для имитирования различных сценариев хаджа и обряда путем проведения многочисленных экспериментов. Сценарии включали в себя как незначительные корректировки маршрутов, так и введение расписания прохождения паломниками отдельных участков, прокладывание трасс для прохода людей и т. д. В результате использования гибридных средств (как средств оперативного мониторинга, так и агентных симуляторов) удалось оптимизировать потоки и значительно уменьшить число жертв[29].

В исследовании ученых из университета Тохоку (Япония) представлена агент-ориентированная модель, позволяющая имитировать процесс эвакуации населения в городской среде в результате обрушения цунами. Модель построена для технической реализации на суперкомпьютерах на основе гибридной технологии распараллеливания с использованием программных интерфейсов MPI и OpenMP, а проведенные с ее использованием расчеты продемонстрировали высокую реалистичность полученных результатов. К примеру, было воспроизведено цунами, вызванное землетрясением, произошедшим 11 марта 2011 г. в районе острова Хонсю и, по оценкам сейсмологов, являющимся сильнейшим в Японии за весь период наблюдений.

Для настройки параметров модели были использованы статистические данные о поведении большого количества пешеходов. К примеру, скорости движения отдельных агентов определялись с учетом средней скорости их перемещения ($1{,}34 \pm 0{,}26$ м/сек.) таким образом, чтобы вся совокупность чисел соответствовала нормальному распределению[30].

---

[29] Owaidah A., Olaru D., Bennamoun M., Sohel F., Khan N. (2019): Review of Modelling and Simulating Crowds at Mass Gathering Events: Hajj as a Case Study // Journal of Artificial Societies and Social Simulation 22 (2) 9 <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/22/2/9.html>. doi: 10.18564/jasss.3997.

[30] Makinoshima F., Imamura F., Abe Y. (2018): Enhancing a tsunami evacuation simulation for a multi-scenario analysis using parallel computing. Simulation Modelling Practice and Theory. 83. 10.1016/j.simpat.2017.12.016.

В Политехническом университете Виргинии (Biocomplexity Institute at Virginia Polytechnic Institute and State University) разработана агент-ориентированная модель для оценки эффективности плана реагирования федерального правительства Соединенных Штатов на ядерную атаку (известного как Сценарий национального реагирования #1). Предполагается, что в случае ее реализации в крупнейших мегаполисах США (Нью-Йорк, Лос-Анджелес и др.) будет осуществлена детонация ядерных зарядов, доставленных с использованием обычных, не вызывающих подозрений грузовых автомобилей.

Хотя расчеты последствий такой атаки осуществлялись практически с середины прошлого века, но в связи с возросшими требованиями к реалистичности симуляций было решено использовать агентный подход, предусматривающий не только симулятор с несколькими миллионами агентов, каждый из которых различается по широкому набору параметров и моделям поведения, но и использование подробной многослойной геоинформационной системы, содержащей информацию обо всех домах, дорожной сети и прочих инфраструктурных объектах.

При построении соответствующей агент-ориентированной модели разработчики старались настроить ее максимально приближенной к реальности, хотя моделируемые явления и не имеют эмпирических данных. Тем не менее, некоторые неопределенные параметры вычислялись посредством усреднения данных, полученных в результате множественных модельных прогонов, в процессе которых значения выходных показателей сопоставлялись с их целевыми ориентирами, определенными экспертами. Такая калибровка модели осуществлялась последовательно для каждой ее части.

Что касается моделирования поведения агентов, то разработчики на основе дополнительно проведенных исследований отмечают, что в отличие от обычного поведения, зависящего от множества случайных факторов, в кризисных ситуациях люди ведут себя более предсказуемо, поскольку их действия сводятся к нескольким вариантам («поиск убежища», «поиск родственников», «поиск врача» и т. п.). Соответственно, упрощается их модельная

реализация. Такие выводы были сделаны при тщательном анализе последствий ряда чрезвычайных происшествий (пожары, наводнения, землетрясения и др.).

Для наполнения модели информацией использовались данные, полученные в результате обследования американского общества (American Community Survey), ежегодно осуществляемого Бюро переписи населения США (United States Census Bureau). Это одно из крупнейших обследований, охватывающее примерно 3,5 млн человек в год.

Географическая локация населения была настроена с использованием данных от NAVTEQ – основного в мире производителя цифровых карт и прочих данных для геоинформационных систем, используемых как в навигационных системах, так и в многочисленных онлайн-картах.

Размерность рассчитанного на основе статистики искусственного общества, населяющего вашингтонскую агломерацию, составляет 4 млн человек (в реальности, по данным 2017 г. около 6,2 млн.), количество агентов модели, проживающих на подверженной атаке территории, составляет 730 833, а количество возможных мест локации для них – 146 337.

Реализация функционала модели осуществлялась с использованием полумарковских процессов, а также с помощью набора опций, определяющих поведение агентов на высоком уровне. Изменяющиеся со временем показатели здоровья агентов рассчитываются на основе данных медицинских обследований людей, подвергшихся радиационному воздействию[31].

В отдельное крупное направление можно выделить **прогнозирование состояния окружающей среды** с использованием агентного подхода. Обзор наиболее известных моделей, имитирующих процессы загрязнения окружающей среды вследствие деятельности человека, влияние состояния экологии на заболеваемость

[31] Waldrop M. M. (2018): What if a nuke goes off in Washington, D.C.? Simulations of artificial societies help planners cope with the unthinkable // SCIENCE AAAS by M. MITCHELL WALDROP APR. 12, 2018, doi:10.1126/science.aat8553.

и смертность населения, а также процессы управления экологической нагрузкой приведены в публикации сотрудников ЦЭМИ РАН[32], где также описывается разработанная с использованием опыта лучших практик социо-эколого-экономическая агент-ориентированная модель. В ней представлены два вида агентов – люди и предприятия. Первый тип агентов определяет демографическую динамику и участвует в работе предприятий, а второй тип агентов производит продукцию и осуществляет выбросы в экосистему территории (атмосферу и воду). Загрязненная среда влияет на уровень здоровья и смертность людей, но в модели предусмотрен механизм регулирования выбросов, который влияет на их объемы.

Также следует упомянуть разрабатываемую в научно-исследовательском вычислительном центре МГУ им. М. В. Ломоносова модель, прогнозирующую погоду и климат Земли, и учитывающую большое количество факторов (атмосферные, океанические изменения, биогеохимию океана, динамику ионосферы, эволюцию ледникового покрова) – всего несколько десятков моделируемых слоев нашей планеты с разрешением 10 км[33]. Одновременно с этим, на последнем заседании Рабочей группы стран БРИКС по ИКТ и высокопроизводительным вычислительным системам был выбран флагманский приоритетный проект, который будет реализовываться всеми странами-участниками. В качестве такого единогласно был поддержан проект «Цифровое моделирование Земной системы», за основу которого будет взята упомянутая

[32] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. (2020): Агент-ориентированная модель как инструмент регулирования экологии региона // Журнал Новой экономической ассоциации, № 1 (45), № 1 (45), 2020, с. 151–171, DOI: 10.31737/2221-2264-2020-45-1-6.

[33] Stepanenko V. M., Вораре M. J., Glazunov A. V., Gritsun A. S., Lykosov V. N., Mortikov E. V., Porto F., Rivin G. S., Sithole H., Tolstykh M. A., Vilfand R. M., Volodin E. M., Voevodin V. V. (2020): HPC and Weather/Climate/Environment applications: global challenges and opportunities for BRICS-cooperation // Presentation on 4th Meeting of the BRICS Working group on Information and Communication Technology and High Performance Computing, г. Нижний Новгород, Россия, 8–9 октября 2020.

модель, но при этом дополнена агент-ориентированной составляющей для мониторинга и прогнозирования обоюдного влияния друга на друга окружающей среды и населения планеты.

* * *

Кроме перечисленных выше направлений применения агент-ориентированных моделей также необходимо перечислить следующие:

– воспроизведение исторических событий (исследуется логистика средневековых военных походов, эволюция социумов и т. д.);

– моделирование демографических и миграционных процессов;

– моделирование транспортных систем (к настоящему времени разработаны сотни агент-ориентированных симуляторов для крупнейших мегаполисов мира);

– исследование социальных сетей (анализируется скорость образования групп, распространения информации, длительность взаимоотношений между участниками и т. д.);

– моделирование бизнес-процессов (оптимизация цепочек поставок, прогнозирование спроса на продукцию и т. д.);

– симуляции военных операций (AgentFly Technologies).

2.1.3. Экономика

Большинство научных статей, в которых используются агентные модели, тематически более всего относятся к разработке программного обеспечения, теории информатики и другим направлениям информационных технологий, а к экономике имеет отношение только несколько процентов из всей совокупности публикаций.

Тем не менее, в последние годы этот инструментарий прочно вошел в арсенал средств, используемых научными организациями, аналитическими центрами, корпорациями, органами государственного управления и др. применительно к вопросам моделирования и прогнозирования экономических процессов.

Так, в октябрьской статье 2003 г. «Agents of creation»[34] журнала «The Economist» агент-ориентированные модели позиционировались как новый инструмент моделирования сложных систем, в 2010 году в этом же издании в статье «Agents of change»[35] они рассматривались как альтернатива динамическим стохастическим моделям общего экономического равновесия (Dynamic Stochastic General Equilibrium models) и с тех пор постоянно фигурируют в качестве доказавшего свою эффективность средства.

В редакционной статье журнала «Nature» агентное моделирование рекомендовалось в качестве перспективного и многообещающего инструмента исследования социально-экономических процессов[36].

Исследователи *RAND corporation*[37] также давно используют агент-ориентированную парадигму моделирования для изучения динамики различных социумов, проведения экспериментов с целью выявления реакций общества на внешние воздействия[38].

* * *

В течение многолетней работы в ЦЭМИ РАН были разработаны методологические принципы построения сложных программно-аналитических комплексов, сочетающих в себе различные подходы к моделированию социально-экономических процессов, и в первую очередь – агент-ориентированный. Эволюционным путем мы построили модельный комплекс

---

[34] Статья журнала «The Economist», вышедшая в 2003 г.: https://www.economist.com/science-and-technology/2003/10/09/agents-of-creation.

[35] Статья журнала «The Economist», вышедшая в 2010 г.: https://www.economist.com/finance-and-economics/2010/07/22/agents-of-change.

[36] Farmer J., Foley D. (2009): The economy needs agent-based modelling. Nature 460, 685–686 https://doi.org/10.1038/460685a.

[37] Стратегический научно-исследовательский центр, работающий по заказам органов государственной власти США.

[38] Nowak S. A., Matthews L. J., Parker A. M. (2017): A General Agent-Based Model of Social Learning. Santa Monica, CA: RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RR1768.html.

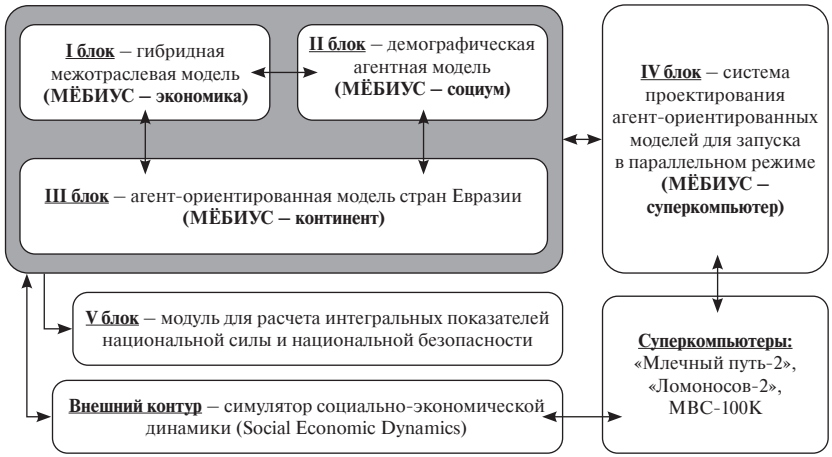


Рис. 2.1. Схема программно-аналитического комплекса «МЁБИУС»

«МЁБИУС»[39], который вобрал в себя преимущества разных подходов и состоит из нескольких блоков (рис. 2.1).

Все блоки комплекса «МЁБИУС», хотя и были изначально разработаны отдельно, тесно связаны друг с другом и представляют собой единое целое. Демографическая агент-ориентированная модель является базовым элементом для агентной модели Евразийского континента, а также определяет динамику численности домашних хозяйств для межотраслевого блока «МЁБИУС – экономика», который, в свою очередь, также связан с моделью стран Евразии. Для ускорения расчетов к этим инструментам может быть подключена система «МЁБИУС – суперкомпьютер»,

[39] Название программно-аналитического комплекса связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, лента Мёбиуса является главным символом ЦЭМИ РАН, а его горельеф украшает здание Института. Во-вторых, этот знак является физическим воплощением бесконечности, что соответствует масштабам вычислительных возможностей одного из модулей – «МЁБИУС-суперкомпьютер», способным технически реализовывать модели с численностью порядка 109 агентов на самых производительных в мире системах (в том числе на суперкомпьютерах экзафлопсного уровня).

которая в автоматическом режиме перераспределяет исполняемый программный код по задаваемому числу процессоров для выполнения в параллельном режиме[40, 41].

С использованием программного комплекса было проведено множество расчетов, к примеру:

– прогноз изменений возрастно-половой структуры населения регионов России;

– демографические изменения в Европейском союзе с учетом важных факторов, таких как внутренние установки людей, влияющие на их стратегию репродуктивного поведения, а также миграционный приток извне;

– динамику трудовой миграции между Россией и Китаем;

– уровень загрязнений в некоторых регионах РФ с учетом пространственного размещения производств и стационарных источников выбросов;

– прогноз основных макроэкономических показателей России и ее субъектов в результате изменения ставок основных налогов, бюджетных субсидий, объема денежной массы, ключевой ставки, цен на основные энергоносители, курса доллара и др.

Отдельным блоком выступает модуль для расчета интегральных показателей национальной силы и национальной безопасности для 193 стран – членов ООН. Веса выбранных факторов (их несколько десятков) были рассчитаны с использованием методов многомерного статистического анализа.

Помимо разработанных в ЦЭМИ РАН блоков программно-аналитического комплекса, совместно с IT компанией Guangzhou Milestone Software Co., Ltd, специалистами академии

---

[40] Бахтизин А. Р., Ильин Н. И., Макаров В. Л., Сушко Е. Д., Хабриев Б. Р. (2020): Программно-аналитический комплекс «МЁБИУС» – инструмент планирования, мониторинга и прогнозирования социально-экономической системы России // Искусственные общества. – 2020. – Т. 15. – Выпуск 4 [Электронный ресурс]. URL: https://artsoc.jes.su/s207751800012303-2-1. DOI: 10.18254/S207751800012303-2.

[41] Для нас доступны суперкомпьютеры «Млечный путь-2» (Национальный суперкомпьютерный центр КНР, г. Гуанчжоу), «Ломоносов-2» (МГУ им. М. В. Ломоносова), МВС-100К (Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН).

общественных наук Китая и национальным суперкомпьютерным центром КНР был разработан симулятор социально-экономической динамики для более 100 стран мира. Этот инструмент используется в составе «МЁБИУСа» следующим образом – симулятор является внешним для него контуром, и таким образом получаемые с его помощью данные являются входными для первых трех блоков комплекса, равно как и наоборот.

Применение этого инструмента позволило оценить последствия различных сценариев торговых конфликтов между США и другими странами с одной стороны, и Россией и Китаем с другой стороны. Были рассмотрены различные сценарии повышения импортных пошлин со стороны США и стран ЕС на все товары из Китая и России, а также симметричные ответные меры. Также были оценены последствия от гипотетического принятия ограничительных мер в отношении товаров российского экспорта со стороны стран ЕС, которые могут ввести соответствующие ограничения под давлением США[42].

2.1.4. Выводы

Описанные выше модели являются лишь маленькой частью огромного количества научно-практических наработок в сфере агент-ориентированного моделирования, но и они наглядно показали, что в мире все чаще возникают проблемы, которые трудно решить, используя только традиционные математические методы. Так, процессы, в которых важно пространственное размещение взаимодействующих индивидуумов, а также дифференциация последних по широкому набору параметров естественным образом обуславливает применение агентных моделей.

Вместе с тем, по нашему опыту отметим, что не слишком сложная модель этого класса включает около 10–20 функций, определяющих поведение каждого индивидуума и около

[42] Макаров В. Л., Ву Ц., Ву З., Хабриев Б. Р., Бахтизин А. Р. (2020): Мировые торговые войны: сценарные расчет последствий // Вестник Российской академии наук, 2020, том 90, № 2, с. 169–179, DOI: 10.31857/S0869587320020097.

10 базовых параметров. Соответственно, крупные модели, включающие в себя миллионы агентов и большое количество единиц модельного времени в принципе не могут быть решены аналитическим способом. Их решением является усредненный результат по множеству прогонов, что само по себе, согласно утверждению Стивена Вольфрама, создает приращение знаний.

Как уже говорились выше, основная цель работы – подведение промежуточных итогов в развитии искусственных обществ и придание дополнительного импульса к дальнейшему развитию принципиально нового инструментария, который позволит решать сложнейшие задачи современности. Причем это не обязательно должны быть агентные модели, а возможно нечто совершенно другое, поскольку столь динамичное развитие информационных технологий и их применение (в том числе приведенные здесь примеры) дает основания предполагать появление новых возможностей обработки больших объемов данных. Каждый год различные издания опрашивают специалистов ИКТ сферы по поводу прогнозов возникновения сильного искусственного интеллекта, который может привести как к стабильному бескризисному развитию человеческого общества, так и к технологической сингулярности с непредсказуемыми последствиями.

Важные направления дальнейшей работы

Сфера применения агентного моделирования значительно расширилась за последнюю четверть века, вобрав в себя множество направлений в самых разных масштабах – от молекулярного до глобального. Проблемы прошлого века, связанные с потребностями в вычислительных ресурсах для крупномасштабного моделирования, в значительной степени преодолены и следующим шагом должна стать цифровая симуляция происходящих общественных процессов в реальном времени. Мы выделяем три наиболее приоритетных направления для дальнейшего развития.

Первое – построение моделей в рамках экономических, экологических, эпидемиологических систем, независимо от их соответствия существующим политическим границам, которые

не имеют большого значения для пандемии COVID-19 или климатических изменений.

Второе направление логично продолжает первое. Все упомянутые системы тесно связаны друг с другом. Так, эпидемии влияют на экономическую динамику, а климатические изменения сдвигают ареалы обитания комаров и новые болезни в мегаполисы северного полушария и т. д. Возникает множество новых вопросов. К примеру, как урбанизация влияет на здоровье людей, экономический рост и политическую стабильность? Одновременно с этим меняется объем и структура новых данных, на этот процесс также оказывает влияние появление данных из социальных сетей, имеющих геопространственную привязку. Все это создает запрос для создания агент-ориентированных моделей, увязывающих перечисленные выше системы и возрастающий в прогрессии огромный объем данных.

Третье направление – наполнение моделей реалистичными, когнитивными агентами. В отдельных случаях поведение индивидуумов действительно рационально, т. е. хорошо информированные агенты максимизируют полезность с учетом бюджетных ограничений. Но при других условиях, под воздействием эмоций – к примеру, страха, переходящего в массовую панику, далекие от оптимальных действия людей могут вызвать обвалы на финансовых рынках, этническое насилие и другие негативные общественные явления.

Таким образом, мы приглашаем к разработке моделей с реалистичными, когнитивными агентами, которые возможно позволят нам лучше понять сложный современный мир и формировать динамику его развития в справедливом и мирном направлении.

Наряду с традиционными методами многомерного статистического анализа, для моделирования социально-экономических процессов и обработки данных в этой сфере стали более активно применяться различные методы искусственного интеллекта, которые до этого имели хорошую теоретическую базу, но за счет резко возросших вычислительных мощностей получили широкое распространение. И далее мы переходим к рассмотрению вопросов применения этого нового инструмента к задачам моделирования социально-экономических процессов.

2.2. Генеративный искусственный интеллект в задачах социально-экономического прогнозирования[43]

Прогнозирование ключевых макроэкономических показателей (например, ВВП, уровень инфляции, безработицы, объем производства и др.) на протяжении многих лет является одной из важнейших задач для планирования развития национальной экономики, формирования эффективной государственной политики и повышения конкурентоспособности предприятий. Традиционно экономисты полагались на статистические модели и теоретически обоснованные методы для предсказания динамики этих переменных[44]. Однако последние достижения в области искусственного интеллекта, в частности, развитие больших языковых моделей[45], открывают принципиально новые возможности для макроэкономического прогнозирования. Эти подходы, основанные на применении ИИ, способны выявлять сложные закономерности в больших массивах данных и эффективно использовать огромные объемы неструктурированной информации (включая текстовые источники, такие как новостные материалы и отчеты), которые зачастую недоступны классическим методам анализа.

Настоящая работа посвящена обзору современного состояния применения ИИ и больших языковых моделей в области макроэкономического прогнозирования, а также их сравнению с традиционными подходами: агент-ориентированным моделированием, эконометрическим моделям и CGE моделям. Рассматривается эффективность новых методов прогнозирования на краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном горизонтах, а также проводится анализ современных исследований, инструментов, требований к данным и методов оценки прогнозов.

---

[43] Данный раздел написан Брагиным Алексеем Владимировичем (ЦЭМИ РАН) под руководством В. Л. Макарова и А. Р. Бахтизина.

[44] Бахтизин А. Р. Агент-ориентированные модели экономики. – М. : ЗАО «Издательство «Экономика», 2008. – 279 с.

[45] Брагин, А. В., Бахтизин А. Р., Макаров В. Л. Большие языковые модели четвертого поколения как новый инструмент в научной работе. Искусственные общества. – 2023. – Т. 18, № 1.

Стоит отдельно отметить, что в силу быстрого развития данной области, в некоторых случаях приходится ссылаться не только на статьи, опубликованные в авторитетных научных журналах, но и на препринты таких статей, и на материалы, опубликованные на личных страницах авторов.

2.2.1. Традиционные подходы к макроэкономическому прогнозированию

Традиционно используемые в макроэкономике методы прогнозирования включают следующие группы:

• Эконометрические модели временных рядов, такие как авторегрессионные интегрированные модели скользящего среднего (ARIMA), векторные авторегрессии (VAR), динамические факторные модели и байесовские VAR-модели, долгое время составляли основу прогнозирования трендов и взаимосвязей макроэкономических показателей. Данные модели строятся на исторических временных рядах и обычно демонстрируют хорошие результаты на краткосрочных прогнозных горизонтах. Простые авторегрессионные модели часто используются в качестве базовых ориентиров (benchmarks), превосходство над которыми должны демонстрировать более сложные подходы, как показано, например в[46]. Преимущество эконометрических моделей состоит в простоте и хорошей интерпретируемости результатов, однако им свойственны сложности при описании нелинейных зависимостей или резких структурных сдвигов в экономике. В последнее время технологии ИИ также применяются в данном типе прогнозирования, как показано в[47].

---

[46] Carriero A., Pettenuzzo D., & Shekhar S. (2025). "Macroeconomic Forecasting with Large Language Models." arXiv preprint arXiv:2407.00890. (Comprehensive evaluation of multiple time-series foundation models vs. VAR, BVAR, factor models on FRED-MD dataset).

[47] Кежаев М. К., Мельников А П., Федоров В. П., Брагин А. В. Прогнозирование временных рядов с применением нейронной сети архитектуры «трансформер». Теоретическая информатика и компьютерные технологии: Материалы I Научно-практической конференции, Москва, 01 ноября 2023 года. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2024. – С. 23–25.

• Модели общего равновесия (DSGE, CGE). Для определения траектории дальнейшего развития экономики большие структурные модели, включая такие модели, как динамические стохастические модели общего равновесия (DSGE), CGE и др. опираются на фундаментальные положения экономической теории: уравнения совокупного спроса и предложения, правила денежно-кредитной политики. Эти модели эффективно используются для средне- и долгосрочного сценарного анализа и моделирования последствий экономической политики, гарантируя при этом согласованность с экономической логикой, в том числе соблюдение долгосрочных бюджетных ограничений и равновесных условий. Современные DSGE-модели значительно улучшили свою эмпирическую точность и способны конкурировать со стандартными временными моделями (например, VAR) в прогнозировании отдельных переменных. Также они особенно эффективны в анализе различных сценариев типа «что будет если»[48]. Однако их точность снижается при неверной спецификации теоретических предпосылок, и в периоды нестандартных экономических условий (финансовые кризисы или пандемия, не предусмотренные исходной моделью) они могут демонстрировать более слабые результаты на коротких горизонтах.

• Агент-ориентированные модели. Выше уже говорилось, что эта парадигма основывается на воспроизведении экономических процессов «снизу-вверх» путем симуляции поведения отдельных агентов (домохозяйств, фирм, банков) и их взаимодействий[49]. Такой подход способен отражать возникающие (эмерджентные) эффекты и нелинейные динамические процессы, которые часто оказываются недоступными для класси-

[48] Christoffel K., Coenen G. and Warne A. Forecasting with DSGE models. Working paper series no 1185 / May 2010.

[49] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р. Социальное моделирование – новый компьютерный прорыв (агент-ориентированные модели). – Москва : Экономика, 2013. – 295 с.

ческих структурных моделей. Изначально агент-ориентированные модели были крайне ресурсоемкими и применялись преимущественно в исследовательских целях, нежели чем для регулярного прогнозирования. Тем не менее, последние исследования не только значительно приблизили агентные модели к практическому использованию, но и целый ряд работ за последнее десятилетие показывает превосходство результатов, полученных с помощью этого инструмента над результатами базовых моделей, таких как VAR, DSGE и CGE в рамках тестирования вне выборочных данных[50, 51, 52, 53]. Богатая внутренняя структура агент-ориентированной модели позволяет получать детализированные прогнозы по секторам, использовать модель для стресс-тестирования и анализа последствий изменений политики. Однако практическое применение таких моделей часто бывает затруднено необходимостью сбора большого количества данных для калибровки и сложностью их оценки, что до сих пор ограничивает широкое внедрение моделей этого класса в практику центральных банков и других институтов экономического прогнозирования.

В таблице 2.1 приведены сравнительные характеристики различных подходов к экономическому прогнозированию, а в таблице 2.2 – технологические особенности эконометрики и больших языковых моделей.

---

[50] Брагин, А. В., Бахтизин А. Р., Макаров В. Л. Современные программные средства агент-ориентированного моделирования. Искусственные общества. – 2022. – Т. 17, № 4.

[51] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф. Искусственное общество и реальные демографические процессы // Экономика и математические методы – Т. 53 – N1–2017.

[52] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Имитация особенностей репродуктивного поведения населения в агент-ориентированной модели региона // Экономика региона. – 2015. – No3. – С. 312–322.

[53] Makarov V. L, Bakhtizin A. R., Epstein J. M. Agent-based modeling for a complex world. – 2nd edition, revised. – M. : Scientific publications department, GAUGN, 2022. – 74 p.

Таблица 2.1

Сравнение традиционных подходов к экономическому прогнозированию

Подход	Примеры (инструменты и модели)	Горизонт планирования	Преимущества	Ограничения
Эконометрические модели	ARIMA; VAR/BVAR; факторные модели	Краткосрочное планирование (кварталы) и среднесрочное (1–2 года)	Основаны на данных, статистически надежны; хорошо проверены на исторических данных; демонстрируют стабильные результаты[54]	Модели часто линейны и могут упускать сложные взаимосвязи; требуют больших объемов данных; не предназначены для структурной интерпретации
Структурные модели	DSGE (например модель ЕЦБ NAWM); большие макромодели (напр. МВФ и модели центробанков)	Средне- и долгосрочное планирование (2–5 лет)	Согласованы с теорией и интерпретируемы; эффективны для сценарного анализа и оценки политик[55]	Жесткая структура может неверно отражать реальность; требуют экспертной настройки; могут уступать в точности краткосрочных прогнозов при новых шоках
Агент-ориентированные модели	Сложные агент-ориентированные модели (напр. EURACE и др.)	Краткосрочное и среднесрочное прогнозирование, а также долгосрочное планирование (влияние государственной политики через несколько лет или десятилетий)	Учитывают гетерогенность агентов и нелинейные взаимодействия; позволяют интегрировать детализированные данные и новые типы поведения[56]	Требуют значительных вычислительных ресурсов; сложны для оценки и верификации; все еще не часто используются в официальных прогнозах

[54] Carriero A., Pettenuzzo D., & Shekhar S. (2025). “Macroeconomic Forecasting with Large Language Models.” arXiv preprint arXiv:2407.00890. (Comprehensive evaluation of multiple time-series foundation models vs. VAR, BVAR, factor models on FRED-MD dataset).

[55] Christoffel K., Coenen G. and Warne A. Forecasting with DSGE models. Working paper series no 1185 / May 2010

[56] Poledna S., Miess M. G., Hommes Cars. Economic Forecasting with an Agent-Based Model. Working Paper. International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria. – 2020.

Таблица 2.2

Сопоставление традиционных подходов к прогнозированию и прогнозированию на основе больших языковых моделей[57]

	Традиционное эконометрическое прогнозирование	**Экономическое прогнозирование на основе больших языковых моделей**
Источники данных	Структурированные данные (официальная статистика, опросы и т. д.), ограниченные по объему	Большие неструктурированные данные (новости, статьи, финансовые отчеты, социальные сети и т. д.). Возможно обновление в режиме реального времени.
Формализация	Как правило линейные зависимости, предопределенные на основе теоретических гипотез. При этом сложные закономерности могут быть упущены	Большие языковые модели могут самостоятельно выявлять сложные нелинейные взаимосвязи и скрытые закономерности.
Реалистичность	Модели редко обновляются и могут давать серьезные погрешности для нестабильных периодов	Обучение может происходить в режиме реального времени, модели обновляются с использованием новых данных
Интерпретируемость	Прозрачность получаемых результатов – понятные уравнения, рассчитанные с помощью унифицированных методов	Черный ящик – сотни млрд необъяснимых параметров
Точность результатов	Хорошо работает в стабильных условиях	Могут давать результаты высокой точности, что особенно важно в нестабильные периоды, но возможна галлюцинация; ангажированность
Исследовательский вклад	Определение формы модели, отбор переменных, формулировка гипотез	Минимизация вмешательства человека

[57] Составлено на основе материалов портала MASEconomics: https://maseconomics.com/artificial-intelligence-in-economic-forecasting-and-analysis/.

Таким образом, каждый из традиционных подходов имеет собственную область применения: эконометрические модели хорошо подходят для краткосрочных прогнозов при относительно стабильных трендах; агент-ориентированные модели ценны для исследования сложных феноменов и выявления эмерджентных событий. Тем не менее, данные методы нередко сталкиваются с компромиссами между гибкостью и интерпретируемостью. Именно это обстоятельство обусловило интерес исследователей к технологиям искусственного интеллекта, способным выявлять закономерности непосредственно из данных, не опираясь на жестко заданные априорные ограничения.

2.2.2. Применение искусственного интеллекта в экономическом прогнозировании

В последние десять лет методы искусственного интеллекта и машинного обучения (ML) все шире применяются в макроэкономическом прогнозировании. На ранних этапах развития данного направления использовались такие подходы, как регрессионные деревья (Regression Trees), случайные леса (Random Forests), градиентный бустинг (Gradient Boost) и нейронные сети (Neural Networks), целью которых являлось повышение точности прогнозов по сравнению с традиционными методами. Такие модели способны эффективно обрабатывать данные высокой размерности, включая потенциальные предикторы, к примеру, глобальные цены на сырьевые товары, финансовые показатели, тренды поисковых запросов в Google и т. д., а также автоматически выявлять сложные нелинейные зависимости между ними.

Например, в одном из исследований для прогнозирования квартальных изменений показателей неравенства доходов (индексов Джини) в Великобритании был применен алгоритм L2-буста (L2-boosting), учитывающий широкий спектр макроэкономических и финансовых параметров[58]. Этот подход эффективно

[58] Pierdzioch C., Gupta R., Hassani H., & Silva, E. S. (2022). “Forecasting changes of economic inequality: a boosting approach.” Social Science Journal, 59(2), 252–268.

отобрал значимые переменные и обеспечил более высокую точность вневыборочных прогнозов по сравнению с традиционными низкоразмерными моделями, благодаря использованию более полного объема доступной информации. Это подчеркивает важное преимущество методов машинного обучения: способность анализировать большое количество входных данных и выявлять сложные взаимодействия предикторов, которые обычно остаются незамеченными в стандартных моделях.

В целом, модели машинного обучения, такие как ансамбли деревьев решений или нейронные сети прямого распространения, демонстрируют определенные улучшения точности краткосрочных прогнозов по ряду макроэкономических переменных и задач оперативного прогнозирования (также часто называемым прогнозирование «наукастинга», nowcasting). Особую ценность такие методы приобретают в условиях нелинейности зависимостей или при работе с неструктурированными данными. Например, системы nowcasting, построенные на основе методов машинного обучения, могут интегрировать источники «больших данных» (новостные потоки, социальные сети, спутниковые снимки) вместе с официальной статистикой, обеспечивая оперативные оценки текущей экономической активности[59]. Подобные подходы активно тестируются и применяются центральными банками и исследовательскими организациями (например, Банком Англии, Международным Валютным Фондом) как дополнение к стандартным инструментам прогнозирования.

Однако эффективность применения методов ИИ сильно зависит от качества и объема используемых данных. Макроэкономические временные ряды часто ограничены относительно небольшими выборками, особенно на уровне отдельных стран, и характеризуются структурными разрывами, что может приводить к переобучению или неустойчивости модели. Исследователи решают эти проблемы посредством объединения данных,

[59] Tomas A., Ales M., Sveda J. First use of AI in inflation forecasting at the CNB.

например, используя панельные данные по множеству стран или секторов, а также фокусируясь на задачах оперативного прогнозирования nowcasting, где доступно большое количество высокочастотной информации.

В результате модели на основе искусственного интеллекта и машинного обучения становятся все более важным дополнением к традиционным прогнозам. Чаще всего они используются в комбинации с классическими эконометрическими моделями или в качестве дополнительного входного сигнала, а не как их прямая замена. Самым современным направлением развития данной области является использование больших языковых моделей[60], обладающих принципиально новыми возможностями анализа текстовой информации.

2.2.3. Большие языковые модели в макроэкономическом прогнозировании

На данный момент большие языковые модели, такие как GPT-4 компании OpenAI или PaLM от Google, а также аналогичные трансформерные архитектуры, только начинают применяться для решения задач прогнозирования экономических показателей. Такие модели обучаются на огромных массивах текстовых данных (новостях, книгах, статьях, веб-контенте), благодаря чему аккумулируют обширные мировые знания и богатый лингвистический контекст. Эти особенности LLM открывают два основных направления их применения в макроэкономическом прогнозировании:

1. Использование универсальных языковых моделей как прогнозистов путем prompt-инженерии (запросов с инструкциями) или дообучения на предметных данных.

2. Создание специализированных фундаментальных моделей для временных рядов на основе архитектур языковых моделей.

---

[60] Брагин, А. В., Бахтизин А. Р., Макаров В. Л. Большие языковые модели четвертого поколения как новый инструмент в научной работе. Искусственные общества. – 2023. – Т. 18, № 1.

Рассмотрим последние достижения по обоим направлениям подробнее:

• ***Использование LLM в качестве универсальных прогнозистов на основе промптов.*** Исследователи стали напрямую использовать большие языковые модели для прогнозирования экономических показателей, фактически рассматривая их как виртуальных экспертов, усвоивших экономическую историю. Яркий пример – исследование Федерального резервного банка Сент-Луиса, использовавшего модель Google PaLM для прогнозирования инфляции в США. PaLM генерировала прогнозы инфляции за период 2019–2023 годов при различных заданных сценариях, после чего ее результаты сравнивались с консенсусом профессиональных прогнозистов (Survey of Professional Forecasters, SPF). Оказалось, что прогнозы PaLM имели меньшую среднеквадратическую ошибку (MSE), чем прогнозы профессионалов практически на всех временных горизонтах. Интересным оказалось и то, что прогнозы PaLM медленнее возвращались к целевому показателю инфляции в 2%, что свидетельствует о меньшей склонности модели к необоснованным оптимистичным предположениям о быстром восстановлении экономики после инфляционных шоков. Подобные эксперименты проводил и Чешский национальный банк (ČNB), применяя модель на основе GPT от OpenAI для прогнозирования инфляции в Чехии на один год вперед. В результате LLM продемонстрировала лучшую точность (RMSE 5,28) по сравнению с основной структурной моделью банка (RMSE 5,48), а также с прогнозами финансовых аналитиков. Особенно выраженным преимуществом модели стало раннее распознавание устойчивого тренда к росту инфляции в 2021–2022 годах. Эти исследования демонстрируют, что при грамотном конструировании запросов (например, требуя от модели игнорировать информацию о будущем для избежания эффекта hindsight bias), LLM способны давать сравнительно точные прогнозы. Преимуществом таких подходов является способность моделей мгновенно использовать обобщенный опыт миллионов людей и широкий спектр данных без привязки к какой-либо

конкретной экономической теории. Однако их главный недостаток – это отсутствие интерпретируемости и риск генерации экономически необоснованных прогнозов («галлюцинаций»). Поэтому центральные банки склонны рассматривать LLM скорее как дополнительный инструмент, нежели замену традиционным методам.

• ***Прогнозы на основе новостей.*** Интересным применением LLM является их использование в роли «искусственных агентов», формирующих ожидания на основе новостного потока, аналогично поведению реальных экономических агентов. Например, в[61] был создан искусственный экономический опрос – подавая модели GPT-3.5 статьи из The Wall Street Journal за период 1984–2021 гг. с просьбой в реальном времени прогнозировать макроэкономические и финансовые показатели (рост ВВП, инфляцию, доходность акций). Полученные прогнозы LLM близко совпали с реальными опросными данными SPF и других индикаторов настроений, воспроизводя даже типичные для людей поведенческие искажения – недостаточную реакцию на новую информацию и чрезмерную экстраполяцию прошлых тенденций на будущие доходности акций. Важно, что при тестировании модели вне периода обучения, она продолжала показывать хорошие результаты, что подтверждает способность LLM не только запоминать, но и обобщать знания. Подобные подходы открывают возможности интеграции текстовой информации (новостные потоки, сентимент-индексы) в традиционные экономические модели для улучшения текущих оценок и анализа рисков.

• ***Модели для прогнозирования временных рядов (TSLMs).*** Параллельно развитию универсальных LLM, исследователи начали создавать специализированные фундаментальные модели для прогнозирования временных рядов (Time-Series Foundation Models, TSLM). Эти модели используют архитектуру и методы обучения языковых моделей, но адаптированы для прогнозиро-

[61] Leland Bybee J. Surveying Generative AI's Economic Expectations // Yale University. – 2023.

вания числовых последовательностей. Примеры таких моделей – LagLlama (2024)[62], TimesFM (Google, 2024), Moirai (Salesforce, 2024), TinyTimeMixers (IBM, 2024), TimeGPT (NVIDIA, 2023), а также академические разработки типа Time-LLM[63]. Подобные системы предварительно обучаются на огромных объемах временных рядов из различных областей (экономика, энергетика, транспорт), благодаря чему способны осуществлять zero-shot прогнозирование – т. е. прогнозирование новых рядов без необходимости дополнительного обучения[64]. Эта идея аналогично языковым моделям: благодаря экспозиции к большому набору различных текстовых шаблонов модель учится возможности экстраполяции в целом. Ключевым преимуществом является то, что одна модель может применяться к тысячам различных рядов, не требуя отдельных моделей для каждого показателя. Первые тесты показали, что такие модели, как Moirai от Salesforce и TimesFM от Google демонстрируют конкурентоспособные результаты относительно стандартных эконометрических бенчмарков. Для облегчения использования этих моделей, такие библиотеки, как sktime, уже внедрили удобные API-интерфейсы, что снижает порог входа для аналитиков.

Несмотря на оптимизм, недавние строгие оценки эффективности прогнозирования с использованием LLM-моделей призывают к умеренности в ожиданиях. Так, в[65] была проведена

---

[62] Mulayim O. B. et al. Are Time Series Foundation Models Ready to Revolutionize Predictive Building Analytics? // Proceedings of the 11th ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Buildings, Cities, and Transportation. – 2024. – С. 169–173.

[63] Rasul K. et al. Lag-Llama: Towards Foundation Models for Probabilistic Time Series Forecasting. arXiv 2024 //arXiv preprint arXiv:2310.08278. – 2024.

[64] Heidrich B. Forecasting using Foundation Models and sktime. URL: https://medium.com/@benedikt_heidrich/forecasting-using-foundation-models-and-sktime-4d5a09909742.

[65] Carriero A., Pettenuzzo D., & Shekhar S. (2025). “Macroeconomic Forecasting with Large Language Models.” arXiv preprint arXiv:2407.00890. (Comprehensive evaluation of multiple time-series foundation models vs. VAR, BVAR, factor models on FRED-MD dataset).

всесторонняя сравнительная оценка нескольких LLM и традиционных подходов на широкой базе макроэкономических данных (FRED-MD, США).

Авторы оценивали пять ведущих моделей временных рядов на основе LLM (включая Moirai и TimesFM) в сравнении с бенчмарками, такими как авторегрессионные (AR) модели, байесовские векторные авторегрессии (BVAR) и факторные модели. Результаты показали, что лишь немногие из LLM-моделей смогли стабильно превосходить простую AR-модель, и даже эти единичные случаи не обеспечили устойчивого превосходства над современными эконометрическими методами.

Более того, точность лучших LLM-моделей оказалась «в целом сопоставимой, а иногда даже несколько уступающей» по сравнению с VAR и факторными моделями для многих макроэкономических серий. Кроме того, LLM-методы продемонстрировали меньшую стабильность: они могли выдавать отличные результаты по отдельным временным рядам или в определенные периоды, но также порой генерировали заведомо ошибочные и экономически маловероятные прогнозы – такой волатильности не наблюдается у более устойчивых традиционных моделей.

Такая ненадежность частично схожа с проблемой «галлюцинаций» у языковых моделей, когда они могут выдавать крайне неточные предсказания, не соответствующие историческим данным. Интересно, что в исследовании отмечено: LLM-модели показали относительное улучшение точности в постковидный период, возможно, благодаря включению пандемийной информации в их обучающие выборки. Однако это одновременно вызывает беспокойство относительно утечки информации о будущем (data leakage), если в обучении использовались данные, не соответствующие прогнозному горизонту.

Попытки дообучения LLM моделей на макроэкономических данных не привели к значимому улучшению прогностической точности, что может свидетельствовать либо о том, что предварительно обученные модели уже достигли своего предела в данной задаче, либо о том, что объем доступных макроэкономических

данных недостаточен для эффективной адаптации таких крупномасштабных нейросетевых архитектур.

2.2.4. Инструменты с открытым исходным кодом

В настоящее время формируется активно растущая экосистема инструментов, которые делают технологии прогнозирования на основе искусственного интеллекта и больших языковых моделей доступными широкому кругу исследователей и аналитиков. Как уже упоминалось выше, библиотека sktime предлагает унифицированный API-интерфейс для удобного применения фундаментальных моделей прогнозирования временных рядов. Компании, такие как Nixtla[66], запускают сервисы наподобие TimeGPT – фундаментальной модели временных рядов, к которой пользователи могут обращаться через API для генерации прогнозов в различных областях (финансы, розничная торговля и др.). Пользователи могут дообучать TimeGPT на собственных данных или использовать ее непосредственно для zero-shot прогнозирования без дополнительного обучения.

Параллельно этому появляются специализированные LLM-модели для финансовой сферы (например, BloombergGPT) и открытые модели (например, FinGPT), которые, хотя изначально и предназначены для задач обработки естественного языка (NLP), могут потенциально применяться для прогнозирования и сценарного анализа путем объединения текстовых финансовых новостей с числовыми данными[67].

Многие центральные банки уже активно публикуют программный код или, по крайней мере, делятся своим опытом. Например, Федеральный резервный банк Сент-Луиса и Чешский национальный банк детально описали методологию составления запросов (промптов), что позволяет другим исследователям воспроизвести их результаты с помощью API OpenAI и аналогичных сервисов.

---

[66] https://docs.nixtla.io.

[67] McCarthy S., Alaghband G. Fin-ALICE: Artificial Linguistic Intelligence Causal Econometrics //Journal of Risk and Financial Management. – 2024. – Т. 17. – № 12. – С. 537.

Таким образом, как научное сообщество, так и коммерческий сектор быстро развивают инфраструктуру, необходимую для широкого применения моделей прогнозирования на основе ИИ, снижая тем самым барьер входа для аналитиков, желающих экспериментировать с передовыми методами наряду с традиционными инструментами.

2.2.5. Эффективность прогнозов для различных периодов

Эффективность применения моделей на основе искусственного интеллекта и больших языковых моделей (AI/LLM) по сравнению с традиционными подходами существенно зависит от прогнозного горизонта:

1. Краткосрочные прогнозы (до одного года). В краткосрочном прогнозировании преимущество имеют модели, ориентированные на обработку высокочастотных данных и оперативных сигналов о текущей динамике. Именно здесь методы на основе ИИ демонстрируют наибольший потенциал, поскольку они способны интегрировать более широкий набор данных. Например, прогнозы инфляции на основе LLM на ближайшие несколько кварталов оказались существенно точнее экспертных консенсус-прогнозов в период резких экономических изменений 2021–2023 годов. Модели nowcasting, построенные с использованием машинного обучения, способны обнаруживать экономические циклы раньше квартальных эконометрических моделей благодаря использованию различных индикаторов, включая индексы настроения, вычисляемые на основе анализа новостей и интернет-трендов.

Тем не менее традиционные временные модели при грамотной калибровке остаются весьма конкурентоспособными в краткосрочной перспективе. Например, Карриеро и соавторы[68] показали, что простая авторегрессионная (AR) модель оказалась

[68] Carriero A., Pettenuzzo D., & Shekhar S. (2025). "Macroeconomic Forecasting with Large Language Models." arXiv preprint arXiv:2407.00890. (Comprehensive evaluation of multiple time-series foundation models vs. VAR, BVAR, factor models on FRED-MD dataset).

устойчивым конкурентом на горизонте одного квартала вперед, и лишь наиболее продвинутые LLM-модели периодически демонстрировали небольшие преимущества по отдельным переменным. Краткосрочное прогнозирование также является областью, где особенно эффективны ансамблевые подходы. Многие центральные банки и аналитические агентства все чаще комбинируют прогнозы (например, усредняя результаты VAR-моделей, языковых моделей и экспертных оценок), повышая устойчивость конечных прогнозов. В целом на горизонтах от 0 до 12 месяцев модели на основе ИИ и LLM способны обеспечить улучшение точности и адаптивность прогнозов (особенно в необычных экономических условиях), однако наилучшие результаты достигаются при использовании их совместно с проверенными статистическими моделями, а не вместо них.

2. Среднесрочные прогнозы (от 1 до 3 лет вперед). На среднесрочном горизонте (от одного до трех лет вперед) задача простого экстраполирования исторических данных становится более сложной, поскольку начальные условия постепенно уступают место структурным изменениям в экономике. На таких временных интервалах значительную роль играют структурные факторы: экономическая политика, ограничения производственных мощностей, демографические тенденции. Традиционные структурные модели и экспертные оценки широко используются центральными банками и международными институтами именно на горизонте 2–3 лет. Например, прогнозы инфляции центральных банков на этот период строятся на комбинации базовых структурных моделей и экспертных суждений.

Тем не менее модели на основе ИИ и LLM также активно тестируются на среднесрочном горизонте. Например, эксперимент Чешского национального банка с годовым прогнозом инфляции показал, что LLM демонстрирует среднюю точность на уровне структурной модели, причем каждый подход имел свои преимущества[69]. Языковая модель оказалась менее привязана к целевому уровню инфляции (2 %), что помогло ей успешно

[69] Tomas A., Ales M., Sveda J. First use of AI in inflation forecasting at the CNB.

уловить устойчивый рост инфляции в период ее ускорения, но одновременно приводило к завышению прогнозов при ее замедлении. Это говорит о том, что модели на основе ИИ могут успешно выявлять смену экономических режимов или новые тренды на среднесрочном горизонте, поскольку они не ограничены ожиданиями о возврате к историческому равновесию. Традиционные же модели оказываются эффективнее в условиях восстановления исторических взаимосвязей и равновесных условий.

Важно также отметить, что LLM способны учитывать качественные изменения внешней среды, такие как ожидаемая смена экономической политики или геополитические события, о которых модель может «знать» из текстовых данных, тогда как эконометрические модели способны это сделать лишь при явном их включении. Однако среднесрочные прогнозы ИИ-моделей могут терять внутреннюю экономическую логику и иногда демонстрировать неоправданные тренды (например, продолжать ускорение роста экономики слишком долго). Обеспечить внутреннюю согласованность таких прогнозов сложнее, так как в самих ИИ-моделях нет встроенных механизмов, увязывающих инфляцию, процентные ставки и госдолг в единую систему. В этой связи исследуются подходы, включающие теоретическую регуляризацию моделей или интеграцию прогнозов ИИ с традиционными структурными моделями. Таким образом, оптимальной стратегией на горизонте 1–3 лет является сочетание преимуществ обоих подходов, например, использование структурной модели в качестве базового сценария с коррекцией на основе прогнозов ИИ-моделей, сигнализирующих возможные отклонения.

3. Долгосрочные прогнозы (свыше 5 лет вперед). Прогнозирование на длительных (пять и более лет) горизонтах теряет характер точечного предсказания и становится задачей сценарного анализа. На таких временных отрезках доминирует глубокая неопределенность, а структурные изменения делают невозможными надежные «точечные» прогнозы любой модели, в том числе и ИИ-моделей. Традиционные подходы опираются

на экстраполяцию долгосрочных трендов (например, потенциального ВВП или демографических показателей), теоретически согласованные сценарии, DSGE-модели, моделирующие возврат экономики к равновесию после шоков, или агент-ориентированные модели, изучающие влияние технологических изменений на неравенство в десятилетней перспективе.

Методы прогнозирования с использованием ИИ и LLM на таких горизонтах находятся в ранней стадии развития. Большие языковые модели могли бы использоваться для генерации *нарративных сценариев* (например, описание реалистичных экономических условий в 2030 году), однако их применение для численных прогнозов на столь долгие периоды пока носит исключительно экспериментальный характер. Поскольку LLM не обладают встроенным пониманием структурных ограничений (например, ресурсов или устойчивости госдолга), их долгосрочные прогнозы могут оказаться нереалистичными. Более реалистичным представляется использование ИИ и LLM для калибровки и обработки данных для структурных или агентных моделей, либо анализа гетерогенных сценариев.

Однако в отношении таких показателей, как коэффициент Джини через 10 лет, лучшее, что можно сделать – это сценарный анализ. Примером служат симуляции типа Пикетти или микросимуляционные модели неравенства. Методы машинного обучения уже используются для улучшения таких подходов – например, бустинговая регрессия позволяет более точно прогнозировать распределение доходов при различных условиях, однако эти методы также опираются на определенные структурные предположения.

Таким образом, в долгосрочной перспективе искусственный интеллект и LLM следует рассматривать скорее как вспомогательные инструменты (анализ данных, генерация сценариев), а не как самостоятельные «черные ящики» для прогнозирования. В современной экономической литературе преобладает мнение, что экспертные знания и теоретические конструкции остаются незаменимыми для направления долгосрочных прогнозов, а искусственный интеллект выступает в роли важного дополнения и источника полезной информации.

Требования к данным и методы обучения

Современные прогнозные модели на основе искусственного интеллекта и больших языковых моделей предъявляют высокие требования к объему и качеству используемых данных, а также к методам их обучения:

Данные для обучения моделей.

Традиционные макроэкономические модели, как правило, используют относительно небольшие структурированные наборы данных (например, квартальные данные о национальных счетах, уровни занятости и др.). Напротив, фундаментальные модели временных рядов и большие языковые модели требуют значительно более обширных массивов данных.

Фундаментальные модели временных рядов обучаются на обширных наборах временных данных, часто включающих тысячи серий из разных отраслей и стран, иногда представленных на различных частотах наблюдений. Это позволяет моделям сталкиваться с широким спектром закономерностей и динамических процессов[70]. В свою очередь, большие языковые модели тренируются на текстовых корпусах, таких, как Wikipedia, новостные архивы, данные из сети Интернет, охватывающие описание экономической истории и многих других сфер. Благодаря этому языковая модель обладает имплицитным знанием исторических событий и, к примеру, способна вспомнить, что происходило в экономике в периоды стагфляции 1970-х годов или во время кризиса 2008 года, через текстовые описания, на которых она обучалась.

Однако при использовании больших языковых моделей для целей прогнозирования следует соблюдать осторожность. Если обучающие данные модели содержат информацию, относящуюся к периоду *после* прогнозируемой даты (например, статьи за 2022 год, если прогноз делается по состоянию на 2021 год), это может привести к «утечке» информации и, соответственно,

[70] Heidrich B. Forecasting using Foundation Models and sktime. URL: https://medium.com/@benedikt_heidrich/forecasting-using-foundation-models-and-sktime-4d5a09909742.

исказить реальную точность вневыборочного прогноза. Одним из способов борьбы с подобными проблемами является введение ограничений модели специальными запросами (промптами), которые явно предписывают использовать только информацию, известную на прогнозируемую дату, либо выбирая языковые модели с заранее заданной датой окончания обучения (knowledge cutoff).

Для дообучения (fine-tuning) больших языковых моделей непосредственно на задачах экономического прогнозирования используются исторические ряды прогнозируемой переменной и, возможно, связанные с ней индикаторы, структурированные в виде задачи предсказания. Но, как уже отмечалось, макроэкономические наборы данных обычно слишком малы для полноценного переобучения моделей с миллиардами параметров, поэтому часто предпочтение отдается подходу few-shot prompting (запросам с минимальным количеством примеров), а не полному повторному обучению модели (re-training)[71].

Входные признаки

Модели на основе искусственного интеллекта способны обрабатывать гораздо более широкий набор признаков по сравнению с традиционными моделями, ориентированными исключительно на временные ряды. Например, при прогнозировании инфляции модель на основе LLM или машинного обучения может учитывать не только базовые макроэкономические индикаторы, такие как цены на сырьевые товары, валютные курсы и уровень безработицы, но и текстовые признаки, например, тональность заявлений центрального банка или заголовки новостей, касающихся шоков предложения.

Методология nowcasting, применяемая Чешским национальным банком (ČNB), использует технику эмбеддингов, т. е. преобразование неструктурированных данных в числовые векторы

[71] Carriero A., Pettenuzzo D., & Shekhar S. (2025). "Macroeconomic Forecasting with Large Language Models." arXiv preprint arXiv:2407.00890. (Comprehensive evaluation of multiple time-series foundation models vs. VAR, BVAR, factor models on FRED-MD dataset).

с целью включения в модель информации в реальном времени (например, текущих поисковых трендов в Google или текстовых фрагментов новостей) для уточнения оценки инфляции в текущем квартале[72]. Такие эмбеддинги позволяют ИИ-моделям интерпретировать качественные сигналы, например, выявлять, насколько часто в новостях используются слова, ассоциирующиеся с ростом цен, и учитывать это при формировании прогноза.

Подобный подход существенно расширяет требования к данным: необходимо поддерживать обширные базы текстовой информации, высокочастотных временных рядов и даже альтернативных источников данных, таких как индексы мобильности пользователей на основе данных сотовой связи и др., которые затем поступают на вход ИИ-модели.

Вычислительные ресурсы и методы обучения

Обучение базовой модели или LLM является дорогостоящим с точки зрения вычислений. Для этого часто требуется специализированное оборудование (GPU/TPU) и оптимизированные библиотеки. Предварительное обучение модели, такой как GPT-4, на тексте стоит порядка десятков миллионов долларов в вычислениях. К счастью, в большинстве случаев не нужно обучать модель с нуля; достаточно выполнить до-обучение модели (fine-tuning). Дообучение модели также является вычислительноемкой задачей, но использование специальных методов, таких как prompt engineering, few-shot learning, или облегченное дообучение (например, адаптеры LoRA), могут адаптировать большие модели к задачам прогнозирования с относительно меньшим количеством данных. Другим подходом в машинном обучении временных рядов является трансферное обучение (transfer learning): модели, такие как TimeGPT от Nixtla, сначала обучаются на общих шаблонах, а затем настраиваются с использованием данных, специфичных для предметной области. Такой подход позволяет обеспечить лучшую точность, чем обучение только на данных небольшой предметной области. Например, можно

[72] Tomas A., Ales M., Sveda J. First use of AI in inflation forecasting at the CNB.

дообучить TimeGPT на основе 50-летних макроэкономических данных конкретной страны, но это может не сильно улучшить точность прогноза, потому что модель уже изучила похожую динамику в других местах.

Оценка и валидация моделей

Строгая оценка точности прогнозов, полученных с использованием ИИ и больших языковых моделей, требует моделирования условий реального прогнозирования. Это означает разбиение данных на обучающую выборку и последовательное тестирование прогноза на вневыборочных (out-of-sample) периодах, в точности так, как это делал бы прогнозист, не обладающий информацией о будущем.

Стандартные метрики точности прогнозов обычно всегда включают среднеквадратическую ошибку (MSE) и среднеквадратическое отклонение ошибки (RMSE). Эти показатели активно использовались, например, в исследованиях Федерального резервного банка Сент-Луиса[73] и Чешского национального банка[74]. А также среднюю абсолютную ошибку (MAE) и среднюю абсолютную процентную ошибку (MAPE). При сравнении моделей статистики нередко прибегают к применению теста Диболда-Мариано (Diebold-Mariano test) для проверки статистической значимости различий в ошибках прогнозов между моделями.

Более сложные подходы предполагают анализ не только точечных прогнозов, но и *прогнозных распределений* (density forecasts), когда оценивается не только «точность попадания», но и способность модели адекватно описывать уровень неопределенности. Некоторые языковые модели, такие как PaLM, способны генерировать полное распределение прогнозных значений, что позволяет использовать более сложные метрики, такие

---

[73] Faria-e-Castro M., Leibovici F. Artificial Intelligence and Inflation Forecasts. Federal Reserve Bank of St. Louis Review, Fourth Quarter 2024, Vol. 106, No. 12, pp. 1–14. https://doi.org/10.20955/r.2024.12 https://www.stlouisfed.org/publications/review/2024/nov/artificial-intelligence-and-inflation-forecasts.

[74] Tomas A., Ales M., Sveda J. First use of AI in inflation forecasting at the CNB.

как непрерывный ранговый вероятностный скоринг (Continuous Ranked Probability Score, CRPS), применяемый для оценки качества вероятностных прогнозов.

На практике центральные банки также уделяют внимание способности модели корректно предсказывать *поворотные точки* в экономической динамике (такие как начало рецессии или пиковые значения инфляции), и сопоставляют ее производительность с простыми бенчмарками на предмет устойчивого превосходства. Кроме того, в процессе выбора модели могут учитываться и качественные характеристики: модель, обладающая меньшей точностью, но высокой интерпретируемостью, может быть предпочтительнее по сравнению с «черным ящиком», пусть даже дающим немного более точные прогнозы.

Именно по этой причине, несмотря на многообещающие результаты некоторых моделей на основе ИИ, отрасль, как правило, внедряет их постепенно и в сочетании с существующими, апробированными подходами.

2.2.6. Эффективность и ограничения моделей на основе ИИ и LLM

Современные исследования дают сложную и многогранную картину эффективности применения искусственного интеллекта и больших языковых моделей в задачах макроэкономического прогнозирования. С одной стороны, такие модели обладают рядом *очевидных преимуществ*: они способны обрабатывать огромные объемы информации, включая неструктурированные текстовые данные, моделировать сложные нелинейные взаимодействия между переменными и адаптироваться к новым паттернам в данных без необходимости явного перепрограммирования.

В ряде случаев модели на основе ИИ уже продемонстрировали способность соперничать с традиционными подходами или превосходить их, например, в задачах прогнозирования инфляции в условиях высокой волатильности[75], а также при синтезе

[75] Tomas A., Ales M., Sveda J. First use of AI in inflation forecasting at the CNB.

информации, аналогичной той, что содержится в экспертных оценках профессиональных экономистов[76]. Доступность предварительно обученных моделей через API-интерфейсы означает, что даже небольшие организации получают возможность экспериментировать с передовыми методами ИИ, тем самым потенциально снижая барьеры входа и создавая более равные условия в сфере прогнозной аналитики[77].

С другой стороны, остаются и *существенные ограничения*. Одним из постоянно отмечаемых недостатков является сама природа таких моделей – «черный ящик». То есть, большая языковая модель может спрогнозировать, например, резкий рост безработицы, но при этом не дать внятного объяснения причин, тогда как структурная модель позволила бы увязать данный результат с падением инвестиций через соответствующие уравнения модели. Отсутствие интерпретируемости затрудняет использование прогнозов ИИ в государственном управлении в силу сложности с обоснованием достоверности прогнозов, которые нельзя верифицировать логически или теоретически.

Дополнительной проблемой является стабильность и последовательность. Традиционные подходы к прогнозированию накладывают определенные экономические ограничения (например, инфляция не может оставаться отрицательной бесконечно долго, государственный долг в долгосрочной перспективе должен быть обслужен и т. д.). Модели же на основе ИИ, не имея встроенных теоретических ограничений, могут генерировать сценарии, нарушающие элементарные экономические принципы. Результатом такой работы становятся так называемые «необоснованные прогнозы»[78].

---

[76] Leland Bybee J. Surveying Generative AI's Economic Expectations // Yale University. – 2023.

[77] NIXTLA. Meet TimeGPT. – 2023.

[78] Carriero A., Pettenuzzo D., & Shekhar S. (2025). "Macroeconomic Forecasting with Large Language Models." arXiv preprint arXiv:2407.00890. (Comprehensive evaluation of multiple time-series foundation models vs. VAR, BVAR, factor models on FRED-MD dataset).

Кроме того, модели на основе ИИ часто характеризуются высокой ресурсоемкостью данных. Для малых экономик или нишевых индикаторов (например, коэффициент Джини, рассчитываемый лишь раз в год), просто может не оказаться достаточного объема данных для эффективного обучения высокоемкой модели. В условиях ограниченного объема информации возрастает риск переобучения и генерации ложных сигналов – особенно если модель подстраивается под уникальные, но непредсказуемые шаблоны, не обладающие прогностической значимостью.

Перспектива взаимодействия человека и ИИ является наиболее перспективным направлением развития. Экономисты могут использовать большие языковые модели для оперативного тестирования множества альтернативных вариантов прогнозных моделей или для автоматизированного анализа тысяч новостных сообщений с целью выявления потенциальных точек разворота в экономике – задач, практически невозможных для ручного выполнения в сжатые сроки.

Исследователи, работающие с агент-ориентированными моделями, могут применять ИИ для калибровки параметров поведения агентов на основе наблюдаемых данных. Центральные банки и экономические институты активно изучают гибридные архитектуры, при которых ИИ-модель генерирует первоначальный прогноз, а затем эксперт вносит корректировки, используя собственное суждение и дополнительную информацию, недоступную модели (например, предстоящие изменения политики, которые LLM, в силу отсутствия истинного понимания, может не учесть должным образом).

Кроме того, активно развиваются направления, предполагающие интеграцию экономического знания в структуру ИИ-моделей. Например, предпринимаются попытки встроить в архитектуру нейросетей бухгалтерские тождества, бюджетные ограничения или базовые экономические законы – с целью исключения грубых нарушений логики модели. Такие усилия могут привести к созданию моделей, которые одновременно обладают высокой гибкостью и внутренней экономической согласованностью.

2.2.7. Выводы

Применение искусственного интеллекта и больших языковых моделей в сфере макроэкономического прогнозирования представляет собой очень перспективное направление, находящееся на стыке экономической науки и анализа данных. Современные модели, такие как фундаментальные нейросетевые архитектуры для временных рядов и прогнозные системы на базе GPT, уже продемонстрировали способность выявлять закономерности, которые могут быть упущены традиционными методами, и делать это по широкому спектру макроэкономических показателей, начиная от ВВП и инфляции и заканчивая неравенством доходов.

Особенно высока их эффективность в условиях необходимости обработки разнородных источников данных и быстрой адаптации к смене экономических режимов, что критически важно в современной, стремительно изменяющейся макроэкономической среде. Однако, такие модели не являются универсальным решением. Традиционные подходы к прогнозированию, опирающиеся на десятилетия эмпирического опыта и теоретического анализа, сохраняют свою высокую значимость прежде всего за счет логической согласованности, интерпретируемости и способности формировать структурное объяснение числовых результатов.

Сравнительный анализ методов на основе ИИ/LLM, агент-ориентированных моделей, эконометрических инструментов и систем уравнений ясно демонстрирует: каждый подход обладает своими сравнительными преимуществами. Современная граница исследований пролегает в области интеграции этих методов с целью объединения их сильных сторон. Так, например, агент-ориентированная модель может быть использована для генерации набора долгосрочных сценариев распределения доходов, а ИИ-модель – для прогнозирования краткосрочных отклонений от этих сценариев на основе данных в реальном времени. Или же базовый прогноз ВВП, построенный на основе эконометрической модели, может быть скорректирован языковой моделью, анализирующей новостные сообщения о сбоях в цепочках поставок или геополитических событиях.

Центральные банки, такие как уже упомянутый выше Чешский национальный банк, прямо указывают, что рассматривают модели ИИ не как замену, а как способ *дополнения и расширения* существующих аналитических инструментов[79]. Именно такая комбинированная, синтетическая перспектива, основанная на интеграции дисциплин, сегодня представляет собой наиболее перспективный путь развития макроэкономического прогнозирования.

В дальнейшем можно ожидать появления все большего числа открытых платформ для макроэкономического прогнозирования, интегрирующих большие языковые модели, специализированные архитектуры (возможно, модели типа «EconomyGPT», обученные на макроэкономических данных и учебной литературе), а также все более строгой процедуры валидации таких инструментов в рамках реальных прогнозных соревнований. Международные организации, такие как МВФ и ОЭСР, с высокой вероятностью будут инвестировать ресурсы в оценку потенциала ИИ для улучшения глобальных прогнозов экономического развития. Корпорации, включая профессиональных прогнозистов и финансовые компании, продолжат внедрять проприетарные ИИ-решения, ориентированные на рыночные показатели (процентные ставки, фондовые индексы и др.).

На 2025 год к передовой практике относятся такие примеры, как использование модели PaLM для прогнозирования инфляции, GPT-4 для анализа новостей, связанных с ростом ВВП, а также гибридные системы, объединяющие «передовые LLM в экономических исследованиях» для решения разнообразных задач[80]. В совокупности все это свидетельствует о наступлении новой эпохи в макроэкономическом прогнозировании, характеризующейся богатыми данными, агностичностью по отношению к конкретным моделям, и служащей дополнением к классическим теоретически-обоснованным и модельно-ориентированным подходам.

---

[79] Tomas A., Ales M., Sveda J. First use of AI in inflation forecasting at the CNB.

[80] Korinek, A. "LLMs Learn to Collaborate and Reason: December 2024 Update to 'Generative AI for Economic Research: Use Cases and Implications for Economists,' published in the Journal of Economic Literature 61(4). – 2024. https://doi.org/10.1257/jel.20231736.

Наиболее успешными прогнозными системами ближайшего будущего, по-видимому, станут те, которые смогут эффективно объединять экономическую интуицию человека с вычислительной мощностью машины, обеспечивая прогнозы, которые будут не только точными, но и интерпретируемыми и практически значимыми для принятия решений.

Таким образом, методы ИИ, включая большие языковые модели, сегодня позволяют получать более точные прогнозы по отдельным макроэкономическим и социальным показателям, особенно в условиях нестабильности и быстро меняющейся обстановки.

Тем не менее, при выработке стратегических решений и оценке долгосрочных перспектив важна не только динамика отдельных переменных, но и их интегральная оценка, отражающая общий уровень развития и устойчивости социально-экономических систем.

В этой связи особое значение приобретают интегральные индексы, такие, как показатели национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала. В следующем разделе мы рассмотрим методологические подходы к их формированию и опыт практического применения.

2.3. Моделирование интегральных индексов

2.3.1. Моделирование и оценка национальной силы стран мира[81, 82]

Данная работа продолжает проведенное ранее исследование по моделированию и оценке национальной силы стран мира[83].

---

[81] В ходе общего собрания Российской академии наук 28 мая 2025 г., Президент РАН Г. Я. Красников объявил разработку ЦЭМИ РАН «Методика оценивания показателя национальной силы страны» – лучшим и важнейшим результатом в общественных науках.

[82] Данное исследование осуществлено совместно с Институтом демографической политики им. Д. И. Менделеева, ФСО РФ, д. т. н. Н. И. Ильиным и к. э. н. Б. Р. Хабриевым.

[83] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И. Моделирование и оценка национальной силы России // Экономические стратегии. 2020. № 2 (168). С. 6–19. DOI: 10.33917/es-2.168.2020.6-19.

Этот интегральный показатель является наиболее информативным и популярным в мире индикатором, интегрально характеризующим совокупный потенциал конкретной страны, одновременно позволяющим сравнивать уровень ее мощи и социально-экономического развития с другими государствами. Одна из первых формул для вычисления национальной силы была предложена еще в 1741 г., а всего на данный момент различных методик расчета этого индекса более 500. Весовые коэффициенты 83 % формул оценивались экспертами, а 17 % с использованием процедур статистического анализа, при этом 37 % формул предложено специалистами из США, 16 % из Китая, 7 % из Германии. В свое время расчеты национальной силы осуществляли известные политические деятели, такие как стратег в области внешней политики и директор (с 1975 по 2013 гг.) главного управления военных оценок Министерства обороны США Эндрю Маршал[84], основатель направления политического реализма – Николас Джон Спикмэн[85], один из ведущих экспертов США по вопросам внешней политики – Ганс Моргентау[86], основатель теории неореализма Кеннет Нил Уолтц[87], автор теории наступательного реализма Джон Миршаймер[88] и др. К настоящему моменту разработано несколько десятков методик оценивания национальной силы, первая из которых была предложена в 1741 г. Сначала мы рассмотрим наиболее известные зарубежные результаты, а затем представим собственные. На наш взгляд,

[84] Marshall A. W. (1982). A Program to Improve Analytic Methods related to Strategic Forces // Policy Sciences 15 (1), 47–50. https://doi.org/10.1007/BF00143367.

[85] Spykman Nicholas John (1942). America's Strategy in World Politics: The United States and the Balance of Power (1942; reprint, Hamden, CT: Archon Books, 1970).

[86] Morgenthau Hans J. (1954). Politics among Nations: The Struggle for Power and Peace, 2nd edition. New York : Alfred A. Knopf.

[87] Waltz Kenneth H. (1979). Theory of International Politics. Addison-Wesley Publishing Company.

[88] Mearsheimer John J. (2001). The Tragedy of Great Power Politics. New York, London : W. W. Norton & Company, 2001.

важно производить расчеты интегрального показателя национальной силы на постоянной основе, а также сравнивать потенциал нашей страны с альтернативными оценками аналитических центров от геополитических оппонентов.

* * *

Начнем с самого цитируемого проекта «Корреляты войны» (Correlates of War), инициированного профессором политологии Мичиганского университета Джоэлом Дэвидом Сингером, являющимся одним из первых исследователей, начавших применять количественные методы для прогнозирования развития международных отношений. В рамках проекта была собрана уникальная база различных показателей по странам мира за 2 века, начиная с 1816 г., которая многократно использовалась профильными специалистами для предсказания возможности военных конфликтов, организации межгосударственных союзов и, в том числе, для оценки национальной силы стран мира. Соответствующий индекс вычисляется по следующей формуле[89]:

$$CINC = (ME + MP + SP + EC + UP + TP)/6,$$

где ME – военные расходы (military expenditure), в процентах от мирового объема; MP – военнослужащие (military personnel), в процентах от их общего числа в мире; SP – производство стали (steel production), в процентах от мирового объема; EC – потребление энергии (energy consumption), в процентах от общемирового потребления; UP – городское население (urban population), в процентах от общемирового числа городских жителей; TP – численность населения страны (total population), в процентах от общей численности жителей мира.

В табл. 2.3 приведены выборочные данные по индексу национальной силы, измеренному по методологии Д. Сингера.

---

[89] Singer J. David, Bremer Stuart, Stuckey John. (1972). Capability Distribution, Uncertainty, and Major Power War, 1820–1965 // In: Russett, Bruce M. ed. Peace, War, and Numbers. Beverly Hills: Sage Publications, 19–48.

Таблица 2.3

Индекс национальной силы для 15 стран – мировых лидеров
(страны упорядочены в зависимости от значений индекса, сумма которых для всех государств составляет 100)

XIX век							
Страны	**1816**	**Страны**	**1850**	**Страны**	**1880**	**Страны**	**1900**
Великобритания	31,05	Великобритания	30,42	Великобритания	21,59	США	18,80
Российская империя	**15,79**	**Российская империя**	**14,44**	Китай	16,09	Великобритания	17,75
Франция	12,10	Франция	12,70	США	12,40	Германия	13,15
Австро-Венгрия	9,14	Австро-Венгрия	8,37	Франция	10,70	Китай	12,00
Турция	6,26	США	7,25	Германия	10,44	**Российская империя**	**10,92**
Германия	5,13	Германия	4,90	**Российская империя**	**10,32**	Франция	7,47
Испания	4,20	Турция	4,77	Австро-Венгрия	4,34	Австро-Венгрия	4,24
Нидерланды	3,94	Испания	3,08	Италия	3,18	Япония	2,89
США	3,64	Бельгия	2,25	Испания	2,20	Италия	2,82
Королевство обеих Сицилий	3,01	Королевство обеих Сицилий	2,18	Япония	2,08	Турция	1,72
Швеция	2,15	Италия	1,20	Бельгия	1,92	Испания	1,48
Португалия	1,01	Швеция	1,10	Турция	1,83	Бельгия	1,39
Италия	0,90	Нидерланды	1,10	Швеция	1,13	Бразилия	0,92
Папская область	0,85	Мексика	0,86	Нидерланды	0,90	Швеция	0,84

Бавария	0,83	Бавария	0,82	Бразилия	0,88	Нидерланды	0,71
Сумма для 15 стран	**100,00**	**Сумма для 15 стран**	**95,45**	**Сумма для 15 стран**	**100,00**	**Сумма для 15 стран**	**97,10**
XX и XXI века							
Страны	**1950**	**Страны**	**1980**	**Страны**	**2000**	**Страны**	**2016**
США	28,44	**СССР**	**16,87**	Китай	16,23	Китай	23,06
СССР	**18,06**	США	13,31	США	14,27	США	13,31
Китай	11,85	Китай	11,95	Индия	6,89	Индия	8,68
Великобритания	6,13	Япония	5,36	**Россия**	**5,15**	**Россия**	**3,65**
Индия	4,96	Индия	5,17	Япония	4,99	Япония	3,30
Франция	3,32	ФРГ	3,25	Германия	2,62	Южная Корея	2,33
Индонезия	1,79	Великобритания	2,53	Бразилия	2,51	Бразилия	2,33
Италия	1,74	Франция	2,40	Южная Корея	2,34	Германия	1,66
Польша	1,69	Бразилия	2,29	Великобритания	2,22	Индонезия	1,62
Испания	1,31	Италия	2,00	Франция	1,88	Иран	1,53
Бразилия	1,27	Польша	1,61	Италия	1,71	Пакистан	1,51
Канада	1,26	Южная Корея	1,39	Украина	1,49	Турция	1,48
Чехословакия	1,25	Индонезия	1,26	Турция	1,47	Мексика	1,47
Пакистан	1,13	Мексика	1,22	Индонезия	1,42	Саудовская Аравия	1,45
Турция	1,02	Испания	1,18	Мексика	1,40	КНДР	1,34
Сумма для 15 стран	**85,24**	**Сумма для 15 стран**	**71,80**	**Сумма для 15 стран**	**66,59**	**Сумма для 15 стран**	**68,72**

Источник: https://correlatesofwar.org

Обращает на себя внимание несколько обстоятельств. XIX век почти полностью был ознаменован мировым господством Великобритании, причем ее доля в суммарном объеме мирового потенциала в начале наблюдений была более 30 %. США и особенно Китай большую часть этого периода были слабыми геополитическими акторами, однако на рубеже XIX–XX веков ситуация начала меняться и большую часть XX в. лидером были США. Согласно расчетам проекта «Корреляты войны» с начала текущего столетия безусловным лидером становится Китай, причем со значительным отрывом от всех остальных. Россия в настоящий момент находится на четвертой позиции, также являясь одним из мировых лидеров, но со значительным отставанием от сверхдержав – значения индекса национальный силы меньше, чем у Китая в 6,32 раза и в 3,65 раза, чем у США. Другое немаловажное обстоятельство заключается в усиливающейся децентрализации. Если в XIX веке на 15 стран – мировых лидеров приходилось до 100 % мирового потенциала, то в XX веке сумма индексов национальной силы для них снизилась в среднем до 70 %, а в настоящее время стала еще ниже (68,7 %).

Интересно также посмотреть динамику мирового лидерства, рассматриваемую через призму индексов национальной силы наиболее влиятельных стран за период с 1816 по 2016 гг. (рис. 2.2). Приведенная информация, в том числе, демонстрирует лидерство СССР за период с 1971 по 1989 гг., закончившееся в связи с его распадом, а также процесс снижения потенциала коллективного Запада и усиление азиатских стран. Более подробно с методологией расчетов, а также полученными результатами и массивом исходной информации можно ознакомиться на сайте проекта: https://correlatesofwar.org.

Одно из ведущих мировых новостных еженедельных изданий – ***U. S. News & World Report*** совместно с Пенсильванским университетом ежегодно рассчитывает рейтинг самых могущественных стран мира (Most Powerful Countries) на основе периодических опросов более 20 000 человек из разных стран. Респондентам предлагается оценить 89 стран в нескольких

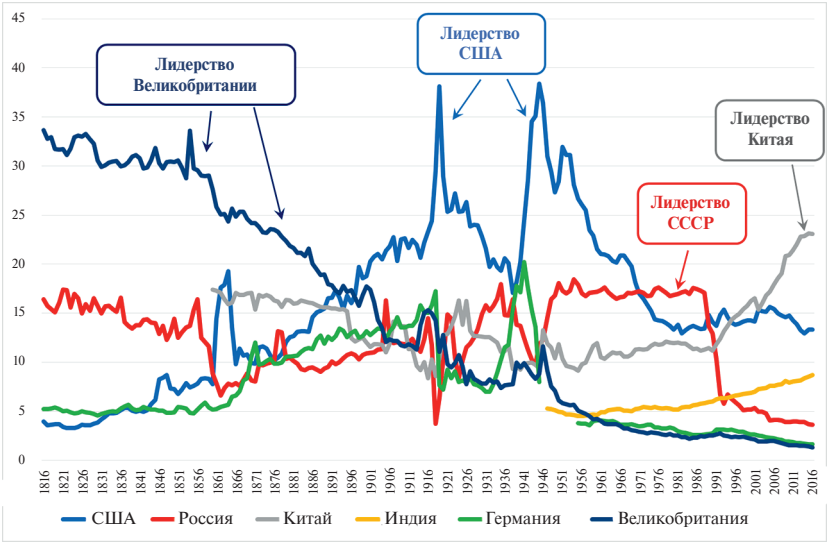


Рис. 2.2. Индекс национальной силы наиболее влиятельных стран (за период 1922–1991 гг. для России приведены данные по СССР, а за период 1949–1990 гг. для Германии приведены данные по ФРГ)

Источник: https://correlatesofwar.org

сферах (экономическое и политическое влияние, военная сила, участие в международных союзах и т. д.), а затем полученные данные сводятся в единый индекс. В табл. 2.4 приведены опубликованные в 2025 г. результаты, рассчитанные на основе данных 2024 г. Помимо индекса национальной силы, исследовательская группа рассчитывает более общий ***рейтинг лучших стран***, вычисляемый на основе 10 компонент, среди которых синтетические показатели, определяющие «качество жизни», «культурное влияние», «комфортную среду для туризма» и др., и в том числе «национальную силу». Каждый компонент имеет свой вес, используемый для расчета рейтинга лучших стран, максимальный из которых – «благоприятная среда для ведения бизнеса» равен 14,16 % (из 100 %), а «национальная сила» только 6,09 %.

Таким образом, крайний правый столбец табл. 2.4 показывает позицию конкретного государства в рейтинге лучших стран мира, а третий столбец – общую оценку в диапазоне от 0 до 100. Как видно, самой лучшей страной в этом рейтинге является Япония, а Россия занимает 36 позицию.

Таблица 2.4

Рейтинг самых могущественных и лучших стран мира (страны упорядочены в зависимости от значений индекса национальной силы; значения индекса в рейтинге лучших стран варьируются от 0 до 100)

Позиция в рейтинге национальной силы (список самых могущественных стран)	Страны	Общая оценка в рейтинге лучших стран	Позиция в рейтинге лучших стран мира
1	США	94,2	3
2	Китай	80,0	16
3	**Россия**	**37,9**	**36**
4	Великобритания	87,9	8
5	Германия	90,6	7
6	Южная Корея	78,1	18
7	Франция	82,9	12
8	Япония	96,6	2
9	Саудовская Аравия	48,2	32
10	Израиль	24,2	46
11	ОАЭ	79,1	17
12	Индия	46,4	33
13	Канада	94,1	4
14	Украина	5,7	80
15	Италия	81,1	15

Источник: https://www.usnews.com/news/best-countries/rankings/power

Информацию про остальные страны, а также более детализированные показатели, используемые для расчетов, и методологию исследования можно получить на сайте издания U. S. News & World Report[90] и портале «World Population Review»[91].

Исследователи университета Чжуншань им. Сунь Ятсена (КНР) оценивали индекс национальной силы как комбинацию трех групп показателей: 1) «военно-политическая сила» (валовой национальный доход, площадь территории, военные расходы в % от ВВП, объем международной торговли в % от ВВП, денежная масса, расходы на исследования и разработки в % от ВВП); 2) «социально-институциональная сила» (валовой национальный доход на душу населения, численность населения, конечное потребление домохозяйств на душу населения, потребление электроэнергии на душу населения, расходы на образование в % от ВВП, расходы на здравоохранение в % от ВВП); 3) «культурно-коммуникативная сила» (государственные расходы на конечное потребление, доходы от международного туризма, количество статей в научных и технических журналах, численность телефонных линий, количество мигрантов, иностранная финансовая помощь в целях развития)[92].

В табл. 2.5 и на рис. 2.3 приведены полученные результаты, демонстрирующие лидерство США для всех временных периодов.

Значения индексов для большинства стран в рамках этой методики получились более стабильными, но тем не менее следует отметить заметное снижение национальной силы для России-СССР, а также начавшееся с середины 1990-х гг. усиление Китая.

---

[90] Разделы сайта издания U. S. News & World Report с описанием результатов расчетов и используемой методологии: https://www.usnews.com/news/best-countries/rankings/power, https://www.usnews.com/news/best-countries/articles/methodology.

[91] Интернет-портал «World Population Review»: https://worldpopulationreview.com/country-rankings/most-powerful-countries.

[92] Интернет-портал проекта «The World Power Index»: https://www.worldpowerindex.com/about-world-power-index/.

Таблица 2.5

Индекс национальной силы 15 стран – мировых лидеров (страны упорядочены в зависимости от значений индекса, варьируемых от 0 до 1)

Позиция в рейтинге	Страны	1975	Позиция в рейтинге	Страны	2017
1	США	0,954	1	США	0,954
2	ФРГ	0,860	2	Китай	0,861
3	**СССР**	**0,850**	3	Япония	0,851
4	Франция	0,843	4	Германия	0,841
5	Япония	0,840	5	Франция	0,821
6	Канада	0,823	6	Великобритания	0,817
7	Великобритания	0,815	7	Канада	0,800
8	Италия	0,791	8	Австралия	0,788
9	Австралия	0,775	9	Италия	0,788
10	Швеция	0,770	10	Южная Корея	0,775
11	Нидерланды	0,764	11	Испания	0,764
12	Швейцария	0,745	**12**	**Россия**	**0,758**
13	Бельгия	0,742	13	Швейцария	0,750
14	Испания	0,732	14	Нидерланды	0,745
15	Норвегия	0,710	15	Бразилия	0,743

Источник: https://www.worldpowerindex.com

Также привлекает внимание разработка Института Лоуи (Сидней, Австралия) по оценке индекса национальной силы стран Азии за счет привлекательного и многофункционального дизайна соответствующего интернет-портала[93], а также благодаря возможности менять в интерактивном режиме веса 8 компонент и 30 групповых индексов, охватывающих более 130 по-

[93] Интернет-портал проекта Института Лоуи, посвященного оценке индекса национальной силы стран Азии: https://power.lowyinstitute.org/data/power.

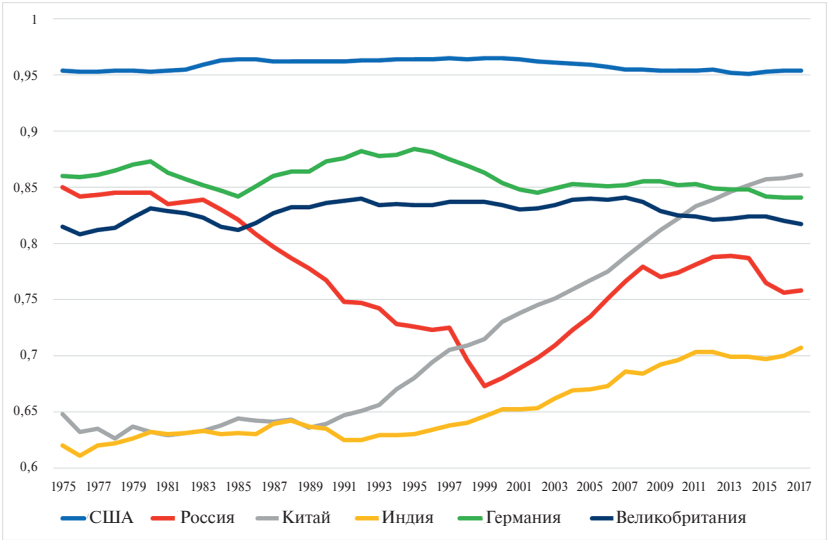


Рис. 2.3. Индекс национальной силы наиболее влиятельных стран (за период 1975–1991 гг. для России приведены данные по СССР, а за период 1975–1990 гг. для Германии приведены данные по ФРГ)

Источник: https://www.worldpowerindex.com

казателей (рис. 2.4). По умолчанию, для расчетов установлены следующие значения весовых коэффициентов для 8 основных составляющих национальной силы: 1) экономический потенциал (21 показатель) – 17,5 %; 2) военный потенциал (22 показателя) – 17,5 %; 3) государственная стабильность (25 показателей) – 10,0 %; 4) будущие ресурсы (трудовые, военные и т. д. – 10 показателей) – 10,0 %; 5) экономические отношения с другими странами (12 показателей) – 15,0 %; 6) оборонная сеть (межстрановые союзы – 14 показателей) – 10,0 %; 7) дипломатическое влияние (15 показателей) – 10,0 %; 8) культурное влияние (15 показателей) – 10,0 %[94].

[94] Описание используемой в проекте методологии: https://power.lowyinstitute.org/methodology/.



Рис. 2.4. Веб-интерфейс системы оценивания национальной силы азиатских стран

Источник: https://power.lowyinstitute.org/

Сумма всех весовых коэффициентов равняется 100, а для определения их значений применялись экспертные оценки профильных специалистов. Полученные результаты приведены в табл. 2.6, где помимо 14 азиатских стран – лидеров по национальной силе в соответствующем макрорегионе, представлен мировой лидер – США, как ориентир, имеющий максимальное значение индекса среди всех государств.

С незначительными вариациями рассчитанные индексы повторяют представленные выше альтернативные оценки, хотя не совсем понятно, почему исследователи убрали из рассмотрения страны из других частей света.

Далее мы рассмотрим исследования, в которых помимо расчетов показателей национальной силы дается прогноз этих интегральных индексов на долгосрочный период. В табл. 2.7 и рис. 2.5 приведены результаты, полученные одним из ведущих мировых центров по изучению международных отношений – Школой международных исследований Йозефа Корбеля при Денверском университете (США). Для соответствующих рас-

четов использовались данные по демографии, военным показателям, экономическому и технологическому развитию, а также международным отношениям. Соответствующие весовые коэффициенты как для прошедших, так и для будущих периодов оценивались путем опроса экспертов, а расчетные формулы приведены в работе «Relative national power codebook»[95].

Таблица 2.6

Индекс национальной силы для США и 14 лидеров среди азиатских стран в 2025 г. (страны упорядочены в зависимости от значений индекса, варьируемых от 0 до 1)

Позиция в рейтинге	Страны	Значения индекса
1	США	81,7
2	Китай	72,7
3	Индия	39,1
4	Япония	38,7
5	Австралия	31,9
6	**Россия**	**31,1**
7	Южная Корея	31,0
8	Сингапур	26,4
9	Индонезия	22,3
10	Таиланд	19,8
11	Малайзия	19,6
12	Вьетнам	18,7
13	Новая Зеландия	16,3
14	Тайвань	16,2
15	Филиппины	14,7

Источник: https://power.lowyinstitute.org/

[95] Moyer J. D., Markle A. (2018): Relative national power codebook, version 7.2.2018. Denver, CO: Frederick S. Pardee Center for International Futures, Josef Korbel School of International Studies, University of Denver, 2018.

Как видно, в начальный расчетный период (1960 г.) в мире было два лидера – США и СССР, хотя различие в индексе выглядит несколько завышенным. На текущий момент лидерство поменялось и теперь место СССР занял Китай, а к 2100 г., согласно прогнозу, он выйдет на первое место с большим отрывом от остальных стран.

Таблица 2.7

Индекс национальной силы 15 стран – мировых лидеров (страны упорядочены в зависимости от значений индекса, сумма которых для всех государств составляет 100)

Страны	**1960**	**Страны**	**2022**	**Страны**	**2100**
США	33,30	США	22,26	Китай	22,57
СССР	**12,63**	Китай	15,84	США	12,66
Великобритания	9,17	Япония	4,97	Индия	8,16
ФРГ	6,22	Германия	4,70	Нигерия	6,62
Франция	5,79	Франция	4,43	Великобритания	2,68
Италия	3,66	**Россия**	**4,04**	**Россия**	**2,61**
Япония	3,55	Великобритания	3,98	Германия	2,54
Канада	2,05	Индия	3,58	Франция	2,48
Нидерланды	1,60	Бразилия	2,06	Израиль	1,98
Китай	1,36	Италия	1,90	Индонезия	1,78
Австралия	1,31	Канада	1,89	Япония	1,52
Польша	1,30	Южная Корея	1,70	Канада	1,32
Испания	1,13	Австралия	1,64	Пакистан	1,24
Бразилия	1,12	Саудовская Аравия	1,39	Бразилия	1,20
Швейцария	1,12	Испания	1,33	Австралия	1,19
Сумма для 15 стран	**85,32**	**Сумма для 15 стран**	**75,72**	**Сумма для 15 стран**	**70,54**

Источник: https://korbel.du.edu/pardee/research/diplometrics/national-power

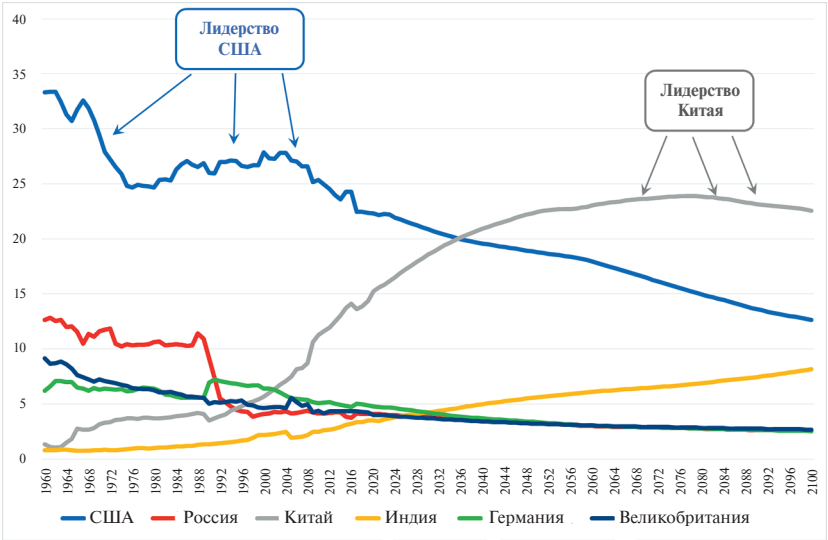


Рис. 2.5. Индекс национальной силы наиболее влиятельных стран (за период 1960–1991 гг. для России приведены данные по СССР, а за период 1960–1990 гг. для Германии приведены данные по ФРГ)

Источник: https://korbel.du.edu/pardee/research/diplometrics/national-power

Лидирующие в XIX и XX веках страны – Россия, Великобритания, Германия и Франция к концу текущего столетия будут находиться примерно на одном уровне, заметно уступая не только Индии, но и Нигерии. Высокое место этой страны определяется долгосрочным демографическим рывком, который прогнозируется многими аналитическими центрами (Отделом народонаселения Департамента по экономическим и социальным вопросам ООН, Центром демографии и глобального человеческого капитала имени Витгенштейна и др.).

Также следует отметить усиливающуюся децентрализацию, которая отмечалась нами ранее в других исследованиях. В 1960 г. на 15 стран – мировых лидеров приходилось 85,32 % мирового потенциала, к 2022 г. сумма индексов национальной силы для них снизилась до 75,72 % и к концу века упадет еще

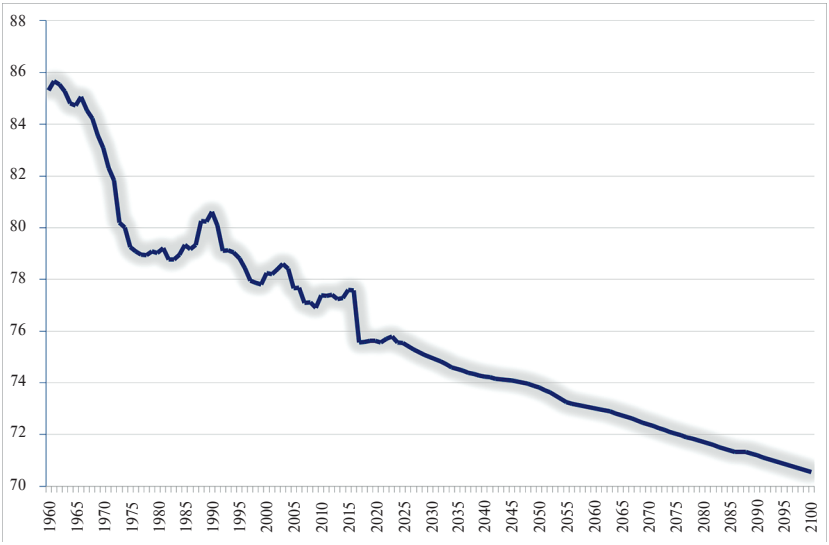


Рис. 2.6. Сумма индексов
национальной силы 15 стран – мировых лидеров

Источник: https://korbel.du.edu/pardee/research/diplometrics/national-power

сильнее – до 70,54 %. Более наглядно данный процесс представлен на рис. 2.6.

Еще один прогноз индексов национальной силы, основанный на экономической, военной и геополитической компонентах, был рассчитан исследователями Вроцлавского и Варшавского университетов для 2050 г. Прогнозные значения базовых показателей были взяты из отчетов компании PricewaterhouseCoopers и Всемирного банка (сценарий I), основного французского исследовательского института в сфере международной экономики CEPII (сценарий II), финансового конгломерата HSBC (сценарий III) и с их помощью посчитаны интегральные рейтинги (табл. 2.8).

Как видно, в долгосрочной перспективе прогнозируется три центра силы – Китай, США и Индия, с большим отрывом

Таблица 2.8

Индекс национальной силы в 2050 г. для 15 стран – мировых лидеров по трем сценариям (страны упорядочены в зависимости от значений индекса, сумма которых для всех государств составляет 1000)

Страны	I	Страны	II	Страны	III
Китай	209,8	Китай	171,2	Китай	163,0
Индия	133,7	США	115,9	США	114,7
США	124,7	Индия	81,6	Индия	73,0
Бразилия	37,7	**Россия**	**31,8**	Бразилия	27,2
Индонезия	36,7	Япония	29,0	Япония	27,1
Россия	**30,3**	Бразилия	27,9	Мексика	20,7
Мексика	26,9	Мексика	21,6	**Россия**	**19,1**
Япония	23,2	Иран	19,1	Германия	17,4
Нигерия	21,3	Великобритания	18,3	Великобритания	16,3
Германия	19,9	Канада	18,0	Канада	16,3
Пакистан	17,8	Франция	17,8	Индонезия	15,9
Великобритания	17,7	Германия	16,9	Франция	14,8
Турция	17,7	Нигерия	15,7	Турция	14,0
Франция	17,4	Турция	15,2	Филиппины	11,8
Египет	16,3	Индонезия	14,6	Италия	11,4
Сумма для 15 стран, в %	**75,08 %**	**Сумма для 15 стран, в %**	**61,43 %**	**Сумма для 15 стран, в %**	**56,27 %**

Источник: National Power Rankings of Countries 2020[96]

[96] Kiczma Ł., Sułek M. (2020): National Power Rankings of Countries 2020, Oficyna Wydawnicza ASPRA-JR, Warszawa 2020.

опережающих другие страны. Что касается России, то ее доля суммарной силы к 2050 г. будет варьироваться от 1,91 % до 3,18 % в зависимости от сценария.

Проведенный обзор позволяет сделать вывод о том, что в большинстве методик для определения весов факторов, влияющих на интегральный индекс национальной силы, используется экспертное оценивание. С одной стороны, профильные специалисты могут более реалистично настроить весовые коэффициенты, чем при использовании статистических методов, но с другой стороны эксперты могут быть ангажированы в пользу какой-либо страны, и таким образом полученные оценки будут субъективны.

Более того, ручная настройка весов позволяет получить любые результаты. К примеру, мы поменяли весовые коэффициенты у факторов, связанных с вооруженными силами (на упомянутом выше портале Института Лоуи) и получили значение индекса национальной силы для России, позволившее занять ей первое место (рис. 2.7).

Для того чтобы наша оценка была менее субъективна, в своей методике мы решили использовать методы многомерного статистического анализа. В предыдущем исследовании мы обосновывали выбор конкретных показателей, учитывающих лучшие мировые практики, определяющих потенциал каждой страны и менее подверженных изменениям в зависимости от текущей мировой конъюнктуры[97].

Свертка отобранных показателей была осуществлена с использованием факторного анализа, в рамках которого применен модифицированный метод главных компонент. Перед проведением этой процедуры все переменные были стандартизированы посредством z-оценивания, а затем мы рассчитали интегральные индексы по группам показателям, после чего они были свернуты

[97] Макаров В.Л., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И. Моделирование и оценка национальной силы России // Экономические стратегии. 2020. № 2 (168). С. 6–19. DOI: 10.33917/es-2.168.2020.6-19.

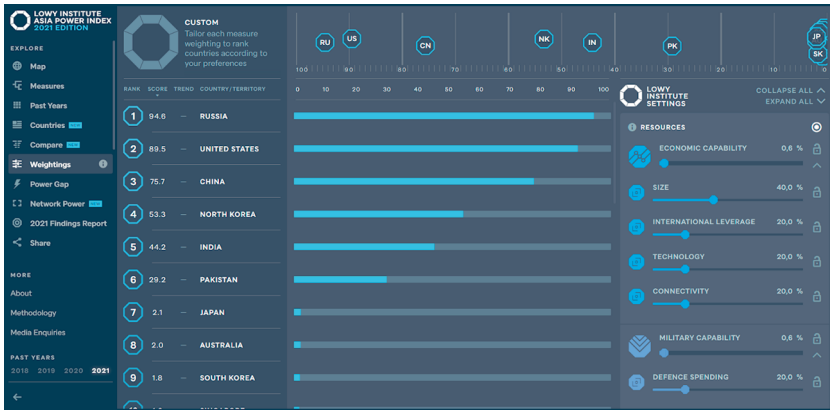


Рис. 2.7. Веб-интерфейс системы корректировки весовых коэффициентов для оценивания индекса национальной силы

Источник: https://power.lowyinstitute.org/weightings/

в итоговые индексы национальной силы. Список используемых показателей, названия групповых компонент, а также вычисленные в ходе многомерного статистического анализа соответствующие коэффициенты приведены в табл. 2.9.

Наибольший вес имеют группы «экономические показатели» и «вооруженные силы». Именно они в большей степени определяют индексы национальной силы, но вместе с тем, среди весов отдельных показателей выделяется численность населения и рабочей силы, а также военные расходы и количество личного состава вооруженных сил.

В отличие от предыдущего исследования[98], в котором мы подробно рассмотрели распределение стран в зависимости от значений всех групповых индексов, здесь мы ограничимся только интегральными показателями национальной силы.

[98] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И. Моделирование и оценка национальной силы России // Экономические стратегии. 2020. № 2 (168). С. 6–19. DOI: 10.33917/es-2.168.2020.6-19.

Таблица 2.9

Используемые в методике показатели, групповые компоненты, а также их весовые коэффициенты

Показатели и групповые компоненты	**Веса**
1. Географические характеристики	**0,165**
1.1. Площадь территории (км^2)	0,358
1.2. Сельскохозяйственные угодья (км^2)	0,311
1.3. Лесные земли (км^2)	0,331
2. Природные ресурсы	**0,150**
2.1. Запасы золота (в тоннах)	0,239
2.2. Доказанные запасы природного газа (трлн футов^3)	0,293
2.3. Доказанные запасы нефти (млрд баррелей)	0,192
2.4. Общий объем возобновляемых внутренних пресноводных ресурсов (млрд м^3)	0,276
3. Население и труд	**0,168**
3.1. Численность населения (человек)	0,417
3.2. Численность рабочей силы (человек)	0,420
3.3. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (лет)	0,087
3.4. Коэффициент неонатальной смертности (на 1000 живорождений)	0,076
4. Экономические показатели	**0,194**
4.1. Валовой внутренний продукт, рассчитанный по паритету покупательной способности (в текущих ценах, в долларах)	0,210
4.2. Производство стали (в тоннах)	0,182
4.3. Производство зерна (в тоннах)	0,160
4.4. Валовая добавленная стоимость в промышленном производстве (в текущих ценах, в долларах)	0,200
4.5. Валовое накопление основного капитала (в текущих ценах, в долларах)	0,198
4.6. Государственный долг центрального правительства (в процентах к ВВП)	0,050

Окончание табл. 2.9

Показатели и групповые компоненты	**Веса**
5. Вооруженные силы	**0,184**
5.1. Военные расходы (в текущих ценах, в долларах)	0,500
5.2. Численность личного состава вооруженных сил (человек)	0,500
6. Наука и инновации	**0,139**
6.1. Численность исследователей, выполнявших исследования и разработки (человек)	0,282
6.2. Численность техников, выполнявших исследования и разработки (человек)	0,238
6.3. Внутренние затраты на исследования и разработки (в процентах к ВВП)	0,283
6.4. Экспорт высокотехнологичных товаров (в текущих ценах, в долларах)	0,198

Сумма весов всех групповых индексов равна 1, также как и сумма весов внутригрупповых показателей; источник: расчеты авторов с применением методов многомерного статистического анализа

С использованием программно-аналитического комплекса МЕБИУС[99] мы спрогнозировали численность населения и рабочей силы по 193 странам, часть экономических показателей были взяты из прогнозов Всемирного банка, и с помощью перечисленных выше весовых коэффициентов были рассчитаны индексы национальной силы для 2025 г (рис. 2.8). Программно-аналитический комплекс для оценки, мониторинга и прогноза интегрального показателя национальной силы в существующем виде используется научным, экспертным, медийным сообществами, органами государственной власти в части оценки потенциала,

[99] Бахтизин А. Р., Ильин Н. И., Макаров В. Л., Сушко Е. Д., Хабриев Б. Р. (2020): Программно-аналитический комплекс «МЕБИУС» – инструмент планирования, мониторинга и прогнозирования социально-экономической системы России // Искусственные общества. 2020. Т. 15. Выпуск 4 [Электронный ресурс]. Доступ для зарегистрированных пользователей. DOI: 10.18254/S207751800012303-2.



Рис. 2.8. Интегральные показатели национальной силы для 15 стран-лидеров в 2025 г.; сумма показателей для всех государств составляет 100

конкурентных преимуществ и проблем развития России и других стран, в том числе, в сфере демографических процессов. Дальнейшее развитие указанного программно-аналитического комплекса имеет своей конечной целью формирование решений органов государственной власти, направленных на укрепление конкурентных позиций России в сообществе стран-членов ООН.

В сентябре 2024 г. показатель национальной силы был представлен широкой общественности во время Восточного экономического форума (г. Владивосток).

Как видно, на данный момент в мире два лидера – Китай и США. Разрыв между ними относительно небольшой, а перемена позиций зависит от текущей экономической ситуации. Что касается России, то она находится на 3 месте среди 193 стран – членов ООН.

Современный мир, очевидно, стал биполярным – с одной стороны США и часть европейских стран, с другой – Китай и ряд государств Азии, и кроме того, **Индия, Россия и Германия явля-**

ются потенциальными точками формирования новых полюсов силы. Принципиальный вопрос заключается в эффективном использовании своего потенциала с целью укрепления государственного суверенитета и уровня национальной безопасности.

По нашим оценкам, в среднесрочном периоде в мире усилятся наметившиеся ранее тенденции – эскалация многополярности и усиление Китая, сопровождающиеся ростом протекционизма, разрывом глобальных цепочек создания стоимости и их регионализацией. Торговля была и останется одним из важнейших факторов экономического роста – ее мировой объем в процентах от мирового ВВП с 1960-х гг. увеличился с 25 % до более 60 %; взаимозависимость стран – участниц международного товарообмена постоянно возрастает, а государства, лидирующие по объему экспорта и импорта (США, Китай, Германия, Великобритания, Франция, Южная Корея и др.), оказывают сильное влияние на развитие всей мировой экономики. Исходя из сделанного предположения о дальнейшей деглобализации, будет происходить перераспределение товарных потоков между ключевыми торговыми партнерами и постепенный частичный перенос производственных мощностей из ЕС в США, а также, с целью минимизации издержек, в развивающиеся страны – Таиланд, Вьетнам, Индонезию, Индию, Малайзию, Мексику и др. Этот процесс начался еще до коронавирусной пандемии, которая лишь обозначила правильность реализуемой стратегии США с позиции обеспечения национальной безопасности страны. Перенос части производств в США из ЕС, с одной стороны, повлечет за собой создание дополнительных рабочих мест, но с другой – вызовет рост себестоимости выпускаемой продукции, который будет дополнительно усиливаться из-за инфляции. В свою очередь Китай, в соответствии с декларируемыми задачами, продолжит политику стимулирования внутреннего спроса. Россия будет стремиться увеличить долю на рынках стран АТР, в том числе за счет постепенного прекращения поставок в страны ЕС. С учетом санкций расширять свою долю на азиатском рынке Россия будет за счет предоставления дружественным странам скидок к цене на сырьевые товары.

Таким образом, текущая геополитическая конфигурация и сложившаяся система хозяйственных связей, а также разрыв глобальных цепочек и регионализация в среднесрочном периоде по-прежнему будут способствовать усилению Китая и ослаблению США. Отметим, что в расчетах не учитывалась возможность постепенного отказа от доллара при изменении вектора торговых отношений, что также может дополнительно ослабить США.

Если национальная сила государства определяет его потенциальные возможности, то индикатор национальной безопасности, который рассчитывается на основе нормированных величин, свидетельствуют о текущем уровне развития социо-эколого-экономической системы страны и эффективности использования потенциала. В 2019–2025 гг. наша группа неоднократно осуществляла соответствующие расчеты по всем странам – членам ООН, для чего использовались показатели, сгруппированные по 6 тематическим блокам: (1) ресурсы; (2) экономика и производство; (3) уровень жизни населения; (4) финансовые показатели; (5) вооруженные силы; (6) наука и инновации[100, 101].

Примечательно, что состав государств-лидеров по уровню национальной безопасности значительно отличается от рейтинга стран по уровню национальной силы, что свидетельствует о **недостаточно эффективном использовании своего потенциала частью наиболее сильных стран**. Это будет более подробно рассмотрено в следующем разделе.

Оценка пороговых значений для всех рассматриваемых в исследовании факторов национальной безопасности среди группы 15 стран-лидеров позволила выявить наиболее уязвимые места нашей страны, создающие угрозу национальной безопасности:

---

[100] Макаров В.Л., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И., Сушко Е. Д. Национальная безопасность России // Экономические стратегии. 2020. № 5 (171). С. 6–23. DOI: 10.33917/es-5.171.2020.6-23.

[101] Bakhtizin A., Khabriev B., Makarov V., Sushko E., Wu J., Wu Z. (2021). National security of countries all over the world. Artificial societies. 16(3). DOI: 10.18254/S207751800016011-1.

1. Практические все показатели, связанные с ожидаемой продолжительностью жизни, смертностью населения (как от серьезных патологий, так и от ДТП и умышленных убийств) и экологической обстановкой.

2. Угрозу национальной безопасности создает недостаток денежного предложения. Несмотря на усилия ЦБ по таргетированию инфляции, индекс потребительских цен среди стран нашей группы у России максимальный. И это с учетом, по сути, искусственного сжатия денежной массы.

3. По основному показателю, характеризующему развитие экономики стран мира – ВВП на душу населения, рассчитанному по ППС, среди наших конкурентов по кластеру мы находимся на предпоследнем месте. Последняя позиция у Китая, но это связано с несопоставимо большей численностью населения этой страны, а учитывая темпы их экономического развития, это отставание временное.

4. Соотношение денежных доходов 10 % наиболее и 10 % наименее обеспеченного населения, по которому мы также находимся на предпоследнем месте.

5. Основа новой экономики XXI века – сектор знаний у нас перманентно деградирует, и по интегральному групповому показателю «наука и инновации» мы находимся на 27 месте с перспективой дальнейшего снижения.

Получается, что безопасность нашей страны и ее пока еще высокое место в мировых рейтингах обеспечивается ресурсной составляющей, производством стали и зерна, а также показателями, связанными с вооруженными силами. Но такое однобокое развитие может привести к деградации страны и окончательному выбыванию из числа заметных мировых игроков.

Обозначенные факторы, создающие угрозу национальной безопасности нашей страны, в свою очередь определяют приоритетные направления для дальнейшего развития. Одновременно с этим, новая реальность обуславливает давно назревшую необходимость проведения ряда преобразований, которые открывают возможность для форсированного экономического роста. Последствия их реализации мы в ЦЭМИ РАН давно рассчитывали, перечислим только некоторых из них.

1. Борьба с коррупцией. Эксперименты с соответствующей математической моделью с теневым сектором, направленные на оценку последствий ряда незаконных финансовых операций (уклонение от уплаты налогов, вывод финансовых активов за рубеж), показали, что нереализованный из-за коррупции потенциал прироста ВВП ежегодно составляет около 5–6 %.

2. Уменьшение ключевой ставки приводит к увеличению ВВП – при снижении ставки до 3–4 % и создании условий для долгосрочного кредитования реального сектора экономики, ВВП страны может ежегодно расти на дополнительные 4–5 %.

3. Форсированное развитие секторов, основанных на знаниях, с одной стороны, ускоряет технологическое развитие нашей страны, а с другой – усиливает мультипликативный эффект, оказываемый на прочие отрасли экономики, ускоряя экономический рост. Финансовые вложения в отрасли новой экономики с позиции прироста ВВП представляются более эффективными, нежели финансирование прочих отраслей экономики. Так, двукратное их увеличение дает 4 % дополнительного прироста ВВП за пять лет, по сравнению с инерционным вариантом развития.

4. Дополнительно следует упомянуть про необходимость отмены налогового маневра, диверсификацию экономики и импортозамещение, снижение дифференциации регионов по уровню их развития, повышение социальной защищенности населения, стимулирование внутреннего спроса и др.

Все эти приоритеты были количественно оценены с использованием модельного комплекса, и эксперименты, в частности, показали, что для укрепления государственного суверенитета необходимо создание эффективных механизмов монетизации экономики. Проведенные расчеты также свидетельствуют о том, что практически любое денежное вливание в реальный сектор приводит к приросту ВВП в силу значительной демонетизации экономики России в настоящее время[102].

---

[102]Основные направления социально-экономического развития России: обоснование и оценка последствий (по итогам модельных исследований ЦЭМИ РАН). – М. : ЦЭМИ РАН, 2023. – 116 с. ISBN 978-5-8211-0818-0.

Но, наверное, самое важное, это – сбережение населения страны посредством увеличения рождаемости, снижения смертности, увеличения продолжительности жизни и других механизмов преломления наблюдаемого сейчас тренда депопуляции. Это не просто давно назревшая необходимость, а единственно возможный путь дальнейшего развития России.

2.3.2. Индекс национальной безопасности[103]

Данная работа является продолжением исследований по оценке уровня национальной безопасности стран мира, зависящегося от множества факторов, относящихся к различным сферам – ресурсное обеспечение, экономика и производство, финансы, армия, наука и инновации. Помимо этих составляющих мы включили в интегральную оценку индекс кибербезопасности, представленный Всемирным банком и выявили зависимость между традиционными сферами деятельности людей и рисками киберугроз. Также мы оценили пороговые значения для используемых в расчетах факторов, а в заключении дали прогноз уровня национальной безопасности для стран-мировых лидеров в зависимости от трех сценариев динамики глобальной мирохозяйственной системы.

Обеспечение национальной безопасности страны – одна из важнейших составляющих внутренней и внешней политики государства, осуществляемой в интересах ее граждан и предполагающей их защиту от различного рода угроз.

Интересна эволюция этого понятия. После второй мировой войны национальная безопасность рассматривалась в контексте защиты от военного нападения. Так, подписанный в июле 1947 г. Президентом США Гарри С. Трумэном «Закон о национальной безопасности»[104] предусматривал серьезную реорганизацию

---

[103]Данное исследование осуществлено совместно с Институтом демографической политики им. Д. И. Менделеева, ФСО РФ, д. т. н. Н. И. Ильиным, Ходой Аль-Хзайми (NYU Abu Dhabi, Центр кибербезопасности и EMARATSEC) и описано к. э. н. Б. Р. Хабриевым.

[104]National Security Act of 1947 / Public Law 253, 80th Congress; Chapter 343, 1st Session; S. 758, July 26, 1947. Электронный ресурс: https://www.cia.gov/readingroom/docs/CIA-RDP80R01731R002600240001-1.pdf.

структуры вооруженных сил страны с целью выстраивания четкой линии командования всех военных подразделений, устранения дублирующих функций, но самое главное – координации деятельности военного ведомства со службой разведки (в этом же году было основано Центральное разведывательное управление).

С годами трактовка «национальной безопасности» сильно расширилась и теперь подразумевает не только военную, но и экономическую, энергетическую, экологическую, продовольственную и другие виды безопасности. Кроме того, учитывая бурное развитие информационных технологий и их возрастающее влияние на все виды человеческой деятельности, на одну из первых позиций выходит кибербезопасность. В последней стратегии национальной безопасности США, принятой в 2022 г., обозначены общие для всех стран проблемы, решение которых подразумевает объединение усилий большинства государств. Среди них – обеспечение энергетической и продовольственной безопасности, борьба с терроризмом и улучшение условий международной торговли, а также обеспечение безопасности киберпространства[105].

Тем не менее, несмотря на множество аналогичных документов, разработанных по разным странам, до сих не существует однозначного определения национальной безопасности. По сути, каждая страна трактует это понятие в зависимости от своих политических амбиций и имеющегося экономического, социального и военного потенциала.

Эксперты международной организации ООН определяют ее через призму безопасности людей и набор показателей, распределенных по нескольким группам: 1) экономика, 2) продовольствие, 3) здоровье, 4) экология, 5) безопасность, 6) социальная среда и 7) политический режим в стране[106].

Отдел исследований национальной безопасности RAND corporation на постоянной основе проводит соответствующую оценку по странам мира, используя широкий перечень

[105] https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Security-Strategy-10.2022.pdf.

[106] Human Security in Theory and Practice / Human Security Unit, United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, 2009. Электронный ресурс: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=11983.

индикаторов, относящихся к нескольким блокам: 1) ресурсы, 2) территория, 3) вооруженные силы, 4) человеческий капитал, 5) технологический уровень развития, 5) торговля, 6) финансы, 7) транспорт, 8) производство, 9) экология и ряд других[107].

Провести полноценный обзор работ по теме национальной безопасности затруднительно, поскольку соответствующих исследований очень много и для экономии места сошлемся на работу-агрегатор, содержащий результаты анализа почти 6000 тематических статей из 800 журналов за почти 20-летний период. Важный момент этого исследования – частотный анализ ключевых слов, характеризующих следующие составляющие национальной безопасности: военная, экономическая, продовольственная, экологическая и др. Наиболее часто используемые слова такие: продовольственная безопасность, голод, занятость, здоровье, изменение климата, доходы, политика, потребление и т. д.[108]

По результатам рассмотрения большого числа методик оценивания национальной безопасности можно сформулировать краткие выводы:

1. В ряде случаев наряду с количественными оценками используются качественные, поэтому их трудно свести воедино и, соответственно, получить верифицируемый интегральный индекс.

2. Как правило, национальная безопасность конкретной страны рассматривается в отрыве от остального мира за исключением нескольких стран-мировых лидеров. Но в современных реалиях многие страны тесно взаимоувязаны посредством торговых, финансовых, политических и прочих видов отношений. В этой связи представляется целесообразным оценивание национальной силы для всех государств одновременно. Такого же мнения придерживаются эксперты RAND Corp.

3. Если говорить про взвешивание факторов, определяющих национальную безопасность в анализируемых методиках,

---

[107] https://www.rand.org/natsec_area.html.

[108] Muhammad Azfar Anwar, Zhou Rongting, Wang Dong & Fahad Asmi | Richard Meissner (Reviewing editor) (2018) Mapping the knowledge of national security in 21st century a bibliometric study, Cogent Social Sciences, 4:1, DOI: 10.1080/23311886.2018.1542944.

то в большинстве случаев оно осуществлялось путем усреднения экспертных оценок, а это вносит некоторый субъективизм в конечную оценку.

В связи с вышесказанным обозначим основные ***принципы***, которые мы будем закладывать при расчете интегральных индексов национальной безопасности для всех стран – членов ООН:

Во-первых, мы считаем целесообразным расчет именно интегральных индексов, поскольку это позволит сравнивать страны не по отдельным показателям, а одновременно по всему набору факторов, определяющих национальную безопасность.

Во-вторых, при определении набора факторов мы предполагаем ориентироваться на наиболее релевантные, чаще всего применяемые в соответствующих исследованиях. Таким образом, для обеспечения наиболее полной оценки мы будем ориентироваться на опыт лучших мировых практик.

В-третьих, интегральные индексы национальной безопасности мы будем рассчитывать для всех стран-членов ООН. Такой большой массив позволит корректно применить методы многомерного статистического анализа для оценивания весов отдельных факторов, а также провести кластеризацию стран и определить пороговые значения внутри кластера, превышение которых повлечет угрозу национальной безопасности.

В-четвертых, как следует из предыдущего пункта, отличительная особенность методологии будет заключаться в использовании факторного анализа для снижения размерности набора показателей и сведения их в единый индекс. Таким образом, мы в некоторой степени отойдем от субъективизма при определении весов отдельных компонент.

В-пятых, используя модельный комплекс[109, 110], разработанный совместно с IT компанией Guangzhou Milestone Software Co., Ltd,

---

[109] Makarov V.L., Wu J., Wu Z., Bakhtizin A. R., Khabriev B. R. Modern Tools for Evaluating the Effects of Global Trade Wars. Her. Russ. Acad. Sci. 89, 432–440 (2019). https://doi.org/10.1134/S1019331619040063.

[110] Makarov V.L., Wu J., Wu Z., Bakhtizin A. R., Khabriev B. R. World Trade Wars: Scenario Calculations of Consequences. Her. Russ. Acad. Sci. 90, 88–97 (2020). https://doi.org/10.1134/S1019331620010207.

Национальным суперкомпьютерным центров КНР, мы спрогнозируем значения отдельных показателей, что позволит нам рассчитать индексы национальной безопасности для ключевых стран мира на среднесрочный период.

Показатели, используемые для оценки уровня национальной безопасности

С учетом сказанного выше, мы отобрали набор показателей (всего 27), охватывающий основные составляющие национальной безопасности, и сгруппировали их по шести тематическим блокам. Также следует отметить, что изначально количество факторов было больше, но от некоторых из них пришлось отказаться, поскольку они негативно влияли на статистические характеристики – процент объясненной совокупной дисперсии, приходящийся на главную компоненту. Ниже приведен список с кратким описанием и источники информации.

1. Ресурсы

1. Запасы золота (тонн на млн человек);
2. Доказанные запасы природного газа (млн футов^3 на человека);
3. Доказанные запасы нефти (тыс. баррелей на человека).

Эти показатели характеризуют запасы наиболее ценных ресурсов, определяют уровень богатства конкретной страны и обеспечивают стабильность ее развития. Нефть и газ находятся на вершине списка самых торгуемых товаров в мире и являются ключевыми ресурсами для развития любой экономической системы. Доля золота в международных резервах ключевых стран в силу возрастающей турбулентности в глобальной макросистеме будет продолжать расти.

2. Экономика и производство

1. Валовой внутренний продукт на душу населения, рассчитанный по паритету покупательной способности (в ценах 2011 г., в долларах);
2. Валовая добавленная стоимость в промышленном производстве (в % от ВВП);
3. Производство стали (тонн на человека);

4. Производство зерна (тонн на человека);

5. Экономически активное население (доля от общей численности, в %).

Эти показатели определяют уровень экономического развития и потенциал промышленного производства, которое в процессе перехода от глобализации к локализации приобретает все большее значение. Зерно – важнейшая в хозяйственной деятельности человека группа возделываемых культур, составляющих основной продукт питания человека, а сталь – важнейший конструкционный материал для машиностроения, строительства, транспорта и ряда других отраслей промышленности. В свою очередь трудоспособное население является одним из ключевых факторов экономического роста.

3. Уровень жизни населения

1. Уровень безработицы (отношение численности безработных к численности экономически активного населения, в %);

2. Соотношение денежных доходов 10 % наиболее и 10 % наименее обеспеченного населения, в разах;

3. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (лет);

4. Коэффициент младенческой смертности (число случаев на 1000 родившихся живыми);

5. Коэффициент смертности взрослого населения мужского пола (вероятность смерти в возрасте 15–60 лет на 1000 взрослых мужчин);

6. Коэффициент смертности взрослого населения женского пола (вероятность смерти в возрасте 15–60 лет на 1000 взрослых женщин);

7. Смертность от сердечно сосудистых заболеваний, рака и диабета (процент 30-летних людей, которые умрут до своего 70-летия от перечисленных болезней);

8. Смертность в результате ДТП (количество случаев на 100 тыс. населения);

9. Число умышленных убийств на 100 000 населения;

10. Выбросы CO_2 (кг. на ВВП, рассчитанный по паритету покупательной способности в ценах 2011 г., в долларах).

Эти показатели определяют уровень безработицы, социальную дифференциацию, здоровье населения, уровень смертности, пре-

ступности и загрязненности среды проживания. Люди – главный ресурс любой страны, поэтому первостепенное значение в развитии государства имеет обеспечение качества жизни, необходимое для комфортного проживания граждан. Один из важнейших показателей – продолжительность жизни, характеризующий эффективность системы здравоохранения и усилий правительства в сфере народосбережения. По сути, эта группа показателей характеризует динамику человеческих ресурсов страны, которые определяют ее потенциальное развитие и стабильность.

4. Финансовые показатели

1. Кредитование частного сектора за счет внутренних источников (доля от ВВП, в %);

2. Рыночная капитализация отечественных компаний (доля от ВВП, в %);

3. Денежная масса (отношение к ВВП, в %);

4. Индекс потребительских цен (прирост к предыдущему году, в %).

Эти показатели определяют стабильность финансовой системы страны, поскольку характеризуют уровень закредитованности, степень монетизации, показатель инфляции и капитализации компаний. Таким образом эта группа обеспечивает «смазку» основных частей общего механизма функционирования экономической системы государств.

5. Вооруженные силы

1. Военные расходы, нормированные к максимальному среди стран значению.

2. Численность личного состава вооруженных сил, нормированная к максимальному среди стран значению.

Эти показатели определяют возможности страны по обеспечению обороны от внешних военных угроз. Военные расходы включают в себя текущие и капитальные расходы на вооруженные силы, в том числе учитывающие затраты на инициативы по поддержанию мира, а также расходы на министерство обороны и ведомства, занимающиеся оборонными проектами, военизированные формирования и военно-космическую деятельность.

Численность состава вооруженных сил включает в себя военнослужащих, находящихся на действительной службе, включая членов военизированных формирований.

6. Наука и инновации

1. Численность исследователей, выполнявших исследования и разработки (на миллион человек);

2. Численность техников, выполнявших исследования и разработки (на миллион человек);

3. Внутренние затраты на исследования и разработки (доля в ВВП, в %).

Эта группа показателей определяет научной потенциал страны и включает в себя исследователей в сфере НИОКР, создающих новые знания, а также вспомогательный персонал, чьи основные задачи требуют технических знаний и опыта в инженерных, физических, биологических и гуманитарных науках. Кроме того, сюда входит показатель затрат на исследования и разработки – текущие и капитальные расходы, как государственные, так и частные.

Оговоримся сразу, что приведенные показатели не являются всеобъемлющими, но они, с одной стороны, наиболее часто упоминаются в публикациях на тему национальной безопасности, а с другой – снижение первоначальной совокупности факторов обусловлено применением факторного анализа и необходимостью получения обобщающего индекса с высоким значением объясненной совокупной дисперсии, приходящимся на главную компоненту.

И последний, отдельный блок – это интегральные показатели кибербезопасности, которые трудно рассчитать через статистические данные, но при этом они очень важны, поскольку трансформация физического мира в цифровой несет в себе множественные риски.

Сфера кибербезопасности в последнее время приобретает важнейшее значение, поскольку помимо возрастающего экономического ущерба от преступлений, она все больше затрагивает все области деятельности людей.

В исследовании мы сопоставим полученные индексы и выявим, насколько они коррелируют между собой, а затем включим

один индекс в другой для получения общей оценки уровня национальной безопасности.

Для построения интегральных индексов были использованы данные из источников, приведенных в таблице 2.10.

Расчеты

Отметим, что сбор информации по странам мира происходит в асинхронном режиме, поэтому актуальные статистические данные по упомянутым выше факторам на текущий момент доступны за 2023–2024 гг., в связи с чем для прогнозного периода (2030 г.) мы будем использовать данные, полученные с использованием модельного комплекса, о котором говорилось выше.

Таблица 2.10

Источники данных, использованных для расчета индексов национальной безопасности стран мира

Источники данных	**Адрес ресурса**
World Bank Open Data	https://data.worldbank.org
Global Energy Statistical Yearbooks	https://yearbook.enerdata.net
Publications of the World Steel Association	https://www.worldsteel.org
The Military Balance Annual Reports	https://www.iiss.org/publications/the-military-balance
World Gold Council Database	https://www.gold.org
The U. S. Energy Information Administration	https://www.eia.gov
International Monetary Fund	https://www.imf.org
The Organization for Economic Co-operation and Development	http://www.oecd.org
European Statistical Office	http://ec.europa.eu/eurostat
United Nations Department of Economic and Social Affairs	https://population.un.org/wpp
United States Census Bureau	http://census.gov
Food and Agriculture Organization	https://www.fao.org

Ниже приведен алгоритм обработки исходного массива статистической информации для всех 193 стран – членов ООН.

1) стандартизация факторов;

2) расчет групповых индексов посредством свертки соответствующих факторов;

3) расчет интегральных индексов национальной безопасности посредством свертки групповых индексов.

Для расчета индексов (групповых и интегральных) будет применен один из методов многомерного статистического анализа – факторный анализ с использованием метода главных компонент.

Как уже отмечалось, факторы – отдельные компоненты национальной безопасности, представляют собой нормированные величины (либо подушевые, либо нормированные к другим показателям), поэтому если у какой-либо страны валовые показатели заметно превосходят среднемировой уровень, то на душу населения они могут быть значительно ниже, чем у других государств.

Интегральные индексы первой группы приведены в таблице 2.11 и соответствующие значения являются безразмерными величинами, рассчитанными посредством факторного анализа и нормированными к среднемировому уровню. Таким образом, значение индекса для Катара означает линейную комбинацию трех видов ресурсов и превышение среднедушевого значения относительно среднего по миру уровня в 51,8 раз. Для экономии места мы будем приводить результаты только для 20 стран-лидеров.

Страны, занимающие первые строчки в таблице 2.11, своему высокому положению во многом обязаны наличию больших доказанных запасов природного газа. Так, Катар третий по запасам, Кувейт – 20-й, ОАЭ – 7-е, Венесуэла – 9-я, Туркмения за счет гигантского месторождения Галкыныш – 5-я, но если нормировать эти залежи на относительно небольшую численность населения и учесть запасы нефти и золота, то эти страны становятся лидерами. А вот Россия, будучи абсолютным мировым лидером по запасам газа и одним из богатейших государств мира с учетом редкоземельных элементов, алмазов, золота и нефти, по среднедушевым показателям таковым уже не является, хотя среди 193 государств занимает достаточно высокую позицию.

Таблица 2.11

Интегральные индексы первой группы показателей («Ресурсы») для 20 стран-лидеров

	Страны	Значение индекса
1	Катар	51,80
2	Кувейт	22,96
3	ОАЭ	12,16
4	Венесуэла	10,19
5	Туркмения	8,55
6	Ливия	7,90
7	Саудовская Аравия	7,64
8	Швейцария	6,10
9	Бруней	4,87
10	Канада	3,86
11	Иран	3,84
12	Ирак	3,21
13	Россия	2,92
14	Казахстан	2,89
15	Ливан	2,78
16	Норвегия	2,61
17	Италия	2,18
18	Германия	2,07
19	Португалия	1,89
20	Франция	1,85

Теперь посмотрим, как выглядят весовые коэффициенты первой группы показателей (таблица 2.12). Наибольшим влиянием обладают показатели «Доказанные запасы нефти», и «Доказанные запасы природного газа» – их веса практически одинаковы и выше, чем у «Запасы золота». Таким образом, лидерство в группе «Ресурсы» в большей степени определяется топливно-энергетическими ресурсами.

Таблица 2.12

Весовые коэффициенты первой группы показателей

Запасы золота (тонн на млн человек)	0,211
Доказанные запасы природного газа (млн футов^3 на человека)	0,392
Доказанные запасы нефти (тыс. баррелей на человека)	0,397

Таблица 2.13

Интегральные индексы второй группы показателей («Экономика и производство») для 20 стран-лидеров

	Страны	Значение индекса
1	Япония	2,984
2	Республика Корея	2,863
3	Люксембург	2,775
4	Китай	2,744
5	Канада	2,553
6	Германия	2,528
7	США	2,467
8	Россия	2,413
9	Швеция	2,397
10	Чехия	2,326
11	Катар	2,291
12	Австралия	2,207
13	Нидерланды	2,146
14	Финляндия	2,078
15	ОАЭ	2,075
16	Сингапур	2,073
17	Турция	2,053
18	Кувейт	2,039
19	Бельгия	2,018
20	Румыния	1,971

Далее рассмотрим интегральные индексы для второй группы показателей (таблица 2.13). Первое место Японии объясняется лидерством в производстве стали на душу населения и высоким значением показателя «Валовой внутренний продукт на душу населения». Отметим, что объем производства стали в Китае в 2023 г., составил 1,02 млрд тонн, что в 11,7 раз больше, чем в Японии, но среднедушевые показатели практически одинаковые. Те же причины высокого места и у Республики Корея, а третья позиция Люксембурга обеспечивается во многом лидерством по показателю «Валовой внутренний продукт на душу населения». Также обратим внимание на заметное присутствие в этом списке, равно как и для первой группы показателей, стран арабского мира.

Что касается весовых коэффициентов, то наиболее существенные значения у фактора «Валовой внутренний продукт на душу населения», и с небольшим отрывом идут «Производство стали» и «Экономически активное население» (таблица 2.14). Таким образом, экономический и производственный блок почти на треть определяется довольно волатильным показателем, который сильно зависит от ценовой конъюнктуры.

Интегральные индексы для третьей группы показателей, рассматривающих различные аспекты уровня жизни населения, приведены в таблице 2.15. Обращает на себя внимание то, что к лидирующим в этой сфере странам относятся преимущественно

Таблица 2.14

Весовые коэффициенты второй группы показателей

Валовой внутренний продукт на душу населения, рассчитанный по паритету покупательной способности (в ценах базового периода, в долларах)	0,297
Валовая добавленная стоимость в промышленном производстве (в % от ВВП)	0,105
Производство стали (тонн на человека)	0,245
Производство зерна (тонн на человека)	0,116
Экономически активное население (доля от общей численности, в %)	0,237

европейские государства, характеризующиеся высокой продолжительностью жизни, низким уровнем смертности, убийств, безработицы, разрыва в доходах между социальными стратами и незначительными вредными выбросами.

Среди коэффициентов наибольшим весом обладает фактор «Ожидаемая продолжительность жизни при рождении», а также коэффициенты смертности. Наименьший вклад вносит показатель «Выбросы CO_2» (таблица 2.16).

Таблица 2.15

Интегральные индексы третьей группы показателей («Уровень жизни населения») для 20 стран-лидеров

	Страны	Значение индекса
1	Норвегия	1,243
2	Исландия	1,242
3	Швейцария	1,240
4	Швеция	1,240
5	Ирландия	1,238
6	Мальта	1,236
7	Люксембург	1,236
8	Республика Корея	1,232
9	Нидерланды	1,232
10	Кипр	1,231
11	Дания	1,230
12	Австралия	1,229
13	Италия	1,228
14	Финляндия	1,228
15	Израиль	1,226
16	Австрия	1,226
17	Бельгия	1,226
18	Испания	1,224
19	Германия	1,223
20	Великобритания	1,222

Согласно значениям индексов четвертой группы показателей, связанных с финансовой сферой, лидерами являются Швейцария, Япония, США, Китай и Республика Корея, в основном из-за высокого уровня монетизации их экономических систем, а также за счет кредитования частного сектора (таблица 2.17). Эти составляющие являются необходимой «смазкой» для эффективной работы всех частей экономики и ее сбалансированного развития.

В таблице 2.18 приведены весовые коэффициенты четвертой группы факторов, среди которых наибольшее значение имеют «Кредитование частного сектора» и «Денежная масса».

Таблица 2.16

Весовые коэффициенты третьей группы показателей

1. Уровень безработицы (отношение численности безработных к численности экономически активного населения, в%)	0,059
2. Соотношение денежных доходов 10 % наиболее и 10 % наименее обеспеченного населения, в разах	0,092
3. Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (лет)	0,133
4. Коэффициент младенческой смертности (число случаев на 1000 родившихся живыми)	0,115
5. Коэффициент смертности взрослого населения мужского пола (вероятность смерти в возрасте 15–60 лет на 1000 взрослых мужчин)	0,131
6. Коэффициент смертности взрослого населения женского пола (вероятность смерти в возрасте 15–60 лет на 1000 взрослых женщин)	0,132
7. Смертность от сердечно сосудистых заболеваний, рака и диабета (процент 30-летних людей, которые умрут до своего 70-летия от перечисленных болезней)	0,103
8. Смертность в результате ДТП (количество случаев на 100 тыс. населения)	0,103
9. Число умышленных убийств на 100 000 населения	0,091
10. Выбросы CO_2 (кг. на ВВП, рассчитанный по паритету покупательной способности в ценах 2011 г., в долларах)	0,041

Таблица 2.17

Интегральные индексы четвертой группы показателей («Финансовые показатели») для 20 стран-лидеров

	Страны	Значение индекса
1	Швейцария	4,127
2	Япония	4,022
3	США	3,636
4	Китай	3,623
5	Республика Корея	3,434
6	Сингапур	3,077
7	Австралия	2,700
8	Саудовская Аравия	2,616
9	Малайзия	2,576
10	Новая Зеландия	2,432
11	Катар	2,167
12	Норвегия	2,158
13	Великобритания	2,098
14	Дания	2,073
15	ОАЭ	2,062
16	Швеция	1,876
17	Франция	1,836
18	Нидерланды	1,767
19	Бразилия	1,730
20	Израиль	1,650

Таблица 2.18

Весовые коэффициенты четвертой группы показателей

Кредитование частного сектора за счет внутренних источников (доля от ВВП, в %)	0,323
Рыночная капитализация отечественных компаний (доля от ВВП, в %)	0,189
Денежная масса (отношение к ВВП, в %)	0,310
Индекс потребительских цен (прирост к предыдущему году, в %)	0,178

Интегральные индексы группы «Вооруженные силы» приведены в таблице 2.19 и, как видно, с заметным отрывом здесь лидируют США. Данный блок рассматривается как линейная комбинация военных расходов и Armed forces personnel, но при этом такая важнейшая составляющая оборонной системы как ядерное оружие нами исключено из рассмотрения. Во-первых, учесть влияние этого фактора используемыми статистическими методами невозможно, а во-вторых, реальное применение этого вида боеприпаса делает бессмысленным дальнейшую оценку национальной безопасности для всех стран.

Таблица 2.19

Интегральные индексы пятой группы показателей («Вооруженные силы») для 20 стран-лидеров

	Страны	Значение индекса
1	США	39,339
2	Китай	13,097
3	Россия	7,478
4	Индия	7,045
5	Саудовская Аравия	3,365
6	Великобритания	3,071
7	Германия	2,501
8	Франция	2,406
9	Республика Корея	2,080
10	Япония	2,063
11	Украина	1,974
12	Италия	1,502
13	Австралия	1,449
14	Канада	1,207
15	Израиль	1,050
16	ОАЭ	1,021
17	Испания	0,911
18	Бразилия	0,907
19	Польша	0,743
20	Нидерланды	0,700

Таблица 2.20

Весовые коэффициенты пятой группы показателей

Военные расходы, нормированные к максимальному среди стран значению	0,255
Численность личного состава вооруженных сил, нормированная к максимальному среди стран значению	0,745

Таблица 2.21

Интегральные индексы шестой группы показателей («Наука и инновации») для 20 стран-лидеров

	Страны	Значение индекса
1	Республика Корея	7,873
2	Швейцария	7,314
3	Австрия	7,069
4	Исландия	6,398
5	Германия	6,082
6	Люксембург	5,537
7	Швеция	5,145
8	Чехия	5,120
9	Франция	5,102
10	Великобритания	5,093
11	Словения	5,065
12	Финляндия	4,753
13	Япония	4,746
14	Бельгия	4,639
15	США	4,573
16	Сингапур	4,146
17	Китай	4,073
18	Израиль	3,968
19	Португалия	3,920
20	Канада	3,872

Что касается весовых коэффициентов, то факторный анализ показал больший вес у показателя «Численность личного состава вооруженных сил» (таблица 2.20).

Интегральные индексы группы показателей «Наука и инновации» приведены в таблице 2.21. Как видно, в лидерах здесь Республика Корея, Швейцария, Австрия, Исландия, Германия и т. д., хотя если рассматривать эти показатели не в нормированном на душу населения виде, а по валу, то наверху списка будут Китай, США и др.

Также интересно, что весовые коэффициенты для всех трех факторов получились практически одинаковыми (таблица 2.22).

И, наконец, приведем интегральные значения индексов кибербезопасности. Оговоримся сразу, что его мы самостоятельно не рассчитывали, поскольку многие составляющие безопасности в сфере информационных технологий не могут быть однозначно верифицированы, так как носят субъективный характер. В этой связи мы решили воспользоваться готовыми расчетами индекса от Всемирного Банка для 193 стран, объединяющего несколько десятков показателей, полученных путем опросов специалистов в данной сфере. Соответствующие данные приведены в таблице 2.23, согласно которым мировым лидером являются США.

Получив все необходимые составляющие для оценки интегральных показателей национальной безопасности, мы провели

Таблица 2.22

Весовые коэффициенты шестой группы показателей

Численность исследователей, выполнявших исследования и разработки (на миллион человек);	0,343
Численность техников, выполнявших исследования и разработки (на миллион человек)	0,318
Внутренние затраты на исследования и разработки (доля в ВВП, в %)	0,339

соответствующие расчеты, также применив процедуру факторного анализа. Полученные результаты после свертки семи групповых индексов приведены в таблице 2.24.

Таблица 2.23

Интегральные индексы седьмой группы показателей («Глобальный индекс кибербезопасности») для 20 стран-лидеров[111]

	Страны	Значение индекса
1	США	12,00
2	Эстония	11,94
3	Великобритания	11,94
4	Саудовская Аравия	11,94
5	Испания	11,82
6	Корея	11,82
7	Сингапур	11,82
8	ОАЭ	11,77
9	Малайзия	11,77
10	Россия	11,77
11	Литва	11,75
12	Япония	11,74
13	Канада	11,72
14	Франция	11,71
15	Австралия	11,70
16	Индия	11,70
17	Турция	11,70
18	Германия	11,69
19	Люксембург	11,69
20	Португалия	11,68

[111] https://prosperitydata360.worldbank.org/en/indicator/WB+GTMI+I+43.

Таблица 2.24

Интегральные показатели национальной безопасности для 20 стран-лидеров

	Страны	**Значение индекса**
1	США	8,621
2	Китай	4,023
3	Республика Корея	3,457
4	Швейцария	3,137
5	Люксембург	3,041
6	Япония	2,784
7	Германия	2,741
8	Австрия	2,620
9	Великобритания	2,543
10	Франция	2,537
11	ОАЭ	2,449
12	Сингапур	2,264
13	Саудовская Аравия	2,256
14	Россия	2,233
15	Швеция	2,223
16	Канада	2,182
17	Кувейт	2,153
18	Дания	2,086
19	Исландия	2,085
20	Норвегия	2,082

Следует отметить, что в сфере национальной безопасности, по совокупности всех упомянутых выше факторов, лидируют две страны – США и Китай. Ряд других государств, являющихся серьезными геополитическими игроками – Индия, Россия, Иран, Турция, занимающие топовые позиции в рейтингах национальной силы и огневой мощи (к примеру, The world's most powerful

Таблица 2.25

Весовые коэффициенты для семи групп показателей

Группа 1 «Ресурсы»	0,051
Группа 2 «Экономика и производство»	0,178
Группа 3 «Уровень жизни населения»	0,166
Группа 4 «Финансовые показатели»	0,163
Группа 5 «Вооруженные силы»	0,083
Группа 6 «Наука и инновации»	0,180
Группа 7 «Глобальный индекс кибербезопасности»	0,179

countries from U. S. News & World Report[112] or World Power Index[113]), в вопросах обеспечения национальной безопасности, учитывающей финансовую, научную, социальную и прочие сферы, находятся на достаточно низких местах. Также обращает на себя внимание, что помимо традиционных стран-лидеров, на лидирующие позиции постепенно выходят государства арабского мира.

Теперь рассмотрим значения весовых коэффициентов для всех семи групп показателей. Как видно, в наибольшей степени национальную безопасность стран определяют три блока факторов – «Наука и инновации», «Глобальный индекс кибербезопасности» и «Экономика и производство». В свою очередь, в постиндустриальном мире «Ресурсы» не так важны, как новая составляющая национальной безопасности – кибербезопасность (таблица 2.25).

Пороговые значения факторов национальной безопасности

Проведенные расчеты позволили определить кластер стран – мировых лидеров в сфере национальной безопасности. И ориентируясь на минимальные и максимальные значения по каждому из рассмотренных нами факторов внутри этой группы государств, мы определим границы диапазона, выход за пределы которого

[112] https://www.usnews.com/news/best-countries/rankings/power.

[113] https://www.worldpowerindex.com.

будет создавать угрозу национальной безопасности в конкретной сфере. В таблице 2.26 приведены соответствующие пороговые значения, которые могут послужить ориентиром для корректировки соответствующих стратегий национальной безопасности.

Таблица 2.26

Пороговые значения используемых в исследовании показателей

Наименование показателя	Минимум и максимум среди 20 стран-лидеров
Группа 1 – «Ресурсы»	
Запасы золота (тонн на млн человек)	мин.: 0,0 макс.: 117,5 (Швейцария)
Доказанные запасы природного газа (млн футов^3 на человека)	мин.: 0,0 макс.: 22,6 (ОАЭ)
Доказанные запасы нефти (тыс. баррелей на человека)	мин.: 0,0 макс.: 10,3 (ОАЭ)
Группа 2 – «Экономика и производство»	
Валовой внутренний продукт на душу населения, рассчитанный по паритету покупательной способности (в ценах 2011 г., в долларах)	мин.: 22135,4 (Китай) макс.: 132414,2 (Люксембург)
Валовая добавленная стоимость в промышленном производстве (в % от ВВП)	мин.: 10,5 (Люксембург) макс.: 51,5 (ОАЭ)
Производство стали (тонн на человека)	мин.: 0,0 макс.: 2870,6 (Люксембург)
Производство зерна (тонн на человека)	мин.: 0,002 ОАЭ макс.: 1,622 Канада
Экономически активное население (доля от общей численности, в %)	мин.: 58,5 (Япония) макс.: 82,9 (ОАЭ)
Группа 3 – «Уровень жизни населения»	
Уровень безработицы (отношение численности безработных к численности экономически активного населения, в %)	мин.: 2,57 (Япония) макс.: 7,59 (Швеция)

Продолжение табл. 2.26

Соотношение денежных доходов 10 % наиболее и 10 % наименее обеспеченного населения, в разах	мин.: 7,6 (Швеция) макс.: 18,0 (США)
Ожидаемая продолжительность жизни при рождении (лет)	мин.: 72,5 (Россия) макс.: 84,0 (Япония)
Коэффициент младенческой смертности (число случаев на 1000 родившихся живыми)	мин.: 1,7 (Япония) макс.: 5,5 (Саудовская Аравия)
Коэффициент смертности взрослого населения мужского пола (вероятность смерти в возрасте 15–60 лет на 1000 взрослых мужчин)	мин.: 55,4 (Сингапур) макс.: 180,8 (США)
Коэффициент смертности взрослого населения женского пола (вероятность смерти в возрасте 15–60 лет на 1000 взрослых женщин)	мин.: 21,6 (Республика Корея) макс.: 120,3 (Россия)
Смертность от сердечно сосудистых заболеваний, рака и диабета (процент 30-летних людей, которые умрут до своего 70-летия от перечисленных болезней)	мин.: 7,3 (Республика Корея) макс.: 24,2 (Россия)
Смертность в результате ДТП (количество случаев на 100 тыс. населения)	мин.: 2,1 (Исландия) макс.: 35,9 (Саудовская Аравия)
Число умышленных убийств на 100000 населения	мин.: 0,1 (Сингапур) макс.: 6,8 (США)
Выбросы CO_2 (кг. на ВВП, рассчитанный по паритету покупательной способности в ценах 2011 г., в долларах)	мин.: 0,060 (Швейцария) макс.: 0,476 (Китай)
Группа 4 – «Финансовые показатели»	
Кредитование частного сектора за счет внутренних источников (доля от ВВП, в %)	мин.: 53,9 (Саудовская Аравия) макс.: 194,9 (США)
Рыночная капитализация отечественных компаний (доля от ВВП, в %)	мин.: 30,3 (Австрия) макс.: 330,8 (Саудовская Аравия)
Денежная масса (отношение к ВВП, в %)	мин.: 64,6 (Исландия) макс.: 274,6 (Япония)

Окончание табл. 2.26

Индекс потребительских цен (прирост к предыдущему году, в %)	мин.: 0,2 (Китай) макс.: 9,4 (Россия)
Группа 5 – «Вооруженные силы»	
Военные расходы, нормированные к максимальному среди стран значению	мин.: 0,564 (Люксембург) макс.: 876,9 (США)
Численность личного состава вооруженных сил, нормированная к максимальному среди стран значению	мин.: 1,000 (Люксембург) макс.: 2535 (Китай)
Группа 6 – «Наука и инновации»	
Численность исследователей, выполнявших исследования и разработки (на миллион человек)	мин.: 834,8 (Саудовская Аравия) макс.: 9081,9 (Израиль)
Численность техников, выполнявших исследования и разработки (на миллион человек)	мин.: 422,9 (Россия) макс.: 3166,0 (Люксембург)
Внутренние затраты на исследования и разработки (доля в ВВП, в %)	мин.: 0,463 (Саудовская Аравия) макс.: 5,56 (Израиль)

Отметим, что, учитывая происходящие в мире процессы – распад мировой торговой системы на макрорегионы, кристаллизация новых полюсов силы – Китай, арабский мир, российский макрорегион и т. д., все более актуальным встает вопрос обеспечения национальной безопасности своей страны и эффективное использование имеющегося потенциала.

Прогнозирование уровня национальной безопасности

Основная цель работы заключалась в оценке уровня национальной безопасности стран мира, а также в определении весов влияющих на нее факторов, но без прогноза этого индикатора исследование было бы неполным. В этом разделе мы приведем результаты расчетов интегрального индекса до 2030 г. также для ключевых стран мира, исходя из формирующихся контуров глобальной макроэкономической системы.

Первый сценарий предусматривает продолжающийся процесс формирования и кристаллизации макрорегионов вокруг двух

полюсов – США и КНР. Основанием для этого сценария являются многочисленные публикации МВФ[114, 115, 116, 117, 118, 119, 120], ОЭСР[121], ВТО[122] и других международных организаций.

Наиболее устоявшейся конфигурацией нового миропорядка в интерпретации аналитиков упомянутых организаций является деление стран по принципу близости голосования на ассамблее ООН по ключевым вопросам внешней политики на Западный и Восточный блоки. При такой конфигурации центром Западного мира считается США, а Восточного – КНР. В рамках этой траектории развития мировой экономической системы будет происходить регионализация торговых и производственных цепочек, постепенный перенос производств из КНР в развивающиеся страны (Вьетнам, Мексика, Бразилия и др.), переконфигурация финансовых потоков и изменение направлений прямых иностранных инвестиций во внутрь своего макрорегиона.

---

[114] Aiyar S., Ilyina A. et al. (2023). Geoeconomic Fragmentation and the Future of Multilateralism. Staff Discussion Note SDN/2023/001. International Monetary Fund, Washington, DC.

[115] Jorge Alvarez, Mehdi Benatiya Andaloussi, Chiara Maggi, Alexandre Sollaci, Martin Stuermer and Petia Topalova (2023): Geoeconomic Fragmentation and Commodity Markets // International Monetary Fund Working Paper, WP No. 2023/201, October 2023.

[116] International Monetary Fund. 2023. *Global Financial Stability Report: Safeguarding Financial Stability amid High Inflation and Geopolitical Risks*. Washington, DC, April.

[117] International Monetary Fund. 2023. *World Economic Outlook: A Rocky Recovery*. Washington, DC. April.

[118] International Monetary Fund. 2023. *World Economic Outlook: Navigating Global Divergences*. Washington, DC. October.

[119] Serhan Cevik (2023): *Long Live Globalization: Geopolitical Shocks and International Trade* // International Monetary Fund Working Paper, WP No. 2023/225, October 2023.

[120] Bolhuis A. Marijn, Jiaqian Chen and Benjamin Kett (2023): Fragmentation in Global Trade: Accounting for Commodities. IMF Working Paper, No. WP 23/73.

[121] Arriola, C., et al. (2023), "Challenges to international trade and the global economy: Recovery from COVID-19 and Russia's war of aggression against Ukraine", OECD Trade Policy Papers, No. 265, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/5c561274-en.

[122] Carlos Góes, Eddy Bekkers The Impact of Geopolitical Conflicts on Trade, Growth, and Innovation // World Trade Organization Economic Research and Statistics Division, Staff Working Paper ERSD-2022-09, https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd202209_e.htm.

На наш взгляд, основные последствия такого сценария будут выражаться в увеличении торговли между США и странами ЕС, Индией, Вьетнамом, Мексикой (несмотря на пошлины) и одновременном сокращении торгового дисбаланса между США и КНР. Будем считать, что такие изменения будут проходить со средним темпом 1–2 %% в год. Одновременно с перенаправлением торговых потоков мы предполагаем стимулирование внутреннего спроса в КНР и США примерно на 2 % в год.

Второй сценарий предусматривает постепенный рост уровня глобализации, определяемый через показатель открытости мировой торговли (отношение суммы экспорта и импорта товаров и услуг к ВВП, в %). В 2024 г. значение этого индикатора, по данным Всемирного банка, составило 58 %[123] и в рамках этого сценария мы предполагаем его ежегодное увеличение на 1 процентный пункт.

В рамках ***третьего*** сценария мы предполагаем вхождение мировой экономики в рецессию из-за ограничений, связанных со множеством накопившихся проблем – возросших долгов, дисбаланса на товарных и финансовых рынках и, как следствие, снижения темпов экономического роста в развитых странах (на 0,1–0,2 процентного пункта в год) и ослабления миграционных потоков (на 0,2–0,3 процентного пункта в год). Иными словами, этот сценарий не предусматривает усиления регионализации или глобализации, но предполагает общемировую стагнацию из-за обозначенных выше проблем.

Из использованных нами показателей в большей степени это затронет следующие: ВВП на душу населения, рассчитанный по паритету покупательной способности; валовая добавленная стоимость в промышленном производстве; уровень безработицы; кредитование частного сектора за счет внутренних источников; рыночная капитализация отечественных компаний; денежная масса; индекс потребительских цен. Для их прогноза мы будем использовать упомянутый выше программный комплекс, разработанный совместно с коллегами из КНР, а что касается показателей

[123] https://data.worldbank.org/indicator/NE.IMP.GNFS.ZS, https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS.

из пятой и шестой групп, то их значения на среднесрочный период мы получим путем экстраполяции двадцатилетних трендов.

С использованием прогнозных значений показателей и рассчитанных весов для каждого фактора мы вычислили индексы национальной безопасности в рамках трех сценариев до 2030 года для всех государств, но с целью экономии места приведем данные только по 20 странам-лидерам (таблица 2.27).

Таблица 2.27

Интегральные показатели национальной безопасности для 20 стран-лидеров в 2030 г., страны упорядочены в соответствии с порядком из таблицы 15

	Страны	Сценарий 1	Сценарий 2	Сценарий 3
1	США	7,554	9,150	8,846
2	Китай	5,835	4,460	4,113
3	Республика Корея	3,521	3,733	3,453
4	Швейцария	2,938	3,382	3,146
5	Люксембург	2,706	3,437	3,093
6	Япония	2,657	2,923	2,722
7	Германия	2,447	3,098	2,684
8	Австрия	2,557	2,702	2,556
9	Великобритания	2,436	2,675	2,558
10	Франция	2,478	2,609	2,500
11	ОАЭ	2,763	2,856	2,418
12	Сингапур	2,196	2,343	2,231
13	Саудовская Аравия	2,482	2,356	2,246
14	Россия	2,345	2,241	2,218
15	Швеция	2,179	2,270	2,165
16	Канада	2,117	2,251	2,169
17	Кувейт	2,261	2,169	2,095
18	Дания	2,044	2,141	2,036
19	Исландия	2,022	2,170	2,055
20	Норвегия	2,009	2,169	2,019

Как видно, сценарий глобализации крайне выгоден США, в то время как распад мира на макрорегионы будет способствовать усилению КНР и ослаблению национальной безопасности стран западного блока. Значения интегрального индекса для стран арабского мира практически во всех случаях будет увеличиваться.

Обсуждение

Итак, что удалось сделать в ходе обработки значительного массива данных по 193 странам – членам ООН с использованием методов многомерного статистического анализа?

1. Применение факторного анализа позволило оценить веса множества факторов, разделенных на 7 групп, среди которых наибольшее влияние на интегральный индекс национальной безопасности оказывают показатели, связанные с наукой и инновациями, кибербезопасностью и экономикой и производством стратегически важных продуктов.

2. Отметим, что факторный анализ позволил в некоторой степени снять проблему субъективизма, присущую экспертным оценкам.

3. Для кластера ключевых стран мира мы определили диапазоны допустимых значений для рассматриваемого набора показателей, выход за пределы которых влечет за собой риски национальной безопасности.

Также мы рассчитали интегральные индексы национальной безопасности, исходя из трех сценариев динамики мировой хозяйственной системы. Полученные результаты свидетельствуют о появлении новых геополитических центров (КНР и арабский мир) в случае продолжающегося деления мира на макрорегионы.

Коэффициент корреляции между интегральным индексом шести групп показателей (ресурсы, экономика и производство, качество жизни населения, финансы, военные показатели и наука и инновации) и интегральным индексом кибербезопасности достаточно высокий – около 0,72, что свидетельствует о высокой зависимости между социо-эколого-экономическим развитием стран и рисками киберугроз.

Результаты данного исследования могут дополнить доктринальные документы по национальной безопасности в части определения круга показателей для межстранового сопоставления и определения индикаторов для выявления рисков в данной сфере.

2.3.3. Демографический потенциал стран: сравнительный анализ на основе композитного индекса[124]

В условиях стремительно меняющегося мира демографические процессы являются одним из ключевых факторов, которые определяют будущее для всех стран. Также отметим, что глобальные тренды развития социальных систем в настоящее время характеризуются снижением рождаемости, старением населения, усилением миграционных потоков и дисбалансами в возрастной и трудовой структурах. Все эти процессы формируют вызовы, которые затрагивают экономику, безопасность, здравоохранение, рынок труда, образование и т. д.

В то же время государства, стремящиеся к заметной роли в глобальной хозяйственной системе и лидерству в сфере высоких технологий, должны проводить всестороннюю оценку своего человеческого капитала, не ограничиваясь простым подсчетом численности населения, который является инерционным и становится все менее репрезентативным. Важно знать еще и возрастной состав, долю трудоспособного населения, уровни рождаемости и смертности, соотношение мигрантов к коренному населению, долю городского населения, уровень грамотности и другие показатели, в своей совокупности определяющие демографический потенциал страны, который является основой для дальнейшего развития.

В связи с этим в текущем исследовании мы будем оперировать понятием «демографический потенциал», т. е. обобщенным интегральным индикатором, с одной стороны, отражающим способность населения страны воспроизводиться, а с другой стороны,

[124] Данный раздел написан Вареник Марией Сергеевной (ВШГА МГУ) под руководством В. Л. Макарова и А. Р. Бахтизина.

во многом определяющим устойчивое развитие экономических систем. В отличие от традиционных показателей, демографический потенциал учитывает не только численность, но и ключевые структурные характеристики населения. Но самое главное, в процессе соответствующих расчетов можно будет определить факторы, в наибольшей степени определяющие этот обобщенный индикатор.

Следует отметить, что термин «демографический потенциал» встречается в литературе, но трактуется по-разному, к примеру, как способность населения к воспроизводству или как доля трудоспособного населения (по сути, фактор производства). Заведующий лабораторией ИСЭПН ФНИСЦ РАН Рыбаковский О. Л. отмечает, что «*статей, монографий, кандидатских и докторских диссертаций, включающих в название термин "демографический потенциал", за последние 30 лет написано десятки, а отпочковавшиеся от демографического потенциала сходных терминов, таких как воспроизводственный потенциал, трудовой потенциал и тому подобное, – еще больше. Сам термин вышел за рамки российской науки, стал встречаться в белорусской, украинской, польской, французской научно-практической литературе*». При этом он определяет демографический потенциал как «*обобщающий термин, включающий текущие демографические ресурсы и/или текущие и перспективные возможности и/или дополнительные резервы развития демографических процессов, протекающих на той или иной территории, а также (в случае с миграцией населения) и за ее пределами, – в миграционно связанных с ней регионах*»[125].

Сотрудники ФНИСЦ РАН Доброхлеб В. Г. и Сигарева Е. П. также отмечают, что «*понятие "демографический потенциал" трактуется в различных работах отечественных и зарубежных исследователей достаточно вольно*» и определяют это понятие как «*совокупность объективных условий, которые определяются*

[125] Рыбаковский О. Л. Демографический потенциал: сущность, структура и основные факторы // Уровень жизни населения регионов России. 2023. Том 19. № 3. С. 319–326. DOI https://doi.org/10.52180/1999-9836_2023_19_3_1_319_326.

состоянием демографической сферы и позволяют трансформировать демографические параметры в наиболее благоприятном направлении»[126].

В свою очередь, по мнению сотрудницы ФГБУН ВолНЦ РАН Короленко А. В., демографический потенциал «*представляет собой такие параметры естественного и миграционного движения населения, его структуры и поведенческих характеристик, которые способны обеспечить расширенное воспроизводство и положительную динамику численности конкретной территории*»[127].

Как видно, трактовка этого понятия значительно разнится, поэтому в данном исследовании мы фокусируемся не столько на конкретизацию термина, а на отбор переменных, которые будут отражать ключевые аспекты демографической устойчивости, и самое главное на апробации различных количественных методов оценки широкого набора соответствующих показателей по всем государствам мира.

Таким образом, цель данного исследования заключается в разработке методологии построения и измерения демографического потенциала государств на основе различных способов многомерного статистического анализа, проведенного на глобальной выборке ряда показателей по 193 странам.

Разработанный индекс в первую очередь предназначен для практического применения в рамках долгосрочного стратегического планирования и может быть полезен органам государственной власти, аналитическим центрам и международным организациям, заинтересованным в системной оценке демографической устойчивости и ресурсов, необходимых для дальнейшего развития страны.

---

[126] Доброхлеб В. Г., Сигарева Е. П. Демографический потенциал Вологодской области // Проблемы развития территории. 2019. № 4 (102). С. 118–131. DOI: 10.15838/ptd.2019.4.102.7.

[127] Демографический потенциал Вологодского муниципального района: статистический и социологический аспекты // Вопросы территориального развития. 2021. Т. 9. № 5. DOI: 10.15838/tdi.2021.5.60.5 URL: http://vtr.isert-ran.ru/article/29120.

Краткий литературный обзор

Комплексная оценка демографической сферы отдельной страны или группы государств предполагает переход от анализа отдельных показателей (численности населения, рождаемости, смертности и т. д.) к построению объемных и многогранных индикаторов. Под ними понимаются интегральные индексы, которые способны отразить различные аспекты развития социальной системы как в текущий момент времени, так и позволяют спрогнозировать динамику ее дальнейшего развития. На наш взгляд, такой подход особенно актуален в условиях резких фазовых переходов. В такие периоды, примерами которых могут быть пандемии, военные конфликты и т. д., отдельные показатели не фиксируют возникающие внутренние структурные дисбалансы и не позволяют адекватно сравнивать страны по качественным характеристикам населения.

Отметим, что в научной и прикладной литературе интегральные индексы довольно давно активно применяются для оценки сложных и многомерных социальных процессов. Методология построения таких индексов, как правило, включает в себя: 1) выбор релевантных показателей, 2) их нормализацию, взвешивание, агрегирование и 3) оценку устойчивости результата. Классическим источником по данным вопросам считается монография «*Handbook on Constructing Composite Indicators*» от OECD и Европейской комиссии, в которой подробно рассматриваются методологические проблемы и предлагаются способы проверки надежности результатов[128].

Одним из самых известных глобальных интегральных показателей с демографической составляющей является разрабатываемый ООН Индекс человеческого развития (ИЧР)[129]. Он объединяет в себя три ключевых компонента: 1) ожидаемую

[128] OECD/European Union/EC-JRC (2008), Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264043466-en.

[129] UNDP (United Nations Development Programme). 2025. Human Development Report 2025: A matter of choice: People and possibilities in the age of AI. New York. https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2025.

продолжительность жизни, 2) уровень образования и 3) ВВП на душу населения, что позволяет использовать этот индекс в качестве приближенной оценки общего уровня развития демографической системы той или иной страны. Однако, несмотря на широкое признание, ИЧР, на наш взгляд, не отражает структурных аспектов изучаемых социальных систем. В частности, он не учитывает миграционные процессы, возрастно-половую пирамиду, уровень урбанизации, долю трудоспособного населения, а потому не может служить полноценным индикатором демографического развития государства и не позволяет полноценно оценивать устойчивость социальной сферы. Поэтому применение ИЧР в качестве прокси-показателя демографического потенциала может привести к упрощенным выводам и, вообще говоря, игнорирует ключевые составляющие человеческого капитала.

В Фонде ООН в области народонаселения в арабских странах и регионе MENA был разработан интегральный показатель – Population Development Composite Index (PDCI), включающий в себя такие составляющие как здоровье, мобильность, равенство, управление и устойчивость. Разработанный индикатор использовался, в частности, для оценки готовности стран этого макрорегиона к реализации Целей устойчивого развития и показал возможность интеграции демографических и социальных параметров в единую аналитическую систему[130]. Методология его расчета включает в себя два этапа: 1) вычисление стандартизированных индикаторов внутри каждой из пяти перечисленных выше сфер с использованием арифметического среднего; 2) интеграция рассчитанных субиндексов через геометрическое среднее, что, в свою очередь, снижает взаимозаменяемость между измерениями и делает индекс менее чувствительным к выбросам. Таким образом, этот интегральный показатель позволяет классифицировать страны по вычисленным целевым значениям (очень

[130] Population Development Composite Index 2020 Report. UNFPA. https://arabstates.unfpa.org/en/publications/population-development-composite-index-2020-report.

высокое, высокое, среднее, низкое) и отслеживать их динамику как на национальном, так и на региональном уровнях.

Для стран Западной Африки разработан Demographic Dividend Monitoring Index (DDMI), направленный на оценку политик, связанных с реализацией демографического дивиденда. Индекс состоит из двух компонент: (1) субиндекса восприятия государственных усилий, отражающего мнение общественности и экспертов о действиях властей, и (2) субиндекса фактических результатов, основанного на обработке реальных статистических данных. Такое сочетание позволяет комплексно оценивать не только текущие статистические показатели, но и институциональную динамику. Методология включает в себя пять этапов: выбор направлений (здоровье, образование, занятость, участие молодежи, управление), отбор индикаторов, анализ качества данных, расчет значений с учетом весов и визуализация через дашборды. В результате DDMI используется как инструмент мониторинга и донастройки государственной политики в демографической сфере[131].

В аналитических центрах Северной Америки композитные индексы также активно применяются для оценки устойчивого развития общества и качества жизни. Одним из наиболее известных является Canadian Index of Wellbeing (CIW), разработанный в Университете Ватерлоо (Канада). Этот интегральный показатель охватывает восемь сфер: здоровье, образование, жизненные стандарты, участие в жизни общества, использование времени, гражданская активность, окружающая среда и досуг с культурой. Перечисленные направления отражают не столько уровень материального благосостояния граждан, сколько качество их жизни и социальную интеграцию людей внутри социума. Многие из компонентов CIW опосредованно связаны с демографией. К примеру, показатели здоровья и образования характеризуют воспроизводственный и интеллектуальный потенциал общества,

[131] Olasehinde, Noah and Awodumi, Olabanji Benjamin and Odufuwa, Oyeteju and Olalude, Temitope and OLANIYAN, Olanrewaju and Dasogot, Andat, Demographic Dividend Monitoring Index: A Comprehensive Methodological Framework. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4963701.

а уровень жизни влияет на миграционное поведение трудоспособного населения. Индекс также используется на субнациональном уровне, что делает его полезным инструментом анализа территориальных различий внутри одной страны. Однако CIW не включает ключевые демографические индикаторы, такие как рождаемость, смертность, половозрастную структуру, миграционные потоки. И в этой связи, на наш взгляд, он не может применяться в качестве самостоятельного инструмента демографической диагностики и требует интеграции с более специализированными подходами[132].

В целом, мировой опыт демонстрирует устойчивый интерес к разработке и применению интегральных демографических индексов, как для глобального, так и для регионального уровней. Эти инструменты позволяют учитывать многогранную природу демографических процессов, но их эффективность во многом зависит от корректного выбора показателей, качества исходных данных, методов нормализации и процедур агрегирования. Особенно критичным является методология взвешивания факторов, поскольку она влияет на итоговую структуру индекса и корректность сравнения различных стран.

Несмотря на широкое использование обобщенных индикаторов, таких как ИЧР или CIW, они фокусируются на ограниченных макроэкономических или социальных характеристиках и не отражают внутренней структуры демографической системы. В отличие от них, предлагаемый нами интегральный индекс демографического потенциала строится на разноплановых демографических индикаторах, отражающих воспроизводство и структуру населения, миграционную активность, образовательный уровень и др. При корректной методологии оценивания такой индекс, на наш взгляд, позволяет не только количественно оценить демографический потенциал страны, но и выявить риски его снижения. В дальнейших разделах будет представ-

[132] Smale, B. (2014). How are Ontarians Really Doing? Adapting the Canadian Index of Wellbeing to the Provincial Level. A Technical Report Prepared for the Ontario Trillium Foundation. Waterloo, ON: Canadian Index of Wellbeing and University of Waterloo.

лен подход, соответствующий международным методологическим стандартам и подходящим для глобального межстранового анализа.

Ключевые вызовы демографии XXI века

Современные демографические процессы порождают серьезные вызовы для экономики и рынка труда, а также для устойчивости социальной и политической системы. В условиях ускоренного старения населения в большинстве развитых стран, нестабильной миграционной динамики и изменения структуры населения, государства сталкиваются с необходимостью корректировки стратегий дальнейшего развития. Наиболее значимыми можно считать четыре главных вызова, рассмотренных нами ниже.

1. Старение населения и сокращение числа работников

Во многих странах мира увеличивается численность пожилых граждан, что усиливает нагрузку на пенсионную и медицинскую систему, а также ограничивает темпы экономического роста. Демографическое старение – неизбежный итог повышения продолжительности жизни при одновременном снижении рождаемости. Причем процесс этот характерен для большинства стран.

Мировая экономика сталкивается с переходом от демографического дивиденда к демографическому торможению, поскольку доля трудоспособного населения сокращается как в развитых странах, так и в крупнейших развивающихся экономиках (рис. 2.9). Однако старение населения не обязательно должно привести к замедлению роста и росту фискального давления, поскольку этот процесс можно перенастроить в нужном направлении. Так, согласно исследованию МВФ, улучшение здоровья и когнитивных способностей людей старше 50 лет способно повысить их участие в экономике, способствуя росту ВВП на 0,4 процентного пункта в год за период 2025–2050 гг.[133]

[133] https://www.imf.org/en/Publications/fandd/issues/2025/06/sustaining-growth-in-an-aging-world-bertrand-gruss.

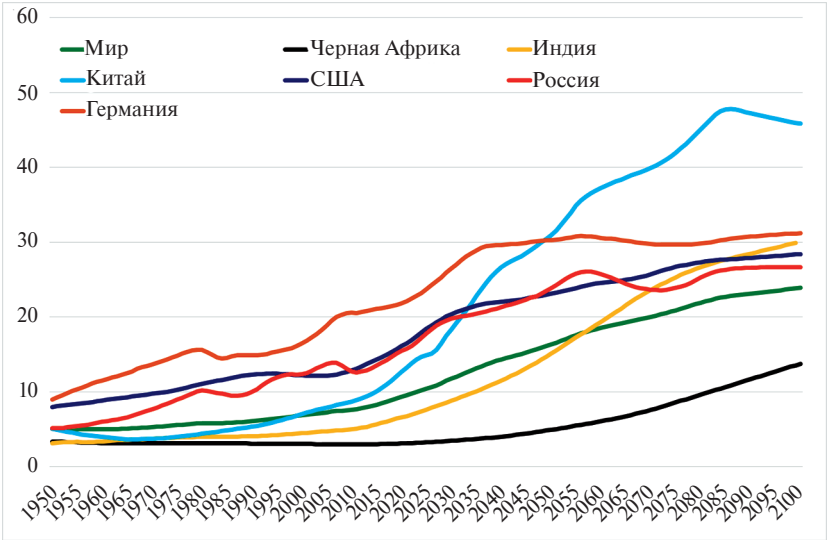


Рис. 2.9. Доля населения старше 65 лет
по ключевым странам мира, государствам Черной Африки и миру
в целом за период с 1950 по 2100 гг.[134]

Данные по 41 стране показывают, что современные 70-летние люди по когнитивным и физическим показателям сравнимы с 50-летними людьми двадцатилетней давности. В свою очередь, это может способствовать более продолжительной трудовой активности, росту занятости и доходов пожилых работников. Тем не менее при отсутствии политики по такой адаптации, замедление роста мировой экономики составит около 1,1 процентных пункта в год, и три четверти этого снижения, по оценкам МВФ, будут обусловлены ухудшением демографической ситуации.

Старение населения влияет на экономику через три канала: 1) сокращение доли трудоспособного населения, 2) изменение стратегий сбережений и инвестиций из-за удлинения периода жизни на пенсии, а также 3) перераспределение ресурсов между

[134] https://population.un.org/wpp/.

странами с разным темпом старения (переток капитала и миграция рабочей силы).

Страны с самой неблагоприятной демографией (например, Япония и Китай) по оценкам МВФ столкнутся с наибольшим замедлением роста. В Китае рост ВВП замедлится на 2,7 процентного пункта по сравнению с 2016–2018 гг. В свою очередь Индия пострадает меньше – там снижение ожидается на уровне 0,7 процентного пункта в 2025–2050 гг., но после 2050 года экономический рост существенно замедлится и в этой стране.

Однако грамотная политика способна существенно смягчить последствия. Если правительства различных стран приложат усилия для улучшения здоровья пожилого населения, что будет способствовать увеличению периода активной жизни, а также снизят гендерный разрыв в занятости и адаптируют условия труда, то по расчетам специалистов МВФ, это может повысить мировой рост на 0,6 процентного пункта в год и компенсировать до 75 % демографического торможения. Таким образом, при правильных стратегиях старение может стать не тормозом, а новым источником роста.

2. Рост зависимости от внешней миграции

В условиях сокращения естественного прироста населения все больше государств используют внешнюю миграцию в качестве механизма демографической стабилизации и восполнения трудовых ресурсов. Такой подход действительно может приносить краткосрочные выгоды, поскольку он компенсирует дефицит работников, поддерживает экономическую активность и способствует смягчению последствий старения населения.

Однако эффективность миграционной политики зависит не только от объема, но и от структуры миграционного потока – его квалификации, возраста и способности к интеграции. Количественное заполнение рабочих мест не всегда означает качественное усиление человеческого капитала. В странах Персидского залива, таких как Катар или ОАЭ, доля мигрантов достигает 75–88 % от общего количества населения, что с одной стороны обеспечивает экономическую активность, но при этом

создает устойчивую зависимость от внешней рабочей силы. Поэтому такая модель требует жесткого институционального контроля – через контрактные схемы, ограничение статуса мигрантов и мониторинг их занятости.

Различия в уровне образования и квалификации мигрантов определяют их экономический эффект. Исследования показывают, что высококвалифицированные специалисты, особенно молодые, приносят устойчивую фискальную и производственную выгоду, в то время как мигранты с низким уровнем образования чаще оказываются бременем для бюджета и социальной системы. Например, в Нидерландах мигранты из развитых стран обеспечивают рост производительности труда, тогда как мигранты из бедных государств демонстрируют отрицательный фискальный эффект[135]. По данным Манхэттенского института, в США пожилой мигрант без высшего образования может обойтись бюджету в $400 тыс. за время его оставшейся жизни на территории страны прибытия, тогда как высококвалифицированный специалист с научной степенью приносит чистую выгоду более $1 млн[136]. Это, конечно, усредненные оценки, но их направленность показывает, что мигрант мигранту рознь, и в этой связи относительно недавно принятый в США *One Big Beautiful Bill Act*[137] неслучайно предусматривает резкое увеличение расходов на комплекс мер по борьбе с нелегальной миграцией. По сути, он предусматривает новые миграционные фильтры, включающие строительство и технологическое оснащение пограничных барьеров, расширение центров содержания нелегальных иммигрантов, операции по задержанию и высылке и т. д. И эта сегрегация направлена на «снятие сливок» со всего мира с целью стимулирования экономического роста и дальнейшего развития высоких технологий.

---

[135] Jan H. van de Beek, Hans Roodenburg, Joop Hartog, Gerrit W. Kreffer (2023): Borderless Welfare State. The Consequences of Immigration for Public Finances // Research report, University of Amsterdam, 2nd revised edition, April 2023, https://demo-demo.nl/wp-content/uploads/2023/06/Borderless_Welfare_State-2.pdf.

[136] https://manhattan.institute/article/the-lifetime-fiscal-impact-of-immigrants.

[137] https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/1/text.

Таким образом, в ответ на растущую зависимость от внешней рабочей силы все больше стран переходят к селективной миграционной политике, ориентированной на привлечение высококвалифицированных специалистов, исследователей и технологических предпринимателей. Одновременно предпринимаются шаги к снижению зависимости от миграции через автоматизацию и цифровизацию производств. По данным Международной федерации робототехники, лидерами по уровню роботизации являются Южная Корея, Сингапур и Китай, где число промышленных роботов на 10 000 работников в разы превышает мировой уровень (162 единицы[138]). Такая трансформация позволяет компенсировать дефицит рабочей силы без увеличения миграционного давления, особенно в условиях стареющего населения.

Резюмируя, отметим, что массовое миграционное замещение может быть временной мерой, но его долгосрочная эффективность требует продуманного управления, учета качества миграционного ресурса и параллельной модернизации производственного сектора. В противном случае компенсаторный эффект миграции будет краткосрочным и экономически неустойчивым[139].

3. Дисбаланс по полу и возрасту

Во многих странах мира наблюдаются перекосы в структуре населения, которые связаны как с гендерным дисбалансом, так и изменениями в возрастных группах. Согласно статистическим данным, в отдельных регионах Южной и Восточной Азии фиксируется избыток мужчин в молодом возрасте, что в долгосрочной перспективе приводит к снижению брачности и социальной нестабильности. В других странах, наоборот, наблюдается старение населения, сопровождающееся сокращением доли молодежи и граждан, находящихся в трудоспособном возрасте.

---

[138] https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robot-density-in-factories-doubled-in-seven-years.

[139] Бахтизин А. Р. (2025): Трансформация рынка труда и экономическое развитие России // Экономическое возрождение России, 2 (84), 2025, с. 57–70, DOI: 10.37930/1990-9780-2025-2-84-57-70.

Еще один дисбаланс связан с временной миграцией (особенно мужчин), что характерно для стран Персидского залива как реципиентов рабочей силы, занятой в основном в сфере строительства. Это создает ситуацию, когда трудовой рынок насыщен, но при этом социальная основа общества становится перекошенной. И страны с нарушенной половозрастной структурой сталкиваются с множественными последствиями: снижается рождаемость, возрастает нагрузка на пенсионную систему и медицинскую инфраструктуру, меняется спрос на образование и рынок труда. Все это в совокупности повышает уязвимость к внешним шокам и делает затруднительным разработку долгосрочных сбалансированных стратегий в сфере экономики и демографии.

4. Дефицит квалифицированных трудовых ресурсов

Даже при высокой численности населения некоторые страны могут сталкиваться с острым дефицитом квалифицированной рабочей силы. Тому есть несколько причин. Во-первых, в случае снижения уровня жизни может усилиться отток высококвалифицированных кадров за рубеж («утечка мозгов»), особенно среди молодых специалистов и научно-технической элиты. Во-вторых, система образования во многих странах не успевает так быстро адаптироваться к требованиям экономики, ориентированной на форсированное технологическое развитие. Все это снижает возможность обеспечивать рынок квалифицированными кадрами.

Дополнительные риски связаны со снижением престижа ряда профессий, в основном связанных с тяжелым трудом, а также с демотивацией молодежи к получению сложных специальностей. Кроме того, во многих странах плохо отлажена система социальных лифтов, в результате чего возникают разрывы между спросом со стороны реального сектора и предложением со стороны системы подготовки кадров. В совокупности все эти факторы тормозят модернизацию экономики, снижают инновационную активность и делают страну менее конкурентоспособной на глобальных рынках.

Все перечисленные вызовы наглядно показывают, что простой подсчет количества населения в стране не позволяет адекватно определять демографическую устойчивость. На наш взгляд, необходимо учитывать качественные характеристики, структуру, уровень образования, способность населения к воспроизводству и ряд других показателей, составляющих сущность понятия демографического потенциала.

Что такое демографический потенциал: концепция и показатели

Как уже отмечалось, обычно в аналитических материалах, посвященных демографии, фигурируют количественные характеристики (численность населения, уровень рождаемости и т. д.), что в целом не позволяет судить о структурной устойчивости, воспроизводственном потенциале населения, а также проводить многогранные межстрановые сопоставления.

В данном исследовании демографический потенциал трактуется как интегральный показатель, отражающий совокупную способность населения страны обеспечивать устойчивое воспроизводство своей численности при сохранении и развитии ключевых характеристик человеческого ресурса (трудовые ресурсы, уровень образования и др.). Он охватывает также здоровье, возрастную структуру и мобильность населения.

Важно отличать демографический потенциал от родственных понятий. В отличие от человеческого капитала, акцент которого смещен в сторону образовательного и профессионального уровня населения, демографический потенциал охватывает более широкий спектр – от базовой численности и структуры до уровня грамотности и способности к устойчивому воспроизводству.

Для его оценки предлагается использовать восемь ключевых индикаторов, охватывающих базовые измерения демографической устойчивости:

- *общая численность населения* – отражает общий демографический ресурс;
- *доля трудоспособного населения* – важнейшая часть активного населения, определяющая производственный потенциал;

• *доля населения до 15 лет* – индикатор репродуктивного запаса и будущей рабочей силы;

• *суммарный коэффициент рождаемости* – отражает уровень естественного воспроизводства;

• *ожидаемая продолжительность жизни* – показатель общего состояния здоровья и благополучия населения;

• *доля мигрантов в общей численности населения* – характеризует открытость и подвижность демографической системы;

• *уровень грамотности взрослого населения* – индикатор интеллектуального капитала и основа для дальнейшего развития;

• *доля городского населения* – отражает степень урбанизации и доступ к инфраструктуре.

Выбор этих показателей обусловлен их значимостью для анализа устойчивости и развития населения всех государств мира. Они позволяют оценить, насколько та или иная страна способна не только сохранять численность, но и обеспечивать качественное воспроизводство – трудовое, интеллектуальное и социальное.

Каждый из этих показателей отражает значимую сторону демографического ресурса – от масштаба и структуры рабочей силы до уровня образования, потенциала для воспроизводства, открытости социума и географической концентрации жителей.

Методология: оценка демографического потенциала

Перед началом расчетов была проведена проверка на полноту и корректность исходных данных. Пропущенные значения в отдельных странах (менее 3 % выборки) заменялись на медианные значения соответствующей региональной группы стран. Выбросы, в частности по показателю доли мигрантов, не удалялись, поскольку отражают специфику стран Персидского залива, однако их влияние было отдельно проанализировано при интерпретации результатов. Все данные были предварительно нормализованы.

Для расчета интегрального показателя были протестированы три метода агрегации: энтропийного взвешивания, главных компонент и метод определения весов с помощью межкритериальной корреляции. Рассмотрим их более подробно.

Метод энтропийного взвешивания (Entropy Weight Method)

Метод энтропии используется для определения весов показателей без привлечения экспертных суждений, а на основе степени их вариативности[140]. Он основан на идее, что чем выше разброс значений показателя по странам, тем больше информации он несет и тем больший вес должен получать в сводном индексе.

Этот метод измеряет степень неопределенности (энтропию) в распределении значений: если все страны имеют похожие значения по какому-то показателю, он считается менее информативным. А если значения сильно различаются, то наоборот, показатель считается важным для различения ситуации между странами.

Важные характеристики метода:

• объективность: веса рассчитываются автоматически, без субъективного вмешательства;

• чувствительность к разбросу: метод «видит», какие показатели реально дифференцируют страны;

• простота применения;

• подходит для сравнительного анализа.

Алгоритм:

Шаг 1. Нормализация

Проведение нормализации всех переменных x_{ij}^{*}, где:

i – номер страны,

j – номер показателя.

Мы переводим значения в диапазон от 0 до 1.

Если показатель положительный (чем больше – тем лучше):

$$x_{ij}^{*} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}.$$

[140] Zhu, Yuxin, Tian, Dazuo, Yan, Feng, Effectiveness of Entropy Weight Method in Decision-Making, Mathematical Problems in Engineering, 2020, 3564835, 5 pages, 2020. https://doi.org/10.1155/2020/3564835.

Если показатель отрицательный (чем меньше – тем лучше):

$$x_{ij}^{*} = 1 - \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}.$$

Шаг 2. Расчет вероятностной матрицы

Вычисляем относительную долю значения в столбце:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}^{*}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}^{*}}.$$

По сути, это «доля» каждой страны в каждом показателе.

Шаг 3. Расчет энтропии для каждого показателя

$$e_j = -k \cdot \sum_{i=1}^{n} p_{ij} \cdot \ln(p_{ij}),$$

где $k = \frac{1}{\ln(n)}$

Энтропия показывает, насколько равномерны значения – чем ближе к 1, тем менее различим показатель.

Шаг 4. Расчет степени различимости (расчет информативности показателя)

$$d_j = 1 - e_j.$$

Это обратная мера – чем выше d_j, тем более «информативен» показатель.

Шаг 5. Нормализация весов (расчет веса показателя)

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{m} d_j}.$$

Получаем веса всех показателей w_j – они показывают вклад каждого в итоговую оценку.

Шаг 6. Расчет интегрального индекса

Для каждой страны:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} w_j \cdot x_{ij}^{*}.$$

Метод главных компонент (Principal Component Analysis, PCA)

Метод главных компонент используется для снижения размерности и построения сводного показателя на основе многомерных данных[141]. Он позволяет найти такое линейное сочетание исходных переменных, которое объясняет наибольшую дисперсию в данных, т. е. максимально отражает различия между странами.

В контексте оценки демографического потенциала PCA позволяет агрегировать множество демографических признаков в одну обобщающую компоненту, отражающую комплексное положение страны. Метод автоматически рассчитывает вес каждого показателя в итоговой структуре, исходя из его вклада в общую вариативность.

Важные характеристики метода:

• каждому показателю присваивается коэффициент (нагрузка) на первую главную компоненту;

• эти коэффициенты используются как веса при расчете интегрального индекса;

• чем выше вклад переменной в дисперсию – тем выше ее вес.

Алгоритм:

Шаг 1. Стандартизация переменных (Z-преобразование)**:**

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_j},$$

где $\bar{x}_j$ – среднее значение по показателю j, σ_j – стандартное отклонение.

Шаг 2. Расчет первой главной компоненты – линейной комбинации вида: $PC_1 = a_1 z_1 + a_2 z_2 + \cdots + a_m z_m$, где a_j – коэффициенты (нагрузки) переменных на первую компоненту.

Шаг 3. Расчет весов переменных (используются абсолютные значения, чтобы избежать влияния знака)

---

[141] Felipe L. Gewers, Gustavo R. Ferreira, Henrique F. De Arruda, Filipi N. Silva, Cesar H. Comin, Diego R. Amancio, and Luciano Da F. Costa. 2021. Principal Component Analysis: A Natural Approach to Data Exploration. ACM Comput. Surv. 54, 4, Article 70 (May 2022), 34 pages. https://doi.org/10.1145/3447755.

$$w_j = \frac{|a_j|}{\sum_{j=1}^{m} |a_j|}.$$

Шаг 4. Расчет индекса как взвешенной суммы стандартизированных значений**:**

$$S_i = \sum_{i=1}^{m} w_j \cdot z_{ij}.$$

Метод CRITIC (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation)

Метод CRITIC предназначен для определения весов показателей, учитывая два аспекта одновременно:

1) разброс (дисперсию) значений показателя – чем выше, тем показатель информативнее;

2) коррелированность с другими показателями – чем меньше корреляция, тем более уникальную информацию он несет.

В отличие от метода энтропии, CRITIC дополнительно учитывает взаимозависимость признаков, что делает его особенно полезным, когда переменные частично дублируют друг друга[142].

Алгоритм:

Шаг 1. Нормализация показателей:

$$x_{ij}^{*} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}.$$

Для обратных показателей:

$$x_{ij}^{*} = 1 - \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}.$$

Шаг 2. Расчет стандартных отклонений для каждого показателя.

Шаг 3. Построение матрицы корреляций.

---

[142] Zhang, Q., Fan, J. & Gao, C. CRITID: enhancing CRITIC with advanced independence testing for robust multi-criteria decision-making. Sci Rep 14, 25094 (2024). https://doi.org/10.1038/s41598-024-75992-z.

Шаг 4. Оценка информационной ценности показателя C_j:

$$C_j = \sigma_j \cdot \sum_{k=1, k \neq j}^{m} \left(1 - r_{jk}\right),$$

где σ_j – стандартное отклонение нормализированных значений показателя j,

r_{jk} – коэффициент корреляции Пирсона между показателями j и k;

j – индекс признака (показателя), для которого мы рассчитываем вес;

k – индексы остальных признаков, с которыми мы сравниваем признак j по корреляции.

Если показатель сильно коррелирует с другими, его уникальность невелика и C_j будет маленьким.

Если показатель не коррелирует с остальными, он несет уникальную информацию и C_j будет больше.

Шаг 5. Расчет весов:

$$w_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^{m} C_j}.$$

Шаг 6. Расчет интегрального индекса как взвешенной суммы нормализованных значений**:**

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} w_j \cdot x_{ij}^{*}.$$

Таким образом, каждый из трех методов был применен к единой базе данных, включающей 193 страны и восемь демографических индикаторов. Как уже говорилось, перед расчетами все данные были предварительно нормализованы, а в случае PCA дополнительно проведена стандартизация.

Сравнение результатов трех методов позволило уточнить влияние каждого показателя и определить наиболее устойчивый способ интегральной оценки.

Результаты: демографический потенциал стран

Применение трех методов – энтропии, главных компонент и CRITIC – позволило рассчитать веса восьми ключевых демографических показателей и сформировать интегральный индекс

демографического потенциала для 193 стран. Полученные результаты варьировались в зависимости от метода, но в целом подтвердили значимость комплексного подхода (таблица 2.28).

Из рассмотренных методов агрегирования интегрального индекса – энтропийного, PCA и CRITIC, наиболее устойчивым и интерпретируемым в данном исследовании оказался энтропийный подход. На наш взгляд, он обеспечивает более объективное распределение весов по степени вариативности признаков и позволяет выявить ключевые различия между странами.

Метод CRITIC, несмотря на свою привлекательность (учет как дисперсии, так и взаимной корреляции показателей), для данного набора данных продемонстрировал излишнее выравнивание весов. Это снижает его дифференцирующую силу и делает его менее полезным для задач сравнительной оценки, поскольку все веса факторов практически одинаковы.

Метод главных компонент был применен как дополнительный инструмент, позволяющий оценить внутреннюю согласованность признаков. При этом первая главная компонента объяснила менее

Таблица 2.28

Веса для всех показателей, рассчитанные тремя методами

№	Показатель	Метод энтропийного взвешивания	Метод главных компонент	Метод CRITIC
1	общая численность населения	**49,6 %**	–0,19 %	11,5 %
2	доля трудоспособного населения	2,81 %	–15,0 %	9,51 %
3	доля населения до 15 лет	**7,21 %**	16,8 %	12,7 %
4	суммарный коэффициент рождаемости	**6,84 %**	16,7 %	9,88 %
5	ожидаемая продолжительность жизни	2,97 %	–16,0 %	12,3 %
6	доля мигрантов в общей численности населения	**24,6 %**	–9,06 %	12,8 %
7	уровень грамотности взрослого населения	1,57 %	–14,7 %	13,0 %
8	доля городского населения	4,40 %	–11,7 %	18,3 %

30 % общей дисперсии, что свидетельствует о многомерной природе демографического потенциала, что ограничивает применение PCA как агрегирующего метода. Это означает, что остальные компоненты содержат значимую часть информации, и сведение анализа к одной оси приводит к потерям. Кроме того, наличие отрицательных коэффициентов усложняет интерпретацию вклада отдельных показателей в итоговую оценку. При этом отметим, что отрицательные коэффициенты в PCA не означают негативное влияние показателя как такового, а лишь его направление в отношении первой компоненты. Но это не следует трактовать как «вредность» признака. Важно отметить, что основной интерес сосредоточен именно на весах признаков, а не на итоговом ранжировании стран.

На основе энтропийного подхода к агрегации этих показателей мы рассчитали интегральный индекс демографического потенциала для 193 стран. Результаты показали, что наиболее значимыми оказываются два фактора – численность населения (49,6 %) и доля мигрантов (24,6 %). Это объективно отражает реалии глобального мира, где массовые перемещения, концентрация населения и влияние внешнего притока становятся определяющими в формировании человеческого капитала.

По интегральному индексу демографического потенциала (на основе энтропийного взвешивания) в топ-10 вошли страны, приведенные в таблице 2.29.

Таблица 2.29

Страны-лидеры по индексу демографического потенциала

1	Индия
2	Китай
3	США
4	Индонезия
5	Бразилия
6	Пакистан
7	Нигерия
8	Бангладеш
9	Россия
10	Мексика

Интересно, что в альтернативных методах (особенно PCA и CRITIC) в число лидеров входят страны с небольшим населением, но с выраженными показателями по миграции, молодежи и урбанизации – например, ОАЭ, Катар, Бахрейн. Это подчеркивает важность анализа структуры данных, а не только итоговых мест.

Полученные результаты соответствуют интуитивным ожиданиям. Так, в число стран с наибольшим демографическим потенциалом вошли государства с большой численностью населения. Однако при построении интегрального индекса нас интересует не только конечное значение, но и структура вклада различных факторов, поскольку демографическая сила той или иной страны определяется не только количеством людей, но и их возрастом, уровнем грамотности, продолжительностью жизни, воспроизводством и миграционной динамикой.

Индекс демографического потенциала дает «панорамный взгляд» на демографию, объединяя ключевые аспекты: численность населения, его структуру, уровень воспроизводства, здоровье, образование, миграцию и среду. Такой комплексный взгляд позволяет выявлять сильные и слабые стороны социальной системы, а также сравнивать страны между собой по уровню демографического потенциала. В этом смысле индекс работает как инструмент мониторинга, результаты которого требуют последующей интерпретации.

Страны с демографическими рисками: анализ уязвимостей

Несмотря на высокие показатели по отдельным компонентам, многие страны сталкиваются с внутренними демографическими проблемами, которые могут существенно снизить их потенциал в долгосрочной перспективе. В этом разделе мы рассмотрим некоторые государства с выраженными признаками демографической уязвимости.

Япония и Южная Корея демонстрируют один из самых низких уровней рождаемости в мире и высокий уровень старения населения. Причем эти тенденции сохранятся и до конца века – по прогнозам ООН доля населения старше 65 лет составит

около 48 % для Южной Кореи и почти 37 % для Японии[143]. Это будут одни из максимальных для мира значений. Несмотря на высокий уровень образования, здравоохранения и урбанизации, такая негативная демографическая инерция ведет не только к сокращению населения, но и значительному росту нагрузки на экономику и социальную систему.

В ряде европейских стран, включая Болгарию, Румынию, Латвию и Литву, будет наблюдаться комбинация высокой эмиграции, низкой рождаемости и стареющего населения. Это создает риск «демографической усадки» – устойчивого и почти необратимого сокращения численности и качества населения.

Хотя Китай входит в число мировых лидеров по абсолютным показателям, но уже сегодня он сталкивается с резким снижением рождаемости, увеличением доли пожилых людей и дисбалансом полов, возникшим в результате длительной политики ограничения рождаемости. Отметим, что за счет этого Китай будет одним из мировых антилидеров по доле граждан старше 65 лет. Так, в двух специальных административных районах КНР (Гонконге и Макао) значения этого показателя к концу века будут максимальными среди всех стран – почти 62 и 50 % соответственно. А в основной части Китая – приблизительно 48 %. Перечисленные выше факторы в ближайшие десятилетия будут сдерживать рост и усиливать демографическую нагрузку.

Россия занимает относительно высокую позицию в интегральных рейтингах благодаря относительно высокой численности населения, но в большой степени за счет высокого уровня образования относительно всех стран мира. По данным Всемирного банка, уровень грамотности населения в России составляет 100 %, а, к примеру, в США и Китае – 86 % и 97 % соответственно[144]. Тем не менее, текущая позиция России в итоговом рейтинге во многом опирается на инерционные и внешние факторы и не отражает существующие демографические дисбалансы. Основные индикаторы – высокая естественная убыль

[143] https://population.un.org/.
[144] https://data.worldbank.org/.

населения, низкий суммарный коэффициент рождаемости, который продолжает снижаться, и старение населения – указывают на нарастающие структурные проблемы. Текущая относительная стабилизация обеспечивается преимущественно за счет миграционного притока, который лишь частично компенсирует внутренние потери и сопровождается снижением средней квалификации. Так, по данным Росстата, из нашей страны уезжают преимущественно специалисты с высоким уровнем квалификации, а вместо них въезжают в основном низкоквалифицированные мигранты, большинство из которых составляют граждане СНГ (около 88 % от общего числа). Причем лишь около 8 % из них имеют высшее образование[145]. В этой связи без целенаправленной демографической политики высокие риски ухудшения потенциала сохраняются в средне- и долгосрочной перспективе.

Некоторые страны (например, Иран, Алжир, Египет) находятся в положении с низким уровнем миграционного притока, но в сочетании с внутренними проблемами занятости это создает дополнительную уязвимость демографического потенциала и риски повышения социальной напряженности. В таких случаях даже при высоком СКР возможен рост демографического давления на экономику и систему образования.

Для систематизации выявленных демографических уязвимостей различные страны можно условно сгруппировать по типам рисков. В таблице 2.30 представлена примерная типология, основанная на наиболее часто встречающихся сценариях демографической динамики. Перечень стран не является исчерпывающим, и он служит в основном для иллюстрации возможных траекторий и механизмов нестабильности. Сама классификация также носит обобщенный характер и основана на оценке динамики демографических индикаторов по данным ООН за 2024 г.

Тем не менее, такая типология позволяет не только проанализировать позиции отдельных стран, но и выявить повторяющиеся модели демографических рисков, которые могут проявляться

[145] https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13283.

Таблица 2.30

Примерная типология стран по видам демографических рисков

Тип риска	Примеры стран	Краткая характеристика
Демографическое сжатие	Япония, Южная Корея, Болгария, Латвия, Литва	Устойчивая убыль населения, старение, отток молодежи
Компенсация за счет миграции	Россия, ОАЭ, Катар, Бахрейн	Внешняя подпитка численности при низком СКР и старении населения
Нарастающее демографическое давление	Египет, Иран, Алжир, Пакистан, Нигерия	Быстрый рост молодого населения, давление на систему занятости, образования и социальной инфраструктуры
Снижение потенциала после демографического окна	Китай, Бразилия, Вьетнам	Завершение демографического окна, быстрое старение, падение СКР
Комбинированный потенциал с уравновешивающими механизмами	Индия, Индонезия, США	Сочетание высокого трудового и репродуктивного потенциала с институциональными механизмами компенсации

в разных странах с различным уровнем дохода, политической системой и социальными нормами.

Демографическая устойчивость и рекомендации

Анализ интегрального демографического индекса, построенного на основе трех независимых методов (энтропии, PCA и CRITIC), показал следующее: демографический потенциал – это не просто численность населения, а многогранная система, включающая в себя такие параметры, как воспроизводство, возрастную структуру, миграционную динамику, уровень образования, качество жизни и др.

При прямой интерпретации индекс может ставить в один ряд страны с принципиально разной демографической природой.

К примеру, высокоурбанизированные миграционные хабы и классические демографические гиганты. Но принципиально важно другое – высокий балл по индексу далеко не всегда означает устойчивость. На наш взгляд, устойчивый демографический потенциал обеспечивается сочетанием следующих факторов:

• Преобладание рождаемости над смертностью или, по крайней мере, достижение естественного баланса. Следует отметить, что на текущий момент, по данным ООН, доля стран с уровнем рождаемости выше уровня простого воспроизводства составляет 45 %, но к концу века, согласно умеренному прогнозу, снизится до 5 %[146].

• Оптимальная возрастная структура с высокой долей населения трудоспособного возраста. По данным МВФ, средний возраст населения всего мира в 2025 г. составляет 33,6 года, а к концу века вырастет до 43,2 года[147].

• Управляемая и целенаправленная миграционная политика. Неоднократно отмечалось, что в настоящее время практически во всех странах она осуществляется хаотично, без продуманной стратегии. Возможно, кроме США, о чем говорилось выше.

• Высокий уровень человеческого капитала: образование, здоровье, квалификация. Мы неоднократно количественно обосновывали, что финансирование сектора науки и образования имеет более значимый долгосрочный экономический эффект по сравнению с вложениями в прочие сектора[148].

• Качество жизни и наличие устойчивых институциональных механизмов поддержки семьи и детства.

Наиболее полным набором этих параметров сегодня обладают немногие страны. Среди них – Индия и Индонезия. США также демонстрируют относительную устойчивость за счет высококачественной иммиграции и сбалансированной возрастной структуры.

---

[146] https://population.un.org/.

[147] https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2025/04/22/world-economic-outlook-april-2025.

[148] Основные направления социально-экономического развития России: обоснование и оценка последствий (по итогам модельных исследований ЦЭМИ РАН). – М. : ЦЭМИ РАН, 2023. – 116 с. ISBN 978-5-8211-0818-0.

Также следует обозначить отдельные скрытые риски демографического потенциала:

• В странах Персидского залива (ОАЭ, Катар, Бахрейн) высокое значение индекса формируется за счет внешнего ресурса – трудовых мигрантов. Без них численность населения и уровень воспроизводства резко снижаются. Кстати, значительный перекос в соотношении между экспатами и коренными жителями создает угрозу национальной безопасности.

• В странах Восточной Азии (Япония, Южная Корея) и Восточной Европы наблюдается демографическое сжатие: низкая рождаемость, старение населения и отток молодежи.

• Россия занимает промежуточную позицию. Несмотря на значительный количественный потенциал, устойчивость подрывают высокая естественная убыль и зависимость от миграционного замещения, причем, как описывалось выше, с точки зрения квалификационного уровня – неравноценного.

На основе рассчитанных весов отдельных факторов демографического потенциала можно сформулировать ключевые рекомендации для стран с демографическими рисками:

1. Целесообразна стратегия на снижение естественной убыли: стимулирование рождаемости (прямыми и косвенными мерами), повышение ожидаемой продолжительности жизни и снижение смертности.

2. Фокус на качество миграции. Важно не только восполнение численности, но и привлечение трудоспособных и образованных мигрантов. Этот механизм неоднократно доказывался эмпирическими исследованиями, часть из которых уже упоминалась выше. Также в этой связи представляет интерес для дальнейшего изучения и возможного применения в российских реалиях арабская система *«кафала»*, используемая в основном для реализации масштабных строительных проектов.

3. Работа с возрастной структурой: сохранение доли молодежи, продление активного долголетия, вовлечение пожилых в трудовую и общественную жизнь.

4. Инвестиции в человеческий капитал: развитие образования, здравоохранения, цифровых навыков и способности к адаптации.

Наши расчеты показывали, что вложения в социальную сферу в долгосрочной перспективе практически всегда окупаются[149].

5. Территориальная стабилизация населения. Имеется в виду предотвращение чрезмерного оттока из депрессивных регионов с сокращающимся населением и развитие инфраструктуры в периферийных зонах[150].

Таким образом, демографический потенциал представляет собой не просто численный показатель, а комплексную систему, в которой критическое значение приобретает не только количество, но и качество населения. На наш взгляд, именно такой подход должен лежать при разработке стратегических решений в сфере демографической политики и развития человеческого капитала.

Выводы

Современные демографические процессы все менее поддаются линейной интерпретации. Отметим, что их усложнение накладывает дополнительные требования к используемому для прогноза инструментарию. Ранее мы писали, что традиционные методы и модели от наиболее цитируемых организаций, специализирующихся на анализе и прогнозе демографических показателей, уже не в полной мере соответствуют вызовам времени[151]. Кроме того, простое сравнение численности населения или уровня рождаемости уже не отражает реального потенциала

---

[149] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Логинов Е. Л. (2022): Применение экономико-математических методов и моделей оптимального планирования в цифровой экономике будущего (ЦЭМИ АН СССР и ЦЭМИ РАН: прогностическая интерпретация и развитие научного наследия нобелевских лауреатов Л. В. Канторовича и В. В. Леонтьева). – М.: ЦЭМИ РАН, 2022. – 248 с. ISBN 978-5-6046414-5-3. DOI 10.48612/Bujet/vamm-r6ez-n1kf.

[150] Бахтизин А. Р. Урбанизация и вопросы пространственного развития // Научные труды Вольного экономического общества России. 2024. Том № 6 (250) 2024. С. 69–88. DOI: 10.38197/2072-2060-2024-250-6-69-88.

[151] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Луо Хуа, Ву Цзе, Ву Зили, Сидоренко М. Ю. (2023): Долгосрочное демографическое прогнозирование // Вестник Российской академии наук, 2023, Т. 93, № 1, стр. 21–35, DOI: 10.31857/S0869587323010048.

страны. В этой связи возникает необходимость в интегральной оценке, учитывающей как количественные, так и качественные характеристики населения.

Предложенный в работе индекс демографического потенциала, построенный на основе трех разных методов (энтропии, главных компонент и CRITIC), позволяет получить многогранное представление о состоянии и перспективах демографических систем. При этом лучшую интерпретируемость и адекватность показал метод энтропии, при использовании которого было выделено два ключевых фактора: численность населения и миграционная составляющая.

Следует также отметить, что обычно в научной литературе встречаются либо региональные индексы демографического потенциала с весами, определяемыми экспертами, либо композитные индексы с энтропийными весами, но не для такого объемного индекса как «демографический потенциал» и не для глобального масштаба. В этом смысле данная работа, насколько нам известно, впервые формализует «демографический потенциал» для всех 193 стран, используя объективную и хорошо зарекомендовавшую себя схему взвешивания.

Тем не менее интегральный индекс не должен рассматриваться как рейтинг «лучших» стран. По сути, он является инструментом мониторинга, позволяющим быстро выделить и сравнить демографические профили, но требующим дополнительной интерпретации с учетом специфики стран. Его задача – помочь выявлять общие демографические конфигурации (для схожих по набору признаков стран), а также уязвимости в сложившейся социальной структуре и потенциальные риски дальнейшего развития. При адаптации к региональному уровню индекс может быть использован для сценарного моделирования, мониторинга эффективности демографической политики на уровне глав субъектов и построения стратегий в этой сфере для среднесрочных и долгосрочных периодов. Особенно это важно для тех государств, чьи высокие позиции формируются за счет временных и неустойчивых факторов, как, например, массовая трудовая миграция в странах Персидского залива.

Демографическая политика в XXI веке должна быть ориентирована не только на рост населения, но в первую очередь на его качество, устойчивость структуры, воспроизводство трудовых и интеллектуальных ресурсов. И в этом контексте интегральный индекс может служить полезным инструментом для анализа, планирования и принятия сбалансированных управленческих решений.

Резюмируя этот и предыдущие разделы, следует отметить еще одно обстоятельство. Рассмотренные подходы (агент-ориентированное моделирование, генеративный искусственный интеллект, интегральные индексы национальной силы, безопасности и демографического потенциала) имеют общую особенность – все они требуют обработки больших массивов данных и в ряде случаев проведения ресурсоемких вычислений. По мере увеличения сложности моделей возрастают и требования к вычислительным мощностям.

Поэтому завершая эту главу, в следующем разделе целесообразно рассмотреть роль суперкомпьютерных технологий, которые позволяют реализовывать рассмотренные методы и модели в полном объеме и обеспечивают их практическое применение для поддержки управленческих решений.

2.4. Суперкомпьютерные технологии для прогноза социально-экономических показателей[152]

При моделировании крупных систем (город, регион или страна), а также при компьютерной реализации сложных процессов – поведение толпы, распространение эпидемии или информации, динамика экономических показателей и т. п., сформировался подход, предполагающий построение децентрализованных и масштабируемых программных комплексов. Речь идет в первую очередь об эффективном распараллеливании программного кода. Такая тенденция обусловлена не только ростом объемов обрабатываемых данных и масштабом моделируемых процессов,

[152] Данный раздел написан Хабриевым Булатом Рамиловичем (докторант ЦЭМИ РАН) под руководством В. Л. Макарова и А. Р. Бахтизина.

но скорее необходимостью учета индивидуальных особенностей отдельных участников моделируемых систем. Такая детализация возможна только при использовании суперкомпьютерных технологий. Этим технологиям посвящен данный раздел, в котором рассматриваются две платформы, позволяющие эффективно распараллеливать программный код агентных моделей.

2.4.1. DA-SAGE – гибридная архитектура для асинхронного агентного моделирования социально-экономических процессов

В первом исследовании предлагается новый алгоритм для реализации параллельного кода, позволяющий моделировать сложные социально-экономические динамические системы. Сначала мы приведем подробный обзор зарубежных разработок, а затем дадим описание разработанной технологии и рассмотрим результаты проведенных расчетов.

2.4.1.1. Обзор зарубежных разработок

В исследовании ученых из Горно-металлургической академии в Кракове (AGH University) описана масштабируемая система для моделирования городского дорожного движения. Технически она реализована на языке Scala и с использованием специализированного фреймворка Akka[153], который используется для разработки распределенных приложений на Java. На наш взгляд, это не самый оптимальный выбор, поскольку используется непроизводительный язык. В этой системе учитывается поведение каждого участника движения (автомобиля), а разработанный программный код изначально предназначен для высокопроизводительных вычислительных кластеров и был протестирован на суперкомпьютере, содержащем 1000 узлов и 24 000 процессорных ядер. Тем не менее, главная цель авторов разработки состояла в демонстрации возможности построения достаточно

[153] Michal Janczykowski, Wojciech Turek, Maciej Malawski, Aleksander Byrski (2019): Large-scale urban traffic simulation with Scala and high-performance computing system // Journal of Computational Science, Volume 35, 2019, Pages 91–101, ISSN 1877-7503, https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.06.002.

сложных систем с помощью относительно простых инструментов на базе Java Virtual Machine.

Система реализована с использованием агент-ориентированной парадигмы моделирования, каждый участок городской дорожной сети моделируется как отдельный экземпляр программного класса, который обменивается сообщениями с соседями. При этом коммуникации в локальных участках осуществляются асинхронно и, по мнению авторов, это устраняет необходимость в глобальной синхронизации. То есть получается, что каждый фрагмент дорожной сети имитируется независимо, а информация от соседей поступает с временным отставанием. Такая стратегия с одной стороны несколько снижает реалистичность, но с другой стороны она резко снижает накладные расходы на координацию действий и позволяет обеспечить почти линейную масштабируемость даже на десятках тысяч ядер.

В этом симуляторе дорога делится на ячейки, и в каждой из них может находиться только одна машина, которая двигается вперед. При этом учитывается скорость и плотность потока, светофоры, а также реализована возможность перестроиться. Дорожная сеть является графом, дороги в нем ребрами, а перекрестки вершинами. Отдельный модуль реализует визуализацию, которая показывает движение машин по карте города. Тестирование модели продемонстрировало практически линейное увеличение производительности в зависимости от числа ядер, что является редкостью.

В другом исследовании ученых из Политехнического Университета Каталонии (Universitat Politècnica de Catalunya) и Суперкомпьютерного центра Барселоны (Barcelona Supercomputing Center) описана разработанная система Yades, которая предназначена для моделирования демографических процессов с использованием высокопроизводительных вычислений[154]. В основе этого инструмента лежит агент-ориентированный подход, при

[154] Cristina Montañola-Sales, Bhakti S. S. Onggo, Josep Casanovas-Garcia, Jose María Cela-Espín, Adriana Kaplan-Marcusán (2016): Approaching parallel computing to simulating population dynamics in demography // Parallel Computing, Volume 59, 2016, Pages 151–170, ISSN 0167-8191, https://doi.org/10.1016/j.parco.2016.07.001.

котором каждый элемент (в данном случае домохозяйство) действует автономно, но коммуницирует с остальными участниками в рамках общественной среды, имитируя процессы рождаемости, смертности и миграции. Кроме того, в системе реализован механизм изменения социального статуса агентов.

Эксперименты, проведенные на суперкомпьютерах Marenostrum 2 и 3, показали, что Yades демонстрирует очень хорошую масштабируемость. Так, увеличение числа процессоров привело к линейному ускорению выполнения: при росте числа процессоров в 2 раза скорость симуляции также возрастала в 2 раза. Кроме того, было установлено, что эффективность модели чувствительна к распределению нагрузки, процессу миграции и системной архитектуре. В целом же результаты подтверждают высокую эффективность предложенного подхода для анализа демографической динамики в условиях ограниченного времени принятия решений.

С точки зрения технологической реализации, Yades использует библиотеку μsik, которая основана на параллельной дискретно-событийной парадигме моделирования. На рисунке 2.10 показан алгоритм симуляции с использованием μsik: логические процессы (агенты) распределяются по физическим процессорам, и они обмениваются информацией о событиях через стандартный протокол MPI и синхронизируются с помощью оптимистических алгоритмов. Это позволяет моделировать сложные симуляции с высокой степенью детализации и при этом эффективно использовать ресурсы суперкомпьютеров.

В рамках исследования «Parallel agent-based modeling of spatial opinion diffusion accelerated using graphics processing units», проведенного учеными из Университета Северной Каролины и Университета Айовы, была разработана и успешно апробирована параллельная версия агент-ориентированной модели распространения мнений, реализованная с помощью графических процессоров (GPU)[155]. В ходе ее разработки в том числе решалась

[155] Wenwu Tang, David A. Bennett (2011): Parallel agent-based modeling of spatial opinion diffusion accelerated using graphics processing units // Ecological Modelling, Volume 222, Issue 19, 2011, Pages 3605–3615, ISSN 0304-3800, https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.08.016.

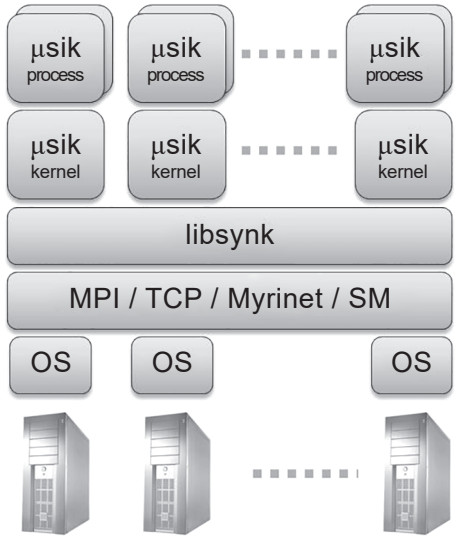


Рис. 2.10. Параллельное имитационное моделирование с использованием µsik (оригинал рисунка приведен в работе «Approaching parallel computing to simulating population dynamics in demography»)

проблема высокой вычислительной нагрузки, возникающая в процессе обмена мнениями среди большого количества распределенных агентов. Каждый из них имеет собственное мнение и может коммуницировать с соседями только в рамках задаваемого при экспериментах радиуса. В ходе симуляции агенты принимали решения в сфере землепользования и технологических инноваций и при этом они взаимодействовали в пространстве. Для придания большей реалистичности был использован подход «ограниченного доверия» (bounded confidence model), который предусматривает возможность изменения мнения только в случае общей схожести во взглядах со взаимодействующими агентами.

Поиск в пространстве агентов для взаимодействия осуществляется с учетом расстояния. В свою очередь, вероятность выбора конкретного собеседника обратно пропорциональна расстоянию между агентами, а радиус взаимодействия определяется задава-

емыми значениями. Другими варьируемыми параметрами являются пороги мнений и коэффициенты восприимчивости к чужой точке зрения.

Для технической реализации модели использовалась архитектура параллельных вычислений CUDA, которая позволяет реализовать параллельные вычисления на GPU с разделяемой памятью. Основной же исследовательский вклад заключался в успешном применении двух алгоритмов, первый из которых распределяет агентов по потокам (domain decomposition), а второй реализует механизм взаимного исключения (mutual exclusion), обеспечивающий корректность обновлений состояний агентов в параллельном режиме. Для решения проблемы взаимных блокировок в многопоточном окружении применен механизм «spin-lock» (спин-блокировка) с ограничением числа попыток обмена мнениями.

Расчеты с использованием модели показали, что при возрастании числа агентов и увеличении размера моделируемого пространства производительность параллельной версии модели значительно превосходит по скорости ее последовательный вариант. К примеру, при размере пространства 5000×5000 ускорение достигало 50 раз, при этом оптимальное количество агентов на один поток варьируется в диапазоне от 10 до 14, поскольку меньшее число ведет к избыточным расходам на синхронизацию. На рисунке 2.11 показано как локальные взаимодействия между агентами приводят к формированию глобальных эффектов, т. е. по сути отображен процесс эволюции мнений во времени в виде набора последовательных карт.

Таким образом, данная работа демонстрирует потенциал суперкомпьютерных технологий (в данном случае с использованием процессоров GPU) для эффективного моделирования сложных социальных процессов, имеющих пространственную привязку. При этом обеспечивается высокая масштабируемость и точность для больших объемов данных.

В исследовании ученых из Университета Ровира-и-Виргили (Испания) была сделана попытка построения универсальной

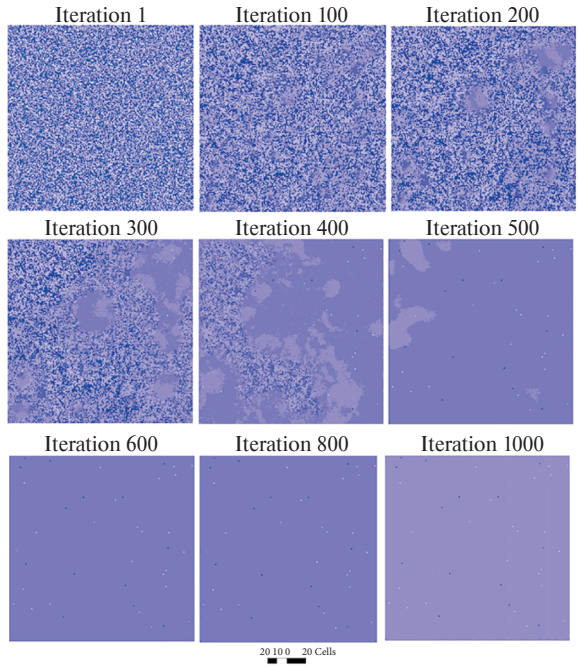


Рис. 2.11. Эволюция мнений агентов во времени и пространстве (размер модели: 200 на 200 ячеек; выполнено 1000 итераций), оригинал рисунка приведен в работе «Parallel agent-based modeling of spatial opinion diffusion accelerated using graphics processing units»

платформы для реализации агент-ориентированных моделей с целью их запуска в параллельном режиме[156]. Разработанная система позволяет эффективно управлять выполнением задач в рамках нескольких компьютерных сетей (интернет-узлов), используя при этом возможности мобильных агентов.

Данная платформа построена с применением фреймворка JADE и языка Java, что, на наш взгляд, несколько снижает ее

[156] David Sánchez, David Isern, Ángel Rodríguez-Rozas, Antonio Moreno (2011): Agent-based platform to support the execution of parallel tasks // Expert Systems with Applications, Volume 38, Issue 6, 2011, Pages 6644–6656, ISSN 0957-4174, https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.073.

производительность, но при этом она обеспечивает миграцию кода, данных и состояния выполнения между узлами сети без необходимости установки специализированного ПО на стороне клиента. Это, конечно же, значительно облегчает разработку моделей. Центральный сервер управляет второстепенными узлами, балансировкой нагрузки, обработкой отказов и распределением задач. Мобильные агенты выполняют задачи и возвращают результаты.

Платформа показала высокую масштабируемость и низкие затраты при выполнении ресурсоемких задач, сравнимых, по заявлению авторов, по сложности «с типовыми задачами на суперкомпьютерах». Благодаря использованию распределенных вычислений и модуля для интеллектуального планирования инструкций, система для ряда задач достигает почти линейного ускорения выполнения при увеличении числа узлов.

Для демонстрации ее практических возможностей была реализована система автоматического извлечения определенных сведений из широкого набора интернет-источников. Такая задача включала в себя синтаксический анализ тысяч веб-страниц и настройку семантических связей. В однопроцессорной версии модели анализ занимал до 17 часов, тогда как при использовании 4 узлов время сократилось до полутора часов. Это подтверждает высокую производительность и эффективность предложенной платформы при решении ресурсоемких интеллектуальных задач.

В исследовании ученых из Института исследований землетрясений Токийского университета (Earthquake Research Institute, the University of Tokyo) была разработана и апробирована модель массовой эвакуации при возникновении цунами[157]. Данный инструмент основан на агент-ориентированной парадигме

[157] M.L.L. Wijerathne, L. A. Melgar, M. Hori, T. Ichimura, S. Tanaka (2013): HPC Enhanced Large Urban Area Evacuation Simulations with Vision based Autonomously Navigating Multi Agents // Procedia Computer Science, Volume 18, 2013, Pages 1515–1524, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.319.

и предполагает автономное передвижение отдельных объектов с использованием регулируемого «горизонта видимости». В модели реализована весьма сложная городская среда в виде двумерной решетки с высоким разрешением (1 ячейка = 1 м^2), перемещаясь по которой агенты используют сенсоры, имитирующие механизмы человеческого восприятия. Особое внимание уделено агентам, которые изначально не знакомы с территорией (в соответствии с используемой терминологией это агенты – «визитеры»), которые самостоятельно определяют путь к видимому безопасному месту, используя алгоритм для выбора приоритетных направлений, который основан на длине потенциальных маршрутов и их доступности.

Для эффективного расчета движения миллионов агентов в режиме, близком к реальному времени, исследователи разработали параллельную версию модели, которая использует архитектуру MPI, и протестировали ее на суперкомпьютере K computer (RIKEN, Япония). Отметим, что эта вычислительная система в свое время была мощнейшей среди топ-500 суперкомпьютеров мира. Также для разработанного инструмента были реализованы специальные методы повышения масштабируемости, включая алгоритмы оптимизации коммуникаций, динамической балансировки нагрузки и минимизации объема передаваемых данных при перемещении агентов. Их использование позволило добиться высокой эффективности. Так, на 2048 ядрах была достигнута высокая масштабируемость, более 94 процентов при симуляции для 2 миллионов агентов на площади 18 км^2.

Верификация модели показала, что знакомые с местностью агенты достигают безопасных зон с высокой точностью, которая практически соответствует кратчайшим маршрутам, в то время как визитеры также демонстрируют реалистичное поведение, но с незначительными отклонениями по траектории и, соответственно, по времени. Например, при эвакуации 4000 агентов в районе города Коти большинство визитеров успешно достигли цели, несмотря на отсутствие заранее известных маршрутов. Максимальное отклонение по числу эвакуированных агентов-визитеров составило около 170 человек по сравнению с местными агентами.

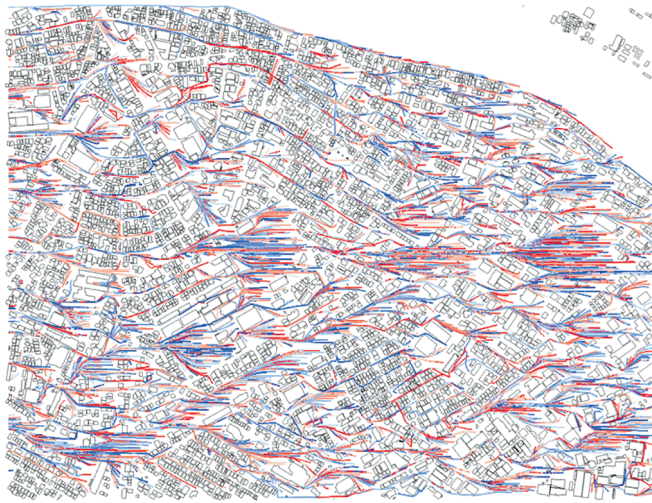


Рис. 2.12. Маршруты агентов-визитеров
(оригинал рисунка приведен в работе «HPC Enhanced Large Urban Area Evacuation Simulations with Vision based Autonomously Navigating Multi Agents»)

На рисунке 2.12 изображены траектории агентов-визитеров, не знакомых с местностью. Алгоритм позволил им находить реалистичные пути к цели, несмотря на ограниченную информацию о среде.

На рисунке 2.13 показано, что даже без знания об оптимальных маршрутах визитеры выбирали траектории, близкие к тем, что использовали агенты с полным представлением об окружающей среде. Синие линии обозначают маршруты агентов-визитеров, то есть тех, кто не имеет предварительной информации о местности и ориентируется только на видимую часть окружающей среды и общее направление к цели. В свою очередь, красные линии обозначают маршруты местных агентов, обладающих знанием об окружающей территории и следующих заранее спланированным кратчайшим путем с помощью предопределенной системы ориентиров.



Рис. 2.13. Сравнение маршрутов агентов-визитеров и местных агентов с одинаковыми характеристиками (оригинал рисунка приведен в работе «HPC Enhanced Large Urban Area Evacuation Simulations with Vision based Autonomously Navigating Multi Agents»)

Сравнение этих траекторий позволяет визуально оценить, насколько хорошо визитеры справляются с навигацией в незнакомой среде. Хотя их маршруты чуть длиннее, они все равно являются реалистичными и приближенными к оптимальным.

В работе ученых из Гданьского технологического университета и польского подразделения Intel Technology приведена модульная параллельная система для имитационного моделирования, в частности позволяющая оценивать поведение больших групп людей в городском пространстве[158]. Серьезным тестовым

[158] Artur Malinowski, Paweł Czarnul, Krzysztof Czuryło, Maciej Maciejewski, Paweł Skowron (2017): Multi-agent large-scale parallel crowd simulation // Procedia Computer Science, Volume 108, 2017, Pages 917–926, ISSN 1877-0509, https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.036.

примером, показывающим возможности этого инструмента, стала задача по воспроизведению процесса массовой эвакуации в университетском кампусе и ряде сопредельных районов Гданьска, предполагающая одновременную симуляцию для 100 000 агентов.

Для технической реализации была разработана программная архитектура с использованием языка C и библиотеки MPI, а также распределенной файловой системы. А с целью повышения эффективности работы с большим объемом данных был внедрен специальный кэш, позволяющий эффективно читать и записывать небольшие информационные сегменты, распределенные по файлу. Система кэширования также поддерживает синхронизацию агентов, которые могут одновременно взаимодействовать с одной и той же ячейкой карты. Каждый агент принимает решение о следующем шаге, исходя из текущего положения и окружающих препятствий. При этом реализована возможность обхода и задержек.

Система продемонстрировала высокую масштабируемость и производительность. Так, в ходе экспериментов, проведенных на двух вычислительных кластерах с различными характеристиками (K2 и Lap06), было смоделировано поведение 100 000 агентов на карте с площадью 6 км². Время выполнения симуляции увеличивалось линейно с увеличением числа агентов и итераций, но при этом масштабирование с использованием дополнительных процессоров дало существенный прирост производительности. При увеличении моделируемой площади увеличение времени было умеренным благодаря эффективной архитектуре и кэшированию. Например, при 12 500 итерациях, 15 000 агентах и при увеличении площади карты с 2 до 6 км², время симуляции на кластере Lap06 выросло всего на 40 %.

В исследовании ученых из Цюрихского университета и Университета прикладных наук и искусств Южной Швейцарии была разработана масштабируемая технология для расчетов крупноразмерных стохастических динамических экономических

моделей[159]. По мнению авторов, модели этого класса позволяют учитывать разнородность по странам, организациям и домохозяйствам, но их численное решение иногда требует значительных аппаратных ресурсов. В рамках работы был предложен вычислительный метод, который сочетает адаптивные разреженные сетки (adaptive sparse grid algorithm) и гибридную суперкомпьютерную архитектуру с использованием CPU и GPU.

В основе используемого подхода лежит итерационный алгоритм, реализованный с помощью параллельных вычислений. Соответствующие расчеты проводились на суперкомпьютере «Piz Daint» Швейцарского национального суперкомпьютерного центра. На момент расчетов эта система была на 3-м месте в списке Top500 мощнейших суперкомпьютеров мира.

Интерполяция функций выполняется на GPU с помощью адаптивных разреженных сеток и иерархических базисных функций, что позволяет ускорить вычисления примерно в 10 раз и снизить общее время расчетов на 50 %. Для управления распределением нагрузки использовалась комбинированная архитектура MPI + Intel TBB + CUDA/Thrust, благодаря которой система достигала масштабируемости до тысяч процессоров при высокой вычислительной эффективности.

Численные результаты показали, что использование адаптивных сеток снижает количество необходимых узлов примерно в 10 раз по сравнению с классической сеткой, а затраченное время сокращается примерно в 100 раз.

На рисунке 2.14 показано как строится разреженная сетка для двумерного случая. Основная идея состоит в том, чтобы выбрать только те узлы, которые вносят наибольший вклад в точность интерполяции, тем самым сократив общее число точек по сравнению с обычной полносеточной интерполяцией.

В работе польских ученых из Горно-металлургической академии в Кракове приведено описание масштабируемой вычисли-

---

[159] Johannes Brumm, Dmitry Mikushin, Simon Scheidegger, Olaf Schenk (2015): Scalable high-dimensional dynamic stochastic economic modeling // Journal of Computational Science, Volume 11, 2015, Pages 12–25, ISSN 1877-7503, https://doi.org/10.1016/j.jocs.2015.07.004.

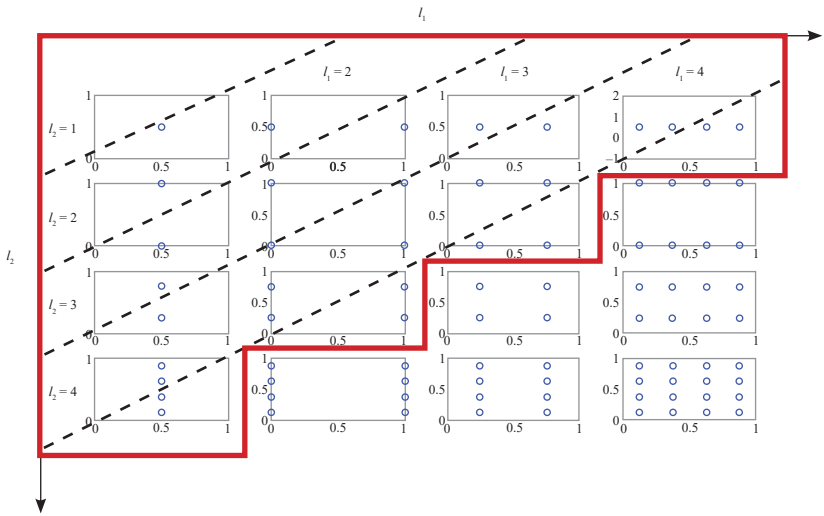


Рис. 2.14. Схематическая конструкция разреженной сетки в двумерном пространстве; синие точки — это узлы интерполяции, на которых вычисляется приближенная функция; жирная красная линия ограничивает область, в которой находятся допустимые уровни вложенных сеток; пунктирные линии показывают иерархические уровни, где сумма индексов по двум осям (l_1 и l_2) остается постоянной (оригинал рисунка приведен в работе «Scalable high-dimensional dynamic stochastic economic modeling»)

тельной платформы, реализованной на языке Erlang и предназначенной для построения агент-ориентированных моделей[160]. Предложенные авторами алгоритмы могут быть применены для решения оптимизационных задач, в том числе на суперкомпьютерах, поскольку достаточно хорошо конвертируются в параллельный код.

[160] Wojciech Turek, Jan Stypka, Daniel Krzywicki, Piotr Anielski, Kamil Pietak, Aleksander Byrski, Marek Kisiel-Dorohinicki (2016): Highly scalable Erlang framework for agent-based metaheuristic computing // Journal of Computational Science, Volume 17, Part 1, 2016, Pages 234–248, ISSN 1877-7503, https://doi.org/10.1016/j.jocs.2016.03.003.

В рамках исследования также была построена эволюционная мультиагентная система (Evolutionary Multi-Agent System, EMAS), в которой каждый агент планирует решение поставленной ему задачи и взаимодействует с другими участниками через специальные «арены встреч». Эти структуры управляют отбором и миграцией агентов, минимизируя избыточную коммуникацию с целью оптимизации вычислительной нагрузки. Благодаря используемой в Erlang модели конкурентных процессов и асинхронного обмена сообщениями, удалось добиться хорошей масштабируемости. Особое внимание авторов было уделено улучшению «узких мест» виртуальной машины Erlang, включая проблему синхронизации при генерации уникальных идентификаторов и выбор оптимальных структур данных для хранения состояния агентов.

Платформа была протестирована как на синтетической задаче (минимизации функции Растригина, используемой для проверки эффективности алгоритмов оптимизации), так и на реальной задаче управления транспортными потоками на автомобильных перекрестках. Во втором случае был разработан эволюционный оптимизационный алгоритм дискретных световых сигналов для увеличения пропускной способности. Планирование осуществлялось на горизонте 20 шагов, и при этом для оценки эффективности использовалась имитационная модель движения автомобилей. По результатам расчетов были достигнуты улучшения (до 34 %) по сравнению с классическими схемами «циклического светофора».

Но более важным результатом была суперкомпьютерная технология, предусматривающая параллельную обработку легковесных процессов с использованием виртуальной машины Erlang VM и масштабированием до 64 физических ядер, применяемая к эволюционным агентным моделям, имитирующим сложную среду.

На рисунке 2.15 показан пример управления движением на перекрестке, используемый в дискретной модели. Каждая клетка обозначает одну позицию на полосе, а машины показаны номерами. План из текущего примера состоит из трех перечисленных ниже последовательных шагов управления:

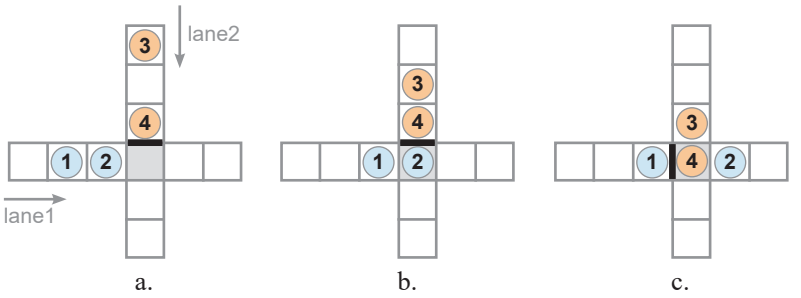


Рис. 2.15. Три шага управления движением
на автомобильном перекрестке
(оригинал рисунка приведен в работе «Highly scalable Erlang framework for agent-based metaheuristic computing»)

1. Шаг 1: машины с номерами 1 и 2 начинают движение, при этом разрешено движение только по первой полосе (lane 1).

2. Шаг 2: продолжается движение машин 1 и 2, при этом движение по первой полосе по-прежнему разрешено.

3. Шаг 3: приоритет переключается на вторую полосу (lane 2), и теперь машины 3 и 4 могут въезжать на перекресток, а машина 1 будет вынуждена остановиться.

Таким образом реализована последовательность сигналов — *(1, 1, 2)*, где каждая цифра указывает, какой полосе разрешено движение в соответствующий момент времени.

В другой работе «High-performance computing framework with desynchronized information propagation for large-scale simulations» этого же учреждения представлен масштабируемый и высокопроизводительный фреймворк для проведения симуляций, основанный на агент-ориентированной парадигме моделирования[161]. Авторы разработали алгоритм десинхронизированной передачи информации, основанный на механизме распространения запаха

[161] Jakub Bujas, Dawid Dworak, Wojciech Turek, Aleksander Byrski (2019): High-performance computing framework with desynchronized information propagation for large-scale simulations // Journal of Computational Science, Volume 32, 2019, Pages 70–86, ISSN 1877-7503, https://doi.org/10.1016/j.jocs.2018.09.004.

в воздухе. Предложенный подход позволил отказаться от строгой синхронизации состояний участков симуляции, что значительно повысило эффективность и масштабируемость системы.

Фреймворк построен с использованием языка Scala и библиотеки Akka, которая реализует агентную составляющую и поддерживает передачу сообщений между распределенными кластерами. Для обмена данными между узлами используется механизм буферных зон, минимизирующий межузловые сообщения, в результате чего обеспечивается высокая производительность даже при использовании тысяч вычислительных ядер. Тестирование проводилось на суперкомпьютере Prometheus.

В рамках демонстрации были реализованы три модели: 1) «хищник-жертва»; 2) симуляция одноклеточных морских организмов и 3) эвакуация людей при пожаре. Все модели показали хорошее масштабирование. В соответствующих экспериментах производительность возрастала практически линейно, время симуляций в среднем снижалось с 8 часов до 11 минут при увеличении числа узлов с 3 до 144.

Краткие выводы

Несмотря на то, что изученные материалы значительно различаются как по тематике, так и по технологиям реализации агентных моделей, тем не менее на их основе можно сделать общие выводы.

Во-первых, традиционные подходы, предполагающие глобальную синхронизацию и сеточную структуру, в случае задействования большого числа коммуницирующих агентов плохо масштабируются.

Во-вторых, детализация моделируемых систем до уровня отдельных агентов целесообразна, поскольку позволяет реализовать цифровые аналоги изучаемых процессов максимально приближенными к действительности.

В-третьих, практически во всех перечисленных работах важную роль играет идея асинхронности, т. е. с целью повышения производительности разработчики отказываются от жесткой синхронизации в пользу алгоритмов, предусматривающих локальные информационные обмены.

В-четвертых, повышается значимость пространственной структуры и неоднородности среды.

В большинстве случаев повышение производительности решается посредством: 1) деления карты на сектора, 2) внедрения адаптивных сеток, 3) варьирования точностью моделирования, 4) изменения плотности агентов и интенсивности событий. При этом модель адаптируется к такого рода модификациям, перераспределяя ресурсы туда, где они нужны.

Также важно отметить, что во многих материалах серьезное внимание уделяется способу параллельной обработки кода и использованию ускорителей выполнения однотипных задач.

Что особенно важно при реализации высокопроизводительных агент-ориентированных приложений:

1. Модели должны быть максимально децентрализованными для того, чтобы их масштабируемость была наиболее эффективной.

2. Агенты должны ориентироваться в большей степени на локальную информацию, а не на глобальное состояние системы.

3. Информация о среде должна распространяться с задержкой, постепенно и с затуханием. Это имеет большое значение при асинхронном режиме.

4. Моделируемое пространство должно быть адаптивным, отражая плотность событий и локацию агентов.

5. Обучаемость агентов является ключом к адаптации системы к нестабильным условиям.

6. Вычислительная архитектура должна объединять гибкость параллельных потоков с возможностями ускорения.

На основе этих принципов был сформулирован и предложен собственный гибридный алгоритм – *Desynchronized Agent-based Simulation with Adaptive Grid Engine* (**DA-SAGE**). Он вобрал в себя лучшее из проанализированных работ: асинхронность передачи информации, сложность среды, индивидуальность поведения, возможность обучения и масштабируемость вычислительной архитектуры. Такой подход позволяет моделировать динамические системы не просто как набор процессов, а как самоорганизующуюся среду, в которой текущее поведение получается из локальных взаимодействий и накопленного опыта.

2.4.1.2. Описание алгоритма DA-SAGE

Таким образом, с учетом анализа зарубежного и собственного опыта был разработан новый гибридный алгоритм для моделирования масштабных социально-экономических процессов. Его отличают гибкая структура, возможность динамической адаптации к меняющимся условиям и эффективная система распределенных вычислений.

В отличие от стандартных моделей, которые работают строго пошагово и требуют постоянной синхронизации между всеми элементами, здесь информация передается асинхронно, а именно через локальные сигналы. Благодаря этому механизму агенты принимают решения, основываясь только на доступной им информации, а не на полной картине мира. Это делает их поведение более реалистичным, а систему в целом устойчивой и масштабируемой.

Используемое в системе пространство представлено в виде многослойной сетки, а ее детализация меняется в зависимости от плотности расположения агентов. Это позволяет использовать вычислительные ресурсы более эффективно.

У каждого агента в модели есть память, стратегия поведения и особенности восприятия внешней среды. Информация о событиях (к примеру, об опасности или доступных ресурсах) расходится среди агентов волнами, которые постепенно ослабевают. И это избавляет от необходимости постоянной связи между всеми участниками, что приближает симуляцию к реальным процессам.

Самое главное – используемая программная архитектура выполняет часть задач (обработка сигналов, перемещение большого количества агентов) плотно и синхронно, а поведение агентов обрабатывается асинхронно и децентрализованно. Таким образом, эта комбинированная архитектура, сочетающая в себе два уровня параллелизма, обеспечивает хороший прирост производительности.

Также следует отметить, что в системе DA-SAGE реализована возможность обучения агентов, которые могут адаптировать

свое поведение в зависимости от прошлого опыта и складывающейся ситуации.

Алгоритм включает в себя три ключевых компонента:

1. Адаптивная сетка, которая способствует более эффективному управлению пространством и распределению вычислительных ресурсов.

2. Локальные сигналы, которые имитируют распространение информации.

3. Агенты, реагирующие на сигналы, действующие автономно, коммуницирующие и обучающиеся.

Главный модуль симуляции обеспечивает взаимодействие всех частей системы, в которой агенты обладают определенной независимостью, обновление среды осуществляется на уровне локальных зон, а взаимодействие оптимизировано под гибридную архитектуру (CPU и GPU). Приведенный ниже псевдокод 2.1 демонстрирует ключевые этапы: инициализация, получение сигналов, принятие агентами решений и обновление.

Листинг 2.1. Псевдокод, отражающий логику DA-SAGE

// Шаг 1: Инициализация модели
Создание пространства в виде адаптивной сетки
Разделение пространства на зоны с учетом плотности агентов
Распределение зон по вычислительным узлам

// Шаг 2: Создание агентов
Для каждого агента:
- ✓ Задание начального состояния и стратегии поведения
- ✓ Назначение положения в одной из зон
- ✓ Инициализация памяти

// Шаг 3: Основной цикл симуляции
Пока не достигнуто условие завершения:
// Обновление агентов (асинхронно и параллельно)
Для каждого агента:
- ✓ Получение локальных сигналов из среды
- ✓ Обновление внутреннего состояния на основе восприятия

```
  ✓ Принятие решения и выполнение действия (генерация
  сигнала, взаимодействие)

// Обновление среды
Для каждой зоны:
  ✓ Распространение сигналов с затуханием
  ✓ Перемещение агентов, покинувших зону
  ✓ Обмен значениями по границам с соседними зонами
  (асинхронно)

// Обучение агентов (периодически)
Если настал момент обучения:
Для каждого агента:
  ✓ Обновление стратегии на основе накопленного опыта

// Сбор статистики и визуализация (периодически)
Если настал момент отчета:
  ✓ Сбор ключевых показателей
  ✓ Обновление визуализации и сохранение данных
```

Ниже представлены три коротких фрагмента кода на языке C#, иллюстрирующих логику алгоритма DA-SAGE. В листинге 2.2 приведен базовый функционал агента, обеспечивающий восприятие и обучение. Каждый агент действует как независимая сущность, он воспринимает локальные сигналы, принимает решения на их основе и может обучаться, корректируя свою стратегию поведения.

Листинг 2.2. Фрагмент кода (на языке C#), отражающего базовую логику поведения агента

```
class Agent
{
  Vector2 Position;
  AgentMemory Memory;
  AgentPolicy Policy;
```

```
  void SenseEnvironment(GridZone zone)
  {
    var localSignals = zone.GetSignalsAround(Position);
    Memory.Update(localSignals);
  }
  void Act()
  {
    var decision = Policy.Decide(Memory);
    Execute(decision);
  }

  void Learn()
  {
    Policy.Update(Memory);
  }
}
```

В листинге 2.3 приведена разметка пространства на независимые зоны, каждая из которых управляет локальными агентами. Зоны взаимодействуют асинхронно, передавая информацию на границах.

Листинг 2.3. Фрагмент кода (на языке C#), определяющего подпространства общего пространства

```
class GridZone
{
  List<Agent> Agents;
  double[,] SignalField;

  void PropagateSignals() {/* локальное распространение */}
  void TransferAgents() {/* передача агентов между зонами */}
  void ExchangeBorderInfoAsync() {/* асинхронный обмен
  по границам */}
}
```

В листинге 2.4 приведен фрагмент кода, отражающий независимость действий агентов и отдельного обновления среды.

Листинг 2.4. Фрагмент кода (на языке C#), отражающий параллельный режим агентной модели в главном цикле симуляции

```
class Simulation
{
  List<Agent> AllAgents;
  SimulationGrid Grid;
  int Tick = 0;

  void Run(int maxTicks)
  {
    while (Tick < maxTicks)
    {
      Parallel.ForEach(AllAgents, agent =>
      {
        var zone = Grid.FindZone(agent.Position);
        agent.SenseEnvironment(zone);
        agent.Act();
      });

      Grid.UpdateEnvironment();

      if (Tick% LearningInterval == 0)
        foreach (var agent in AllAgents)
          agent.Learn();

      Tick++;
    }
  }
}
```

Далее рассматривается практическое использование DA-SAGE и сравнение нового алгоритма с классической синхронизацией.

2.4.1.3. Результаты экспериментов

Основная цель экспериментов заключалась в сравнении алгоритма DA-SAGE с классическим способом синхронизации на примере агент-ориентированной модели, которая реализует достаточно простое поведение индивидуумов с использованием синтетических данных (то есть реальные данные не использовались). Под классической синхронизацией понимается ее достаточно простая реализация, предусматривающая сведение информации через равные промежутки времени. Таким образом, по сути, сравниваются два механизма распараллеливания для различных масштабов (от 100 тысяч до 5 млн агентов). При этом оценивались ключевые показатели эффективности: время одного шага моделирования и последствия от перераспределения агентов по вычислительным узлам.

Что понимается под синхронной моделью? В контексте исследования это «традиционная» многопоточная реализация, где агенты действуют в рамках глобальных временных шагов в конце каждого из которых происходит синхронизация. При этом все коммуникации плотные, а барьеры обязательные. В свою очередь, DA-SAGE тоже является параллельной реализацией, но при этом асинхронной, т. е. обмен информацией между агентами сведен к локальным зонам, а синхронизация заменена на «размытую» передачу состояния. Таким образом, сравнение происходит между двумя параллельными системами, реализованными с разной логикой: первая плотно синхронизированная, а вторая асинхронная, событийная и локальная.

Рассмотрим эффективность обоих систем в зависимости от числа агентов (табл. 2.31).

При 100 000 агентах прирост увеличился в два раза, что вообще логично, поскольку коммуникационные издержки невелики, а выигрыш в асинхронности не так уж и заметен. Но с ростом числа агентов эффективность DA-SAGE заметно возрастает, поскольку при 5 млн агентов она уже в 5 с лишним раз быстрее, чем синхронная модель. Это происходит благодаря тому, что DA-SAGE не требует синхронной координации, избегает глобальных барьеров, локализует обновления и минимизирует коммуникации.

Также важно отметить, что если бы DA-SAGE сравнивался с обычной однопоточной моделью (предполагающей последовательное выполнение программного кода), то прирост скорости в 5 раз можно было бы объяснить многопоточностью. А в данном случае **важно, что выигрыш произошел именно за счет другой архитектуры**, а не увеличения числа потоков.

В рамках второй серии расчетов анализировались последствия изменения среды в процессе симуляции (т. е. это имитация возникновения новой угрозы – пожара, загрязнения и т. д.). А цель заключалась в вычислении скорости адаптации модели к этому шоку и оценке времени перераспределения агентов. Обе системы запускаются со стабильной средой, а потом резко меняется конфигурация пространства. В процессе расчетов измерялись: 1) время до стабилизации, 2) доля агентов, попавших в «тупиковую» ситуацию и 3) уровень перегрузки отдельных зон. Полученные результаты приведены в табл. 2.32.

Таблица 2.31

Эффективность алгоритмов в зависимости от числа агентов

Количество агентов	Время реализации одного шага симуляции синхронной модели, секунды	Время реализации одного шага симуляции алгоритма DA-SAGE, секунды	Прирост производительности, в разах
100 000	0,42	0,21	×2,0
500 000	2,8	1,1	×2,5
1 000 000	6,9	2,2	×3,1
5 000 000	38,5	7,4	×5,2

Таблица 2.32

Устойчивость систем при изменениях средовых параметров

Метрика	Синхронная модель	DA-SAGE
Время на стабилизацию (шаги)	120	45
Максимальная перегрузка зоны	6500 агентов	3100 агентов
Доля агентов, попавших в тупик	14 %	3 %

Расчеты показали, что алгоритм DA-SAGE быстрее восстанавливает устойчивое распределение и снижает плотность в перегруженных секторах за счет асинхронного алгоритма и адаптивного поведения. Иными словами, получается, что десинхронизированная передача информации снижает эффект «панической волны» и способствует более мягкому перераспределению вычислительной нагрузки.

В рамках третьей серии расчетов моделируется процесс экстренной эвакуации из ограниченного пространства с несколькими выходами, часть из которых заблокирована. В симуляции агенты перемещаются из различных точек пространства в сторону ближайшего выхода, а в качестве выходных переменных вычисляются среднее и максимальное время эвакуации, количество повторных обходов и плотность скоплений у выходов. Что наиболее важно? В классической синхронной модели зачастую наблюдался эффект «бутылочного горлышка», когда агенты скапливаются и за счет этого медленно реагируют и в целом ведут себя менее реалистично. А в алгоритме DA-SAGE, благодаря усовершенствованной системе передачи сигналов в локальном подпространстве, агенты быстрее перестраиваются, стараются избегать заторов и ведут себя более реалистично.

Хотя важно отметить следующее. В реальных ситуациях заторы и задержки часто возникают естественным образом, но в случае синхронной модели они были чрезмерными.

Алгоритм DA-SAGE более адекватен, но все же иногда демонстрирует слишком идеальное поведение агентов. В этой связи важно достичь баланса, путем дополнительного встраивания ограниченности восприятия и ошибочности части решений (например, через ограничение радиуса видимости, введение инерционности или стохастических ошибок). Тем не менее, для данного механизма общее время эвакуации снижается, а система в целом демонстрирует большую устойчивость и эффективность (табл. 2.33).

Сведем полученные результаты в обобщающую таблицу 2.34, где концептуально сравниваются два алгоритма на основе проведенных расчетов.

Таблица 2.33

Эффективность эвакуации для двух алгоритмов

Показатель	Синхронная модель	DA-SAGE
Время полной эвакуации	240 секунд	187 секунд
Среднее время эвакуации агента	76 секунд	51 секунда
Доля агентов с повторным обходом	22 %	8 %

Таблица 2.34

Концептуальное сравнение синхронной модели и DA-SAGE

Критерий	Синхронные модели	DA-SAGE
Масштабируемость	умеренная	высокая
Гибкость к динамике среды	умеренная	высокая
Задержка реакции	высокая	адаптивная
Приближенность к реальности	умеренная	высокая
Вычислительная нагрузка на коммуникацию агентов	высокая	низкая

Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать несколько принципиальных выводов:

1. Разработанный алгоритм DA-SAGE сочетает в себе масштабируемость и адаптивность, которые так необходимы для моделирования современных сложных социально-экономических процессов.

2. Обмен информацией в асинхронном режиме между распределенными в пространстве агентами позволяет избежать некоторых узких мест, которые характерны для синхронных систем. Предложенный механизм снижает необходимость глобальной синхронизации.

3. Гибкая архитектура DA-SAGE позволяет адаптировать решение для различных предметных областей (демография, транспортные системы, распространение заболеваний, поведение толпы, климат и др.).

В перспективе предложенный алгоритм может быть адаптирован для интеграции с реальными данными и использован в рамках интеллектуальных систем управления, территориального планирования и устойчивого развития городов, регионов и стран.

2.4.2. AURORA – гибридная платформа для параллельного моделирования социально-экономических процессов

Во втором исследовании предлагается программная платформа, которая совмещает агент-ориентированный подход и механизмы распараллеливания. Сначала рассматривается зарубежный опыт подобных разработок, а затем описана созданная система. Для демонстрации возможностей были произведены вычислительные эксперименты, показавшие высокий уровень ее готовности для практического применения.

2.4.2.1. Краткий обзор разработок в области высокопроизводительных систем

В исследовании ученых из Гданьского политехнического университета «Multi-agent large-scale parallel crowd simulation with NVRAM-based distributed cache» была описана высокопроизводительная параллельная система для моделирования поведения толпы[162]. Она основана на агент-ориентированной парадигме моделирования и изначально предполагалась для запуска на суперкомпьютерах, хотя возможно создание последовательных версий тоже. Предложенная авторами архитектура позволяет симулировать перемещения десятков тысяч агентов в рамках пространства до 6 км², причем даже в случаях неожиданной разбалансировки вычислительной нагрузки (к примеру, при имитации процессов экстренной эвакуации).

Ключевая особенность системы заключается в несколько необычной архитектурной конфигурации. В ней задействованы MPI,

---

[162] Artur Malinowski, Paweł Czarnul (2019): Multi-agent large-scale parallel crowd simulation with NVRAM-based distributed cache // Journal of Computational Science, Volume 33, 2019, Pages 83–94, ISSN 1877-7503, https://doi.org/10.1016/j.jocs.2019.04.004.

параллельная файловая система и энергонезависимая оперативная память (NVRAM). Последняя позволяет ускорить операции ввода-вывода и обеспечить устойчивость к сбоям за счет применения режима fail-safe. Также отметим, что при необходимости симуляция может быть продолжена с момента последнего сохранения состояния. Кроме того, по мнению разработчиков, использование NVRAM позволило повысить производительность без существенного роста накладных расходов на синхронизацию.

Реализованная система была протестирована на двух суперкомпьютерных кластерах, один из которых спроектирован с использованием NVRAM. По результатам расчетов были получены хорошие показатели масштабируемости – к примеру, эффективность параллельного кода была выше 60 %, при активации режима fail-safe накладные расходы составили около 20 %, а вот при замене обычной RAM на NVRAM вообще менее 2 %. Симуляции проводились для 60 000 агентов и включали в себя около 25 000 итераций, при этом разрешение одной ячейки карты составляло от 40×40 см до 8×8 см.

Фрагмент симуляции приведен на рисунке 2.16, на котором реализуется работа модели и представлено отображение агентов на карте города.

В работе ученых из Пенсильванского университета «An agent-based framework for performance modeling of an optimistic parallel discrete event simulator» представлен алгоритм оптимистичного параллельного дискретно-событийного симулятора (optimistic Parallel Discrete Event Simulator, PDES)[163]. Такие симуляторы применяются для реализации сложных распределенных систем. В рамках построенной архитектуры авторы предложили использовать каждый логический процесс в качестве самостоятельного агента, взаимодействующего с другими агентами посредством обмена сообщений или при срабатывании определенных событий.

[163] Kurve, A., Kotobi, K. & Kesidis, G. An agent-based framework for performance modeling of an optimistic parallel discrete event simulator. Complex Adapt Syst Model 1, 12 (2013). https://doi.org/10.1186/2194-3206-1-12.

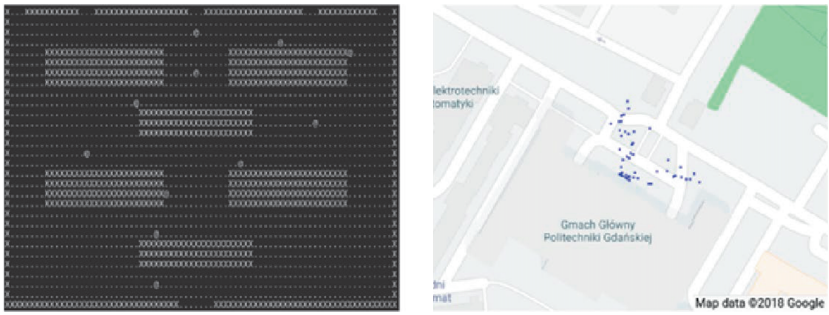


Рис. 2.16. Визуализация симуляции эвакуации: текстовая и картографическая версии; слева – текстовая версия в формате ASCII, справа – фрагмент спутниковой карты Гданьского политехнического университета (оригинал рисунка приведен в работе «Multi-agent large-scale parallel crowd simulation with NVRAM-based distributed cache»)

Но более важно другое. PDES реализован в виде графа, в котором отдельные узлы (агенты) осуществляют индивидуальные решения, руководствуясь оценкой нагрузки или вычислительными затратами на передачу сообщений. В качестве программной среды был использован пакет NetLogo, который позволяет тестировать различные стратегии балансировки нагрузки и минимизировать задержки без дорогого аппаратного обеспечения. Кроме того, сам NetLogo является бесплатным. Авторы подчеркивают, что их решение является эффективным для суперкомпьютерной реализации агентных моделей и когда важна точная синхронизация между процессами, а также временные откаты (rollbacks), которые возникают при нарушении временных связей.

В ходе вычислений были протестированы два способа распределения логических процессов по процессорам, ориентируясь на затраты на межпроцессорную коммуникацию. Оптимизация параметра μ (веса коммуникационных издержек) существенно влияет на общее время выполнения всей симуляции. А конкретно, при использовании графа с 300 узлами оптимальные значения μ составляют около 100 (при первом способе) и 1000 (при втором). Применение динамического перераспределения логических

процессов через каждые 20 000 тактов сокращает количество откатов и снижает нагрузку между процессорами. Таким образом, тестируемая модель показала серьезный потенциал для повышения производительности PDES-систем для реализации крупномасштабных агент-ориентированных моделей.

В исследовании «Parallel Computation In Econometrics: A Simplified Approach», проведенном учеными из Оксфордского университета, рассматривается возможность применения суперкомпьютерных технологий для расчетов эконометрических моделей[164].

Авторы предлагают использовать «персональные высокопроизводительные вычисления» (Personal High-Performance Computing), предусматривающие бюджетный вариант объединения обычных ПК в распределенную высокопроизводительную систему, по сути, представляющую высокопроизводительный кластер.

Отметим, что необычность проявляется не только в аппаратной составляющей, но и в применении объектно-ориентированного матричного языка программирования Ox, в который также имплементирован интерфейс обмена сообщениями MPI. Такая архитектура позволяет запускать программный код как на отдельном ПК, так и в параллельном режиме без существенной модификации. Основная авторская новация заключается в скрытии логики, реализующей параллельные вычисления внутри языковых конструкций с тем, чтобы минимизировать трудозатраты при программировании.

Сама технология ориентирована на так называемую чрезвычайную параллельность (embarrassingly parallel), которая не требует согласования результатов выполнения отдельных задач.

Суперкомпьютерная составляющая обеспечивается использованием кластеров и технологии MPI, где обособленная часть эксперимента выполняется на отдельном узле, а агрегация результатов и управление осуществляются через мастер-процесс.

---

[164] Doornik, Jurgen & Shephard, Neil & Hendry, David. (2006). Parallel Computation in Econometrics: A Simplified Approach.. University of Oxford, Open Access publications from University of Oxford.

В языке Ox реализована объектно-ориентированная оболочка для распределенного запуска циклов, которая включает контроль загрузки узлов.

Проведенные расчеты продемонстрировали эффективность предложенного подхода – так, при реализации метода Монте-Карло было достигнуто 6-кратное ускорение расчетов. Также было выявлено, что производительность некоторых операций в Ox с использованием оптимизированных библиотек (ATLAS, MKL) сопоставима, а в ряде случаев превышала производительность аналогичного кода на языке C, особенно при работе с большими матрицами.

Работа исследователя из Калифорнийского университета в Санта-Крузе «Massively Parallel Computing in Economics» посвящена оценке возможности использования параллельных вычислений для решения экономических задач[165]. Автор показывает, что конвертация последовательного кода в высокопроизводительный позволяет значительно сократить время численного разрешения сложных экономических моделей. В качестве аппаратной архитектуры были выбраны графические процессоры GPU, а для программной реализации – соответствующий язык CUDA с библиотекой шаблонов Thrust.

Для демонстрации возможностей было реализовано два примера. Первый – классическая задача динамического программирования с итерацией по функции ценности (Value Function Iteration) на сетке состояний. Она, по сути, идеальна для распараллеливания, поскольку каждая точка сетки обрабатывается независимо. Иными словами, расчеты для конкретной пары значений (капитал и производительность) не зависят от других точек для текущей итерации. И для этой задачи использование GPU более чем оправдано, поскольку по сравнению с последовательным кодом на C++ ускорение достигает сотни раз (в ряде случаев до 800).

[165] Aldrich, E.M. (2013). Massively Parallel Computing in Economics. SIGFIRM Working Paper No. 15.

А вот второй пример более тяжелый – многострановая модель с обобщенным алгоритмом стохастического моделирования (Generalized Stochastic Simulation Algorithm). В рамках модели рассматриваются взаимосвязи между странами и значения переменных в одной стране влияют на расчеты для другой, поэтому независимые вычисления осуществить нельзя и эффективность распараллеливания сильно ниже (ускорение составляло порядка 10 раз).

Вычисления проводились с использованием высокопроизводительного кластера на базе графических процессоров NVIDIA Tesla C2075 с 448 вычислительными ядрами.

Главный вывод исследования в том, что применение суперкомпьютерных технологий и, в частности, процессоров GPU открывает новые возможности для моделирования экономических процессов и значительно ускоряет работу в случае необходимости проведения множественных вычислительных экспериментов.

В исследовании ученых из университетов Маастрихта (Нидерланды), Кента (Великобритания) и Амстердама (Нидерланды) приведена довольно интересная технология ParMitISEM, которая является параллельной версией алгоритма MitISEM, применяемого в байесовской эконометрике[166].

Реализация технологии необычная. Система адаптирована под гибридную аппаратную архитектуру, основанную на CPU и GPU, а программная часть основана на использовании MATLAB, что упрощает использование эконометрических методов и не требует глубоких знаний CUDA.

Высокая производительность была продемонстрирована на четырех примерах:

1. Аппроксимация двумерного распределения Гельман-Мэнга[167], имеющего изогнутую, неэллиптическую форму с несколькими пиками. Эта модель важна для экспериментального расчета, поскольку алгоритм точно и быстро уловил сложную кривизну.

---

[166] Baştürk, N., Grassi, S., Hoogerheide, L., & Van Dijk, H. K. (2016). Parallelization Experience with Four Canonical Econometric Models Using ParMitISEM. *Econometrics*, *4*(1), 11. https://doi.org/10.3390/econometrics4010011.

[167] Gelman, A.; Meng, X. A Note on Bivariate Distributions that are Conditionally Normal. Am. Stat. 1991, 45, 125–126.

2. Байесовская оценка обобщенной модели авторегрессионной условной гетероскедастичности (GARCH), используемая авторами для анализа и прогнозирования финансовых временных рядов. ParMitISEM прекрасно справился с задачей оценки этой модели.

3. Модель инструментальных переменных[168], оценивающая влияние образования на доход. Особенность этой модели в том, что апостериорное распределение переменной имеет вытянутую форму, которую авторы определяют как «хребтовую». Обычно алгоритмы плохо справляются с такими «узкими хребтами», но ParMitISEM может корректно аппроксимировать и такие формы, причем без подгонки под конкретную модель.

4. Модель новой кейнсианской кривой Филлипса, которая связывает текущую инфляцию с ее ожиданиями и предельными издержками. Эта модель часто используется в центральных банках и DSGE моделях. Почему важна эта модель? По мнению авторов, ее аппроксимация затруднена из-за жестких ограничений по параметрам и высокой нелинейности. Тем не менее, алгоритм ParMitISEM справился.

Параллельная реализация алгоритма показала ускорение от 4 до 10 раз в зависимости от задачи.

Рассмотрим теперь отдельный результат в наглядном виде. К примеру, на рисунке 2.17 визуализирована работа алгоритма ParMitISEM для разрешения модели инструментальных переменных. В левой части графика показана целевая или «правильная» апостериорная плотность (то, как на самом деле распределены значения β и ρ). Отметим, что вытянутая вдоль диагонали область («хребет») показывает, что между параметрами β и ρ есть сильная связь и вдоль нее лежит большая часть вероятных значений. Авторы отмечают, что на таком распределении стандартные методы часто «спотыкаются». В свою очередь в правой части графика – аппроксимация от ParMitISEM, т. е. то, что построил алгоритм.

[168] Card, D. Using Geographic Variation in College Proximity to Estimate the Return to Schooling. In Aspects of Labour Market Behaviour: Essays in Honour of John Vanderkamp; Christofides, L.N., Grant, E.K., Swidinsky, R., Eds.; University of Toronto Press: Toronto, ON, Canada, 1995; Chapter 7.

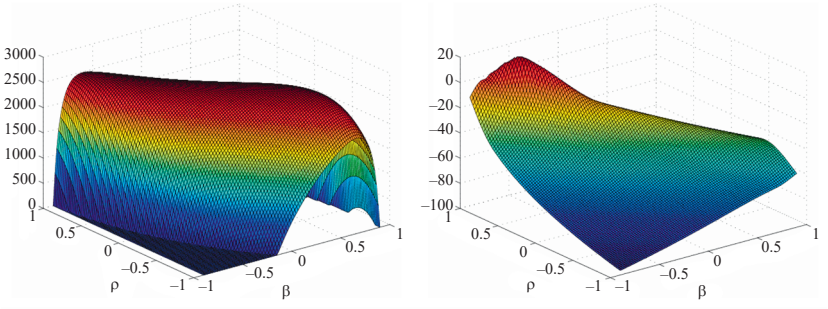


Рис. 2.17. Точность работы алгоритма ParMitISEM для аппроксимации модели инструментальных переменных; слева – целевая плотность, справа – аппроксимация от ParMitISEM в логарифмическом масштабе; β (ось X) – коэффициент, определяющий влияние образования на доход, а ρ (ось Y) – это корреляция ошибок, показывает насколько корректной получилась модель из-за эндогенности (оригинал рисунка приведен в работе «Parallelization Experience with Four Canonical Econometric Models Using ParMitISEM»)

Он также поймал форму «хребта» и показал возможность использования для моделирования.

Проведенные расчеты показали, что разработанный алгоритм особенно эффективен для сложных, неэллиптических распределений с узкими областями допустимых параметров.

В работе исследователей из Греции «A Distributed Multi Agents Based Platform for High Performance Computing Infrastructures» приведено описание разработанной распределенной платформы, использующей агент-ориентированный подход и предназначенной для реализации крупномасштабных моделей на высокопроизводительных системах[169]. По заверениям разработчиков, распределение программного кода по вычислительным узлам

[169] Kiourt, Chairi & Kalles, Dimitris. (2015). A Distributed Multi Agents Based Platform for High Performance Computing Infrastructures. 10.48550/arXiv.1610.03450.

происходит автоматически, что является большим удобством для исследователей, не имеющих компетенций в сфере суперкомпьютерных технологий.

Технологически платформа построена на трех уровнях – нижний обеспечивает реализацию взаимодействия агентов, средний отвечает за координацию задач и обмен данными между компонентами модели, а верхний предоставляет удобный веб-интерфейс для удаленного управления моделью и запуска экспериментов.

Эксперименты распределяются с помощью алгоритма перебора по круговому циклу «Round-robin», а управление ими осуществляется через систему визуализации и генерации сценариев в виде XML-файлов. Важной особенностью системы является автоматическое повторное назначение задач при сбоях, а также возможность мониторинга сотен параллельных заданий.

Для демонстрации возможностей платформы была проведена симуляция игры RLGame, в которой участвовали 126 агентов, играющих друг с другом 125 матчей (100 партий в каждом). Таким образом суммарное количество партий составило 1 575 000. Последовательная версия алгоритма заняла бы около 26 000 часов, а параллельная позволила провести расчеты за 24 дня, что эквивалентно ускорению в 50 раз.

В рамках исследования ученых из Университета Майами «Efficient parallel simulation of spatially-explicit agent-based epidemiological models» была разработана среда моделирования SEARUMS++ для параллельной симуляции пространственно-распределенных агент-ориентированных эпидемиологических моделей[170].

Для достижения высокой масштабируемости и производительности, авторы реализовали SEARUMS++ с использованием алгоритма оптимистичной синхронизации по протоколу Time Warp для распределенного параллельного моделирования дискретных событий.

---

[170] Dhananjai M. Rao (2016): Efficient parallel simulation of spatially-explicit agent-based epidemiological models, Journal of Parallel and Distributed Computing, Volumes 93–94, 2016, Pages 102–119, ISSN 0743-7315, https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2016.04.004.

В качестве примера использования стала симуляция перемещения стаи птиц с помощью необычного решения – с помощью прокси-агентов. Так, процесс миграции таких агентов реализуется путем активации прокси-агентов на новом узле суперкомпьютера с одновременной деактивацией прокси на старом. По мнению авторов, это позволяет резко снизить количество межпроцессорных сообщений, которые замедляют симуляцию. А для обработки граничных случаев был разработан еще более продвинутый метод с активными прокси, синхронизирующими состояния агентов, уменьшающими количество откатов и увеличивающими масштабируемость.

На рисунке 2.18 показано, как по спутниковым данным создается карта миграционных коридоров, используемых агентами для перемещения.

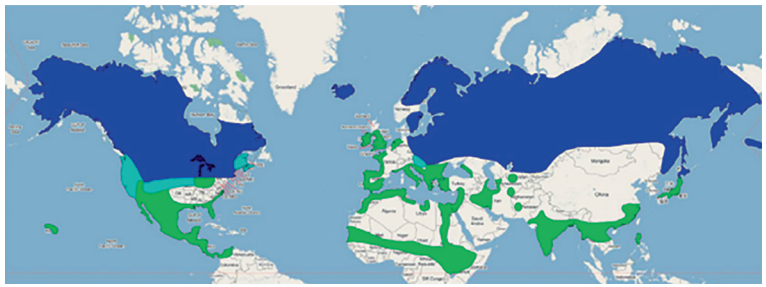
Хотя была проделана большая работа, нельзя сказать, что в итоге было получено качественное увеличение производительности, поскольку эксперименты показали, что использование SEARUMS++ с прокси-агентами обеспечило прирост скорости выполнения симуляции только в 2–2,5 раза для 10 000 агентов.

В исследовании ученых из трех американских университетов: Университета Мэриленда, Принстона и Университета Южной Калифорнии «Simple Urban Simulation Atop Complicated Models: Multi-Scale Equation-Free Computing of Sprawl Using Geographic Automata» была предложена оригинальная технология моделирования городского планирования[171]. В ее основе применение географических автоматов (Geographic Automata) для реалистичной симуляции пространственных процессов урбанизации, учитывающих «скачкообразный» рост, развитие около автомобильных дорог и распространение за пределы городов.

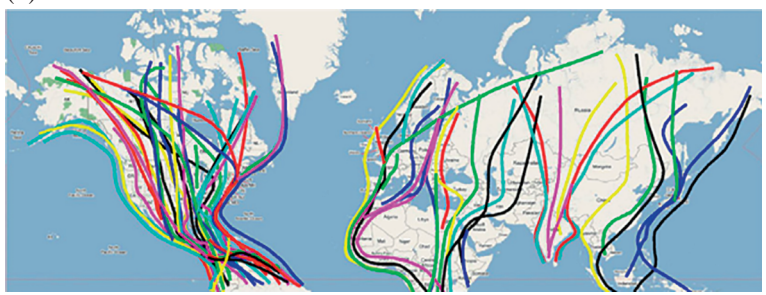
По мнению авторов, технологическая новизна заключается в применении метода Equation-Free Computing, т. е. способа

[171] Torrens, P. M., Kevrekidis, Y., Ghanem, R., & Zou, Y. (2013). Simple Urban Simulation Atop Complicated Models: Multi-Scale Equation-Free Computing of Sprawl Using Geographic Automata. *Entropy*, *15*(7), 2606–2634. https://doi.org/10.3390/e15072606.

(1)



(2)



(3)

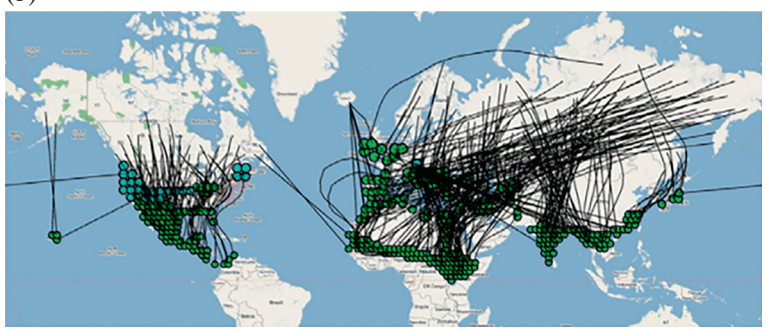


Рис. 2.18. Пример визуализации данных:
(1) исходная информация спутникового мониторинга о миграциях птиц из базы GROMS (Global Register of Migratory Species);
(2) основные миграционные коридоры
и (3) сгенерированные моделью стаи агентов (круги), где каждый из них представляет совокупность птиц определенного вида (оригинал рисунка приведен в работе «Efficient parallel simulation of spatially-explicit agent-based epidemiological models»)

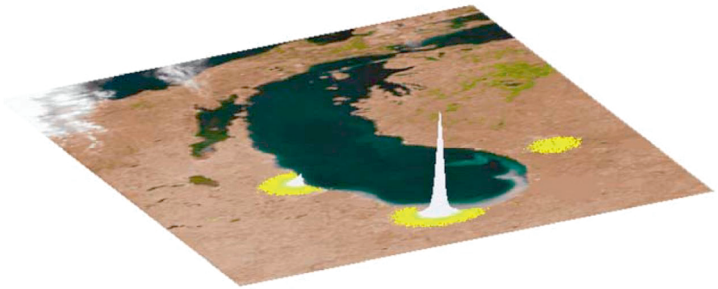
работы с моделями, у которых нет уравнений на макроуровне, но используется модель автомата на микроуровне. Но самое главное – вместо расчетов для всей системы на длительном периоде, в ходе экспериментов запускается серия коротких симуляций, которые позволяют спрогнозировать изменения макропараметров (к примеру, плотности населения). Иными словами, нет необходимости рассчитывать всю систему в каждую единицу времени. Для этих целей применяется авторский метод Coarse Projective Integration, в котором данные из набора коротких расчетов используются для оценки тренда и экстраполирования поведения системы на макроуровне. Сначала определяется агрегированная переменная, а затем производится генерация сопряженного микросостояния из макро-описания (процедура lifting) и модель запускается на короткий период времени (short burst). Полученные значения агрегируются, рассчитывается производная и делается прогноз на более длинный временной период, но уже без симуляции.

Вычисления проводились на суперкомпьютерном кластере TIGRESS в Принстонском университете, а ускорение составило 42 % по сравнению с последовательной версией. В качестве симуляций была воспроизведена двухвековая урбанизация в регионе Среднего Запада США (включая Чикаго, Мэдисон и другие города). Результаты показали достоверную пространственную городскую застройку: плотный центр и характерная разреженность населения по мере удаления от него.

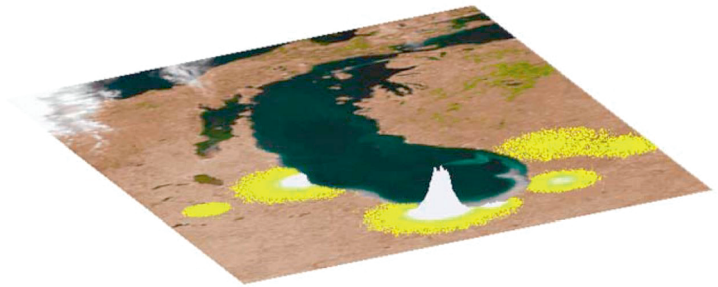
Таким образом, работа продемонстрировала, что с помощью высокопроизводительных вычислений и предложенного авторами алгоритма можно эффективно моделировать сложные явления, связанные с динамикой развития крупных городов и получать достоверные результаты.

На рисунке 2.19 показано, как менялась плотность населения в городских поселениях Среднего Запада США за 150 лет (от 1850 до 2000 года). Видно, как сначала формируются городские центры, а затем застройка начинает распространяться по окраинам, образуя характерные пригородные зоны. Эти карты получены с помощью метода Coarse Projective Integration.

1850 год



1900 год



2000 год

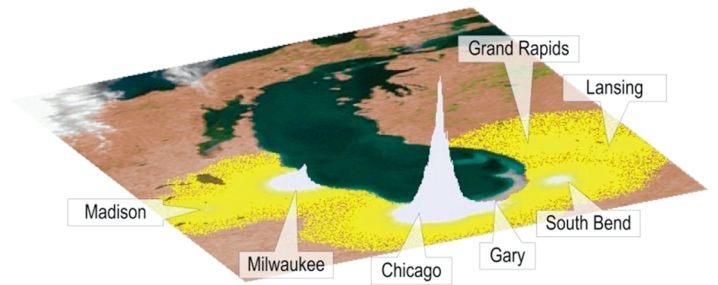


Рис. 2.19. Симуляция развития пригородов для ряда населенных пунктов Среднего Запада США для 1850, 1900 и 2000 гг. (оригинал рисунка приведен в работе «Simple Urban Simulation Atop Complicated Models: Multi-Scale Equation-Free Computing of Sprawl Using Geographic Automata»)

В исследовании ученых из Токийского университета «Scalable HPC Enhanced Agent Based System for Simulating Mixed Mode Evacuation of Large Urban Areas» была представлена масштабируемая система для моделирования процессов массовой эвакуации населения при стихийных бедствиях, использующая агент-ориентированный подход и высокопроизводительные вычисления[172].

Основная цель работы – оценка стратегий для ускорения эвакуации в сложной городской среде. В симуляторе учитываются взаимодействия пешеходов и автомобилей, а также заторы, возникающие препятствия, снижение видимости и многие другие факторы, придающие реалистичности моделируемым процессам.

Кроме того, в симуляторе используется детализированная карта местности с высоким разрешением (1 ячейка соответствует 1 м²), а в расчетах участвовали миллионы виртуальных агентов, обладающих индивидуальными характеристиками, особенностями поведения и способными автономно реагировать на изменения в окружающей среде. Каждый агент изучает ближайшее пространство, принимает решение на основе складывающейся ситуации и взаимодействует с другими агентами. Для обеспечения высокой производительности авторами была разработана параллельная версия модели и протестирована на суперкомпьютере K-Computer, установленном в Институте физико-химических исследований RIKEN. Для синхронизации были использованы интерфейсы MPI и OpenMP, а для обеспечения непрерывности симуляции применен механизм обмена данными между соседними участками (ghost regions). Также были использованы методы динамической балансировки нагрузки и адаптивного уменьшения количества используемых процессов при снижении плотности агентов в ходе эвакуации.

Для экспериментов была охвачена территория 588 км² в Токио и около 10 миллионов агентов. Модель продемонстрировала высокую масштабируемость, поскольку при увеличении числа

[172] Lalith Wijerathne, Wasuwat Petprakob, Leonel Aguilar, Muneo Hori, Tsuyoshi Ichmura (2018): Scalable HPC Enhanced Agent Based System for Simulating Mixed Mode Evacuation of Large Urban Areas, Transportation Research Procedia, Volume 34, 2018, Pages 275–282, https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.11.042.

вычислительных узлов с 512 до 2048 время выполнения сократилось почти в четыре раза (около 1258 секунд). По мнению авторов, это соответствует эффективности масштабирования 82,1 %, что подтверждает пригодность модели для расчета полномасштабных сценариев эвакуации в мегаполисах с использованием суперкомпьютеров.

2.4.2.2. Система AURORA

Часть рассмотренных выше работ внесла значительный вклад в развитие агент-ориентированного моделирования, а также высокопроизводительных вычислительных платформ, используемых для симуляции сложных социально-экономических систем. Среди нетривиальных и весьма полезных технологий – новые механизмы отказоустойчивости, применение параллельной файловой системы и энергонезависимой оперативной памяти, организация персональных высокопроизводительных вычислений, использование географических автоматов и метода Equation-Free Computing, а также реализация неэллиптических распределений, байесовской оптимизации и включение в один из алгоритмов объектно-ориентированного матричного языка программирования Ox.

Некоторые из исследований были ориентированы на задачи эконометрики и макроэкономического моделирования, в которых важное значение имеет точность статистических выводов и устойчивость решений. А другая группа работ ориентирована на пространственное распределение агентов и их миграцию, но при этом важна синхронизация всех процессов и обеспечение отказоустойчивости в условиях высоких нагрузок.

Но цель разработки нашей методологии заключается не в повторении изученных подходов, а в их интеграции в единую, универсальную платформу, предназначенную для решения задач пространственного, социального и экономического моделирования.

Ниже описывается предлагаемый гибридный фреймворк AURORA (*Agent-based Unified Runtime for Optimized Regional Analysis*), предназначенный для анализа социально-экономических систем, имеющих географическую привязку, т. е. для регионов как наднационального, так и субнационального уровней.

Этот фреймворк включает в себя:

• модульную архитектуру, которая обеспечивает масштабируемость и адаптацию под различные классы задач;

• отказоустойчивое выполнение симуляции;

• поддержку пространственной привязки для агентов и взаимодействия между ними;

• возможности запуска на суперкомпьютерах различной архитектуры.

Рассмотрим технологические решения, используемые в AURORA.

1. Двухуровневая модель распараллеливания:

✓ Внутриузловой уровень (fine-grain parallelism), на котором программный код реализуется на процессорах с использованием OpenMP.

✓ Межузловой уровень (coarse-grain parallelism), на котором распараллеливание осуществляется между разными узлами кластера. При этом каждый узел обрабатывает отдельную задачу или регион, а между ними происходит обмен сообщениями с использованием MPI.

2. Отказоустойчивость и непрерывность исполнения осуществляются благодаря использованию NVRAM-кэша и механизма checkpoint-restore, позволяющего продолжать вычисления без потерь данных при сбоях оборудования.

3. Механизм логической миграции агентов, обеспечивающий их переход между регионами с сохранением их пространственных связей. Это особенно важно при реализации задач, связанных с миграцией, транспортом, распространением инфекций и т. д.

4. Адаптивная настройка параметров, т. е. поддержка параллельной байесовской оптимизации с использованием алгоритма, позволяющего уточнять модель по мере выполнения симуляции.

Архитектура и логика выполнения кода в системе AURORA

Чтобы не перегружать материал программным кодом, ограничимся концептуальным описанием разработанной системы с небольшой вставкой псевдокода. Ниже представлена обобщающая

таблица 2.35, в которой приведено соответствие между основными логическими шагами симуляции и архитектурными модулями AURORA. Эта таблица, по сути, является схемой ее работы, позволяющей увидеть, какие конкретно компоненты задействованы на определенном этапе.

Таблица 2.35

Соответствие логических этапов симуляции и архитектурных модулей AURORA

№	Этап исполнения	Отвечающие модули	Комментарии
Инициализация			
1.1	Загрузка конфигурации	*Agent Core, Region Manager, Parallel Execution Engine*	Загрузка параметров для запуска симуляции, включая настройки агентов, описание регионов, длительность симуляции и конфигурацию вычислительной среды
1.2	Построение пространственной сетки	*Region Manager*	• Создание региональной структуры с использованием географических, демографических, экономических и других данных. • Назначение каждому региону уникального идентификатора и параметров среды (плотность населения, уровень доходов и т. д.).
1.3	Создание популяции агентов	*Agent Core*	• Генерация агентов с индивидуальными характеристиками: половозрастные, уровень дохода, потенциальная мобильность и др. • Привязка агентов к конкретным регионам.
1.4	Распределение по узлам, запуск связей	*Parallel Execution Engine*	• Назначение каждого региона отдельному вычислительному узлу (или процессу). • Установка каналов обмена между узлами (MPI). • Инициализация общей системы синхронизации.

Продолжение табл. 2.35

№	Этап исполнения	Отвечающие модули	Комментарии
Основной цикл симуляции (выполняется итеративно во времени и включает обработку индивидуального поведения агентов, межагентных и межрегиональных взаимодействий и управляющие воздействия на макроуровне)			
2.1	Обработка поведения агентов	*Agent Core*	• Внутри каждого региона, параллельно по узлам, агенты обновляют свое состояние на основе локальной информации, правил поведения и взаимодействий с соседями. • Выполняется с использованием внутриузлового параллелизма (OpenMP).
2.2	Внутрирегиональные взаимодействия	*Agent Core, Region Manager*	• Обработка событий, возникающих на уровне региона (локальные перемещения агентов, синхронизация с другими подсистемами, к примеру, с экономическим блоком). • Все события логически согласовываются внутри регионального пространства.
2.3	Межрегиональная миграция	*Migration Handler*	• Выявление агентов, покидающих текущий регион. • Создание прокси-агентов для поддержания ссылочной целостности. • Передача мигрирующих агентов в соседние регионы через каналы межузлового обмена. • Актуализация региональных списков агентов после перемещения.
2.4	Агрегация и макроуправление	*Equation-Free Supervisor*	• Сбор агрегированных характеристик регионов. • Прогноз макродинамики на основе этих индикаторов. • Внесение глобальных управляющих воздействий.

Окончание табл. 2.35

№	Этап исполнения	Отвечающие модули	Комментарии
2.5	Отказоустойчивость и контроль исполнения	*Checkpoint Manager*	• Проверка условий для создания контрольной точки (к примеру, через определенное количество шагов). • Сохранение состояния региона и агентов в энергонезависимую память (NVRAM). • Возможность продолжения вычислений с момента последнего сохранения при сбое.
Завершение симуляции			
3.1	Сбор и выгрузка результатов	*Agent Core, Region Manager, Checkpoint Manager*	• Экспорт показателей агентов и регионов. • Сжатие и архивация логов, треков миграции, макропоказателей и контрольных точек.
3.2	Завершение процессов	*Parallel Execution Engine*	• Остановка потоков и закрытие межузловых соединений. • Очистка временных буферов и освобождение памяти. • Формирование отчетного файла о завершении симуляции.

Таблица 2.35 дает цельное представление об архитектуре AURORA в статике, то есть описание основных модулей и их функционала. Но чтобы посмотреть, каким образом компоненты взаимодействуют в динамике, ниже приводится обобщенный псевдокод основного цикла симуляции, а также укрупненный алгоритм одного из ключевых модулей, отвечающего за реализацию механизма межрегиональной миграции агентов модели.

Пример псевдокода

Сначала посмотрим основной цикл симуляции (листинг 2.5).

Листинг 2.5. Псевдокод, реализующий основной цикл симуляции AURORA

```
FOR each time step // внешний цикл времени.
FOR each region IN parallel // параллельная обработка регионов (coarse-grain).
Внутри региона:
    update_agents(region) // обновление состояния агентов (fine-grain, OpenMP).
    handle_internal_events(region) // внутрирегиональные события.
    detect_migrants(region) // определение мигрирующих агентов.
    exchange_migrants() // межрегиональный обмен (MPI).
После регионального этапа:
    aggregate_macro_indicators() // агрегирование для макромоделей.
    run_equation_free_supervisor() // мета-моделирование.
    IF checkpoint_needed: save_checkpoint() // отказоустойчивость.
```

Этот цикл демонстрирует общий порядок выполнения симуляции. Как видно, поведение агентов в параллельном режиме обновляется на уровне регионов, после чего осуществляется межрегиональное взаимодействие (миграция и обмен данными). Затем рассчитываются агрегированные показатели и сохраняется контрольная точка для механизма отказоустойчивости.

В свою очередь логика работы **модуля**, обеспечивающего межрегиональную миграцию приведена ниже:

1. Идентификация агентов, покидающих текущий регион.
2. Создание прокси-агентов на стороне целевого региона.
3. Установление асинхронной связи между регионами.
4. Передача состояния агентов через MPI.
5. Удаление агентов из текущего региона после подтверждения его перемещения.

То есть миграция осуществляется по принципу «логической» передачи, что, с одной стороны, позволяет сохранять связи между

агентами, а с другой – минимизировать потери данных и обеспечить масштабируемость.

Для оценки работоспособности всех этих механизмов при решении практических задач была проведена серия расчетов, направленная на проверку производительности, масштабируемости, устойчивости и практической адекватности. В следующем разделе рассмотрим полученные результаты.

2.4.2.3. Результаты экспериментов

В первую очередь разработка фреймворка AURORA была связана с необходимостью реализации пространственно-распределенных моделей социально-экономических систем с высокой степенью детализации и основанных на агент-ориентированной парадигме. Кроме того, важным требованием является возможность миграции агентов и их коммуникация, но при этом расходы на синхронизацию должны быть минимизированы.

AURORA применима к решению широкого класса задач, включая моделирование демографических процессов, прогнозирование последствий внутренних и внешних шоков, а также оценку различного рода управленческих решений, оказывающих влияние на экономические показатели.

Ниже рассматриваются три примера практической реализации AURORA, демонстрирующие ее эффективность.

Первая серия расчетов: миграция и оценка устойчивости системы

В рамках первой серии расчетов была осуществлена симуляция процесса миграции между регионами. Каждый из 1 млн агентов реализовывал индивидуальное поведение с учетом половозрастных характеристик, склонности к миграции, уровня доходов и социальных связей. Межрегиональный обмен был воспроизведен для 24 регионов, а в ходе вычислительных экспериментов, в том числе, отслеживались возможные потери данных. Они могут возникать из-за сбоев связи между узлами (к примеру, в результате ошибок в буфере), в случае плохого проектирования процесса миграции или нарушении синхронизации при аварийной ситуации и отсутствии актуальных контрольных точек для восстановления.

Чтобы предотвратить потерю данных, был использован специальный модуль, который включал в себя:

1) глобальный счетчик агентов, который на каждом шаге суммировал их с учетом рождения, смертности и миграции;

2) алгоритм контроля перемещения, обеспечивающий корректное копирование состояний агентов;

3) механизм сверки агрегированных показателей;

4) систему логирования;

5) механизм контроля после восстановления.

Эксперименты проводились на суперкомпьютере «Ломоносов-2» МГУ им. М. В. Ломоносова для трех режимов:

1. Базовый (последовательная версия модели)

2. Параллельный (без агрегирования)

3. Параллельный с агрегированием, т. е. тот же распределенный запуск, но часть вычислений проводится не на уровне отдельных агентов, а через агрегированные показатели. Этот режим позволяет пропустить часть обновлений системы на микроуровне. Иными словами, допускается, что в ряде случаев детализация является излишней. Следует также отметить, что неизвестно, как это влияет на точность результатов, и для расчетов степень агрегации, по сути, регулируется субъективно.

Полученные результаты, являющиеся усреднением 10 прогонов для каждого режима, приведены в табл. 2.36, а ускорение рассчитывалось по сравнению с базовым последовательным режимом.

Что следует особенно отметить. При запуске системы на высокопроизводительном кластере разделение данных по регионам оказалось критически важным, поскольку взаимозависимости агентов без учета географической привязки резко снижали эффективность распараллеливания. Кроме того, при использовании MPI необходимо реализовывать буферизацию сообщений от мигрирующих агентов, поскольку в противном случае при пиковом обмене также резко ухудшается производительность.

Что касается контроля отказоустойчивости, то он, с одной стороны, крайне важен, поскольку при всех запусках не было

Таблица 2.36

Сравнение производительности для различных режимов реализации системы на суперкомпьютере

Режимы	Узлы	Количество агентов	Время выполнения 100 шагов, секунды	Ускорение, в разах	Потери данных
Последовательный запуск	1	100 000	920	×1,0	0 %
AURORA без агрегирования	16	100 000	280	×3,3	0 %
AURORA с агрегированием	16	100 000	190	×4,8	0 %
AURORA с агрегированием	64	1 000 000	140	×6,6	0 %

утрачено ни одного объекта, но, с другой стороны, необходимо отметить, что слишком частые сохранения снижают эффективность работы системы.

Резюмируя, можно сказать, что AURORA является весьма производительной системой, позволяющей осуществлять симуляции для большого числа агентов без потери логической согласованности.

Вторая серия расчетов: оценка некоторых мер социальной политики

Вторая серия расчетов направлена на оценку адекватности демографической модели, реализованной в системе AURORA. Рассматриваются такие эффекты как миграция, плотность проживания населения, средний возраст и вероятность депопуляции через призму управленческих мер.

Расчеты охватывали 24 субъекта России и около 500 тыс. агентов, каждый из которых отличался половозрастными характеристиками, трудовым статусом и готовностью к миграции. А управленческие меры подразумевали под собой воздействия, которые

меняли поведенческие установки агентов. К ним относятся: 1) стимулирующие выплаты при рождении ребенка; 2) субсидии на внутреннюю миграцию для перераспределения населения и снижения оттока из депрессивных регионов; 3) вложения в инфраструктуру сельских районов для улучшения условий жизни и работы.

При этом, в рамках расчетов отслеживалось влияние управленческих мер на миграционный отток, плотность проживания населения в депрессивных регионах (с низкой плотностью), средний возраст населения и количество регионов, в которых удалось увеличить плотность выше порогового значения (12 чел/км²).

Полученные результаты приведены в таблице 2.37, но важно отметить следующее. По сути, эти числа показывают величину эффекта каждой меры, но не их затратную эффективность (относительно фиксированного объема затраченных средств). Дело в том, что данные меры имеют существенные различия по требуемым финансовым ресурсам, временным затратам, административным усилиям, и поэтому сопоставление их эффективности в одной таблице не совсем корректно. Для более правомерной оценки требуется учет бюджетных затрат и временного горизонта каждой из них. Но, с другой стороны, цель расчетов состоит в оценке адекватности системы в целом и если направление влияния будет совпадать с интуитивными представлениями, то можно сказать, что модель может быть использована для анализа эффективности государственной политики в данной сфере.

Расчеты каждой меры проводились для 10-летнего периода.

Проведенные эксперименты показали, что систему AURORA можно использовать не только для распараллеливания программного кода, но и для количественной оценки различных мер социальной политики. Все рассмотренные механизмы работают в нужном направлении – уменьшают отток населения, способствуют повышению плотности в депрессивных регионах и влияют на снижение среднего возраста. Наиболее эффективные среди них, хотя и с учетом ранее сделанных оговорок, являются меры, связанные с улучшением инфраструктуры сельских районов.

Таблица 2.37

Оценка различных мер государственной политики в сфере управления демографическими процессами (эффекты относительно базового сценария)

Мера политики	Влияние на миграционный отток	Влияние на плотность в депрессивных регионах	Влияние на средний возраст населения	Количество регионов, в которых удалось снизить вероятность депопуляции
Выплаты при рождении	−3,1 %	+2,7 %	−0,9 года	12 регионов
Субсидии на внутреннюю миграцию	−7,8 %	+4,4 %	−1,4 года	17 регионов
Вложения в инфраструктуру сельских районов	−11,3 %	+6,2 %	−2,1 года	21 регион

Вообще, оптимальная стратегия для государственного управления в сфере демографии должна быть комплексной, то есть сочетать в себе все данные мероприятия.

Третья серия расчетов: моделирование экстренных событий и устойчивость к шокам

Третья серия расчетов очень важна с позиции проверки возможностей AURORA работать в условиях резкой дестабилизации моделируемой среды (к примеру, вспышка эпидемии или резкий миграционный приток), а также при возникновении аппаратных сбоев.

Для расчетов использовалась модель с 32 регионами и количеством агентов около 750 тысяч. В разных частях происходили случайные шоковые события, в результате которых агенты помимо обычного поведения реагировали на внешние сигналы – эвакуировались или, наоборот, ограничивали перемещение.

В таблице 2.38 приведены результаты упомянутых выше сценариев. Отметим, что «отключение ¼ узлов кластера» было эмулировано путем инициализации директивы, которая на определенном шаге приостановила процессы на 25 % используемых узлов.

Проведенные эксперименты показали, что система AURORA сохраняет свою устойчивость и целостность данных даже в случае сбоя оборудования, а производительность параллельной версии сохраняется и при резких шоках. Особенно важно то, что во всех расчетах не было зафиксировано потерь агентов. В свою очередь нарушения синхронизации носили локальный характер и длились недолго. Механизм восстановления с использованием контрольных точек обеспечил возобновление выполнения модели после отказа ряда узлов, при этом среднее замедление исполнения кода не превышало 12 %. Использование асинхронной логики обработки событий позволило сохранить устойчивость при таком рассогласовании сообщений, ограничившись локальными сбоями и не допуская зависания на глобальном уровне.

Таким образом, в ходе исследования был разработан гибридный фреймворк AURORA, представляющий собой масштабируемую и отказоустойчивую платформу для моделирования распределенных социально-экономических систем на базе агент-ориентированного подхода.

В AURORA удалось реализовать двухуровневую систему распараллеливания (OpenMP + MPI), механизм логической миграции агентов, алгоритм непрерывности исполнения и адаптивную настройку параметров симуляции с байесовской оптимизацией.

Система была протестирована на суперкомпьютере Ломоносов-2, где продемонстрировала как адекватность при решении прикладных задач, связанных с оценкой управленческих решений, так и устойчивость при аппаратных и программных сбоях.

В будущем предполагается расширить AURORA за счет дополнительных библиотек, усложняющих поведение агентов, интеграции с геоинформационными системами и дополнительной оптимизации вычислительных модулей для повышения производительности. Это позволит расширить круг решаемых фреймворком задач.

Таблица 2.38

Оценка устойчивости AURORA при системных шоках

Тип события	Продолжительность	Нарушение синхронизации	Потеря агентов	Восстановление с использованием контрольных точек	Среднее замедление исполнения
Эпидемия (массовая изоляция агентов)	40 шагов	нет	0 %	не потребовалось	+4,3 %
Отключение 1/4 узлов кластера	10 шагов	краткосрочное	0 %	да (автоматически)	+11,6 %
Миграционный коллапс (шлюзовый регион перегружен)	25 шагов	да (локально)	0 %	не потребовалось	+6,9 %

Выводы

Во второй главе были рассмотрены различные подходы для моделирования и прогнозирования социально-экономических явлений. Агент-ориентированные модели показали свою эффективность для симуляции сложных, нелинейных, географически распределенных процессов, для которых важно учитывать индивидуальные особенности участников и их взаимодействия друг с другом. В свою очередь генеративный искусственный интеллект открывает новые возможности для анализа больших объемов неструктурированных данных и в том числе экономического прогнозирования. Этот «помощник» сам не строит модели, но может самостоятельно выявлять сложные нелинейные взаимосвязи и скрытые закономерности. Традиционные инструменты (CGE и DSGE) в ходе экспериментов выдают числа, а большие языковые модели могут делать псевдочисловые выводы, которые, тем не менее, оказываются в ряде случаев более точными, поскольку выводятся на основе огромного количества экспертных мнений, ранжированных в зависимости от цитирований.

Интегральные индексы национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала позволяют оценивать устойчивость социально-экономической системы страны, а также проводить межстрановые сравнения и выявлять риски.

Все перечисленные инструменты объединяет высокая вычислительная сложность и потребность в применении суперкомпьютерных технологий для их успешной практической реализации.

Таким образом, цепочка, от постановки задачи повышения качества жизни через развитие аналитических методов и систем прогнозирования до их технической реализуемости замыкается в единую концепцию. Эта концепция предполагает сочетание передовых методов моделирования, комплексных индексов и мощной вычислительной инфраструктуры, что создает условия для формирования более точных прогнозов и обоснованных управленческих решений.

ГЛАВА 3

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ[173]

Качество жизни имеет значение как важный результат социально-экономического развития для всех слоев населения и во всей иерархии управления, а в достижении высоких результатов социально-экономического развития большую роль играет изученность проблем качества жизни. Исследование проблем качества жизни предполагает комплексный подход и связано с анализом факторов, которые наиболее ярко проявляются на уровне регионов. В число таких факторов входят экономические факторы, культурные и этнодемографические особенности, наделенность природными ресурсами, погодно-климатические и экологические факторы и т. д.

3.1. Методология экономики качества как научная основа оценки качества жизни[174]

За последние годы опубликовано значительное количество результатов исследований по проблемам качества жизни. Начиная

[173] Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-10090, https://rscf.ru/project/23-28-10090/ и гранта Санкт-Петербургского научного фонда при поддержке Правительства Санкт-Петербурга «Моделирование и оценка качества жизни населения Северо-Запада, определение степени влияния агломерационных процессов на города и регионы, обоснование возможных сценариев развития агломераций и оценка эффектов от реализации различных сценариев агломерирования территории в условиях больших вызовов», в Институте проблем региональной экономики Российской академии наук научным коллективом под руководством академика РАН В. В. Окрепилова в составе: Н. Л. Гагулина, И. В. Коршунов, Н. А. Рослякова, Р. А. Гресь.

[174] Материалы разделов 3.1, 3.2, 3.4 подготовлены с участием д.э.н. Н. Л. Гагулиной, вед.н.с. ИПРЭ РАН.

с 2000 года по настоящее время, рассчитанное нами появление новых научных статей в российской системе РИНЦ по поисковому запросу «Качество жизни» в названии, аннотации, ключевых словах и полном тексте всех типов научных публикаций, составляет 177342 ед. В разрезе регионов публикаций меньше. Так, сужая поисковый запрос до словосочетания «Качество жизни Северо-Запада», получаем более скромные результаты: 7337 публикаций за период (таблица 3.1).

Данные таблицы 3.1 содержат указание на публикации в виде статей в журналах, диссертаций, книг, материалов конференций, депонированных рукописей, наборов данных, патентов, грантов. Пик публикационной активности по данному запросу приходится на 2011–2015 гг., как всего, так и в среднем за период.

Качество жизни населения сегодня изучается с самыми разными целями – начиная от научных исследований и заканчивая исследованиями в интересах бизнес-консалтинга. Научные исследования ориентированы на выявление определенных закономерностей в выбранной области знаний.

Как показывает анализ содержания отечественных и зарубежных публикаций, посвященных методологии качества жизни, значительная часть работ сосредоточена в области медицины. Качество жизни при этом исследуют на уровне взаимосвязи здоровья, долголетия, смертности, здорового долголетия с такими

Таблица 3.1

Появление новых публикаций в системе РИНЦ с обращением к понятию «Качество жизни Северо-Запада»

Количество упоминаний	Период				
	2000–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2020	2021–2024
всего	501	1284	2268	1931	1353
в среднем за период (ед/мес)	7,0	21,4	37,8	32,2	24,2

По данным портала https://elibrary.ru

условиями жизнедеятельности, как загрязнение окружающей природной среды, питание, доступность социальных услуг и т. д.

Сфера интересов бизнеса в изучении качества жизни чаще охватывает материальные аспекты и находится в плоскости взаимосвязей дохода с доступностью лучших условий труда, проживания, отдыха и т. д.

На уровне региона проблемное поле научных исследований в сфере качества жизни образовано практическим интересом к факторам, от которых зависит благосостояние населения региона сегодня и в будущем. Среди таких факторов – особенности регионального социально-экономического развития, в первую очередь связанные с большой протяженностью территории нашей страны, неоднородностью пространства макро-регионов.

На отображение роли качества в различного рода закономерностях (естественных, технических, социальных и прочих) функционирования экономических систем нацелена научная методология экономики качества. При исследовании проблем качества ярко проявляется взаимопроникновение наук. Чем выше, сложнее явление, качество которого необходимо исследовать, тем больше отраслей знания приходится применять. Только междисциплинарный синтез и комплексное использование достижений и методов различных дисциплин позволяет решать задачи в области качества.

Исследования качества, которые мы начинали еще в 1970-е годы, никогда не теряли своей актуальности[175]. Переход страны к рыночным отношениям потребовал дальнейшего углубленного изучения вопросов управления качеством на основе научного подхода с учетом коренным образом изменившейся ситуации в экономике, политике и социальной сфере. Мы пришли к пониманию, что

[175] Окрепилов В. В. Экономика качества: создание и перспективы развития / Инновации молодежной науки : Тезисы докладов всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием, Санкт-Петербург, 22–26 апреля 2024 года. – Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2024. – С. 4–5. – EDN RTJMZA.

в условиях рынка необходимо рассматривать вопросы качества не только применительно к продукции и услугам, но и ко всей системе экономических отношений, нужно исследовать процессы управления всей деятельностью предприятия, включая такие аспекты, как финансы, ресурсы, персонал и другие вопросы микроэкономики. Так стало формироваться новое научное направление – экономика качества.

Экономика качества представляет уникальное явление: сама являясь одной из ветвей экономических наук, она входит неотъемлемой частью во все другие направления, акцентируя внимание на необходимости учета качественных характеристик, исследуемых в том или ином аспекте.

Целью экономики качества как науки является описание, объяснение и предсказание закономерностей воздействия качества на процессы и явления общественной жизни. Сегодня экономика качества уже сложилась как целостная научная система, признанная научным сообществом. Ключевые достижения:

– экономика качества выделена как самостоятельное направление экономической науки;

– создана и успешно развивается научная школа в области экономики качества, вошедшая в реестр ведущих научных школ Санкт-Петербурга;

– обеспечено сочетание принципов отраслевого и территориального управления на уровнях предприятия, района, города и разработана организационная структура территориальной системы управления качеством продукции;

– разработан и широко внедрен метод самооценки деятельности предприятий и организаций различных отраслей, форм собственности и размеров;

– предложен метод оценки инновационных проектов на основе критериев «модели делового совершенства»;

– разработан методический подход к анализу эффективности управления качеством в органах государственной власти в целях противодействия коррупции;

– предложена модель многоуровневой системы менеджмента качества;

– разработана методика оценки качества жизни, обеспеченная базой данных с закрепленным правом интеллектуальной собственности.

Методика оценки качества жизни (далее – Методика), разработанная нами в Институте проблем региональной экономики РАН, дает возможность выделить направления воздействия на социально-экономическую систему и, применяя современные методы управления, добиваться более высоких результатов социально-экономического развития, повышать качество жизни[176]. Методика прошла обширную апробацию на всех стадиях – начиная с момента формулирования научной гипотезы, формирования исходных положений, моделирования, проведения масштабного вычислительного эксперимента и заканчивая разработкой рекомендаций для органов власти, внедрения результатов исследования в документы стратегического уровня.

Методология экономики качества играет основополагающую роль в Методике, что составляет ее главную отличительную особенность. Применение инструментария экономики качества, в единстве стандартизации, метрологии и управления качеством, позволяет согласовать потребности и нужды населения, отраженные в документах стратегического планирования, с особенностями и возможностями экономики страны, макрорегиона, региона, муниципального образования, предприятия. Стандартизация обеспечивает правильность, сопоставимость результатов измерений, распространяет эти качества на экономику в целом, опираясь на метрологию. Метрология предоставляет единые методы измерения и оценки показателей экономики. Управление качеством оперирует принципом «качество не имеет границ» и распространяет действие данного принципа на все сферы и уровни объекта управления.

Качество жизни в концепции экономики качества определено нами как «оценочная категория, которая обобщенно

[176] Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Моделирование качества жизни Санкт-Петербурга и регионов Северо-Запада // Экономика и математические методы. – 2024. – Т. 60, № 3. – С. 54–69. – DOI 10.31857/S0424738824030052. – EDN BNNAXS.

характеризует параметры всех составляющих жизни человека: его потенциала, жизнедеятельности и условий жизнедеятельности, по отношению к стандарту или эталону, который выработан и институционализирован обществом и (или) существует в индивидуальном сознании человека»[177].

Всеобъемлющий характер качества жизни, его неотделимость от системы взаимоотношений, в которых качество жизни имеет ценность, формирует матрицу научного исследования, предусматривающую выделение следующих принципов:

– охват всех ключевых сфер деятельности экономики: производственной, экологической, социальной, культурной, научно-образовательной, воспитательной, институциональной и т. д.;

– выведение задач повышения качества жизни на все уровни управления в экономике.

Основные теоретические положения Методики подробно описаны в монографии, изданной совместно с коллегами из ЦЭМИ РАН, пп. 3.2[178]. Здесь мы приводим ее схематичное изображение (рис. 3.1).

Методика определяет единые правила и основные методические положения оценки показателей качества жизни при принятии решений, необходимых для улучшения благосостояния населения, повышения конкурентоспособности бизнеса и при проведении сравнительного анализа. Для этого в Методике сформирован перечень показателей, с помощью которых можно охарактеризовать качество жизни как предметную область в концепции экономики качества. Особое место при этом уделено ожидаемой продолжительности жизни, объему валового продукта в расчете на душу населения и показателям качества образования.

---

[177] Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Моделирование и оценка качества жизни в макрорегионах России на основе методологии экономики качества // Пространственная экономика. 2023. Том 19. № 4. С. 170–186. https//dx.doi.org/10.14530/se.2023.4.170-186.

[178] Макаров В. Л., Окрепилов В. В., Бахтизин А. Р. (2023). Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров. М. : ЛЕНАНД. 416 с. ISBN 978-5-9710-6284-4.

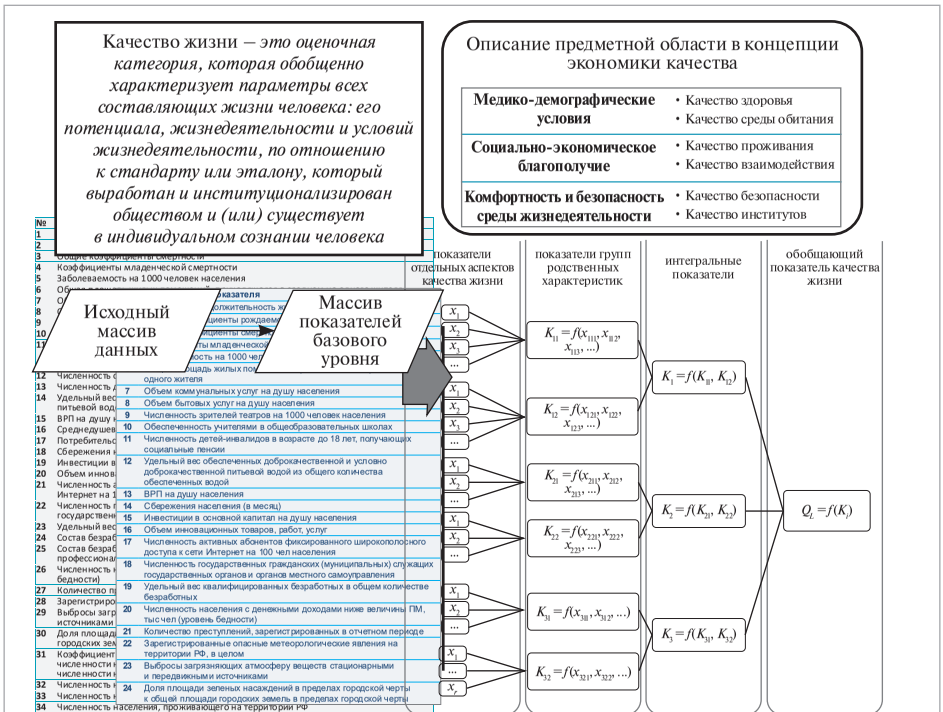


Рис. 3.1. Основные аспекты методологии качества жизни в концепции экономики качества

Источник: разработка авторов

Вместе с тем, изменения, которые происходят в глобальном масштабе на данном этапе социально-экономического развития, предъявляют новые требования к составу показателей. При проведении совместных исследований с коллегами из ЦЭМИ использованы агент-ориентированные модели применительно к качеству жизни. Одним из возможных направлений проведения актуализации показателей оценки качества жизни мы рассматриваем показатели национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала, по которым есть опыт расчета у наших коллег в ЦЭМИ РАН[179] (см. главу 2.3 монографии).

В силу глубокой вовлеченности России в мировое экономическое пространство, в оценках качества жизни необходимо учитывать потенциальные возможности государства, определенные его национальной силой[180]. Для комплексной характеристики текущего уровня развития социо-эколого-экономической системы страны и эффективности использования ее потенциала, следует применить индикатор национальной безопасности[181], без которой сложно говорить о долговременном улучшении качества жизни в стране. Демографический потенциал страны методологически объединяет такие характеристики, как воспроизводство населения, его активность, образовательный уровень и другие показатели. В Методике данные показатели присутствуют, но не в форме комплексного показателя.

---

[179] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Национальная стратегическая сила стран, международная торговля и экономическая успешность стран в нестабильном мире // Стратегирование: теория и практика. – 2023. – Т. 3, № 3(9). – С. 277–297. – DOI 10.21603/2782-2435-2023-3-3-277-297. – EDN JOBJHC.

[180] Бахтизин А. Р. Моделирование и оценка национальной силы / Ежегодная Всероссийская конференция «Россия – большая семья больших семей. Многодетность как новая норма» : Сборник материалов, Международный мультимедийный пресс-центр Медиагруппы «Россия сегодня», 25 апреля 2024 года. – Москва : Институт демографической политики им. Д. И. Менделеева, 2024. – С. 111–116. – EDN MGIBTJ.

[181] Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И., Сушко Е. Д. Национальная безопасность России // Экономические стратегии. – 2020. – Т. 22, № 5(171). – С. 6–23. – DOI 10.33917/es-5.171.2020.6-23. – EDN UJOAYT.

Информационные составляющие Методики в настоящее время расширены и, помимо Базы данных «БД Качество жизни»[182] с зарегистрированным правом интеллектуальной собственности, дополнены еще тремя базами данных:

– Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Свердловской области)[183];

– Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Ленинградской области)[184];

– Показатели качества жизни и миграции населения в агломерациях Европейской части Арктической зоны РФ[185].

---

[182] БД Качество жизни (База данных для построения модели качества жизни). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622426. Российская Федерация / В. В. Окрепилов, А. Д. Шматко, Н. Л. Гагулина ; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем региональной экономики Российской академии наук». – № 20221622426 ; заявка № 2021622344 от 28.10.2021; опубл. 09.11.2021. – 1 с.

[183] Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024620609 Российская Федерация. Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Свердловской области) : № 2024620293 : заявл. 31.01.2024 : опубл. 07.02.2024 / В. В. Окрепилов, Н. Л. Гагулина, Н. А. Рослякова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук. – EDN AOSTQO.

[184] Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024620908 Российская Федерация. Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Ленинградской области) : № 2024620275 : заявл. 31.01.2024 : опубл. 28.02.2024 / В. В. Окрепилов, А. Д. Шматко, Н. Л. Гагулина, Н. А. Рослякова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук. – EDN SKRPVQ.

[185] Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024626333 Российская Федерация. Показатели качества жизни и миграции населения в агломерациях Европейской части Арктической зоны РФ : заявл. 11.12.2024 : опубл. 24.12.2024 / В. В. Окрепилов, Н. Л. Гагулина, Р. А. Гресь ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук. – EDN KOEPDJ.

Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Ленинградской области) представляют собой совокупность первичных статистических и расчетных показателей для высокотехнологичных компаний населенных пунктов Ленинградской области. Данная база предназначена для картирования агломерационных процессов в регионе, обоснования возможных сценариев развития агломераций, оценки эффектов от реализации различных сценариев агломерирования территории в условиях больших вызовов. Полученные при этом результаты могут служить информационно-аналитической основой для определения степени влияния агломерационных процессов на города и регионы, моделирования и оценки качества жизни населения Северо-Запада. База данных может быть применена при выборе стратегических ориентиров управления, а также при формировании критериев для оценки качества жизни в ходе стандартизации системы государственного управления регионами. Подобным образом, но для определения степени влияния агломерационных процессов на города и регионы, моделирования и оценки качества жизни населения Уральского федерального округа, сформированы таблицы пространственного распространения экономических ресурсов на примере высокотехнологичных предприятий Свердловской области.

База данных «Показатели качества жизни и миграции населения в агломерациях Европейской части Арктической зоны РФ» предназначена для использования показателей качества жизни в их взаимосвязи с миграцией населения в агломерациях Европейской части Арктической зоны РФ. База данных содержит статистические и расчетные показатели, полученные в ходе моделирования оценки качества жизни, которые могут служить информационно-аналитической основой для определения степени влияния агломерационных процессов на города и регионы, моделирования и оценки качества жизни населения Северо-Западного федерального округа.

В базе данных «Показатели качества жизни и миграции населения в агломерациях Европейской части Арктической зоны РФ» приведены показатели численности населения и миграционного

прироста в агломерациях Европейской части Арктической зоны Российской Федерации в период 2010–2023 годов. Показаны изменения абсолютных (численность населения, чел.; миграционный прирост, чел.) и относительных показателей (изменение численности населения в % от предыдущего года, изменение миграционного прироста, чел.). Значения показателей рассчитаны и представлены как по семи агломерациям в Европейской части АЗРФ: Кемско-Беломорская агломерация, Агломерация Воркуты, Архангельская агломерация, Мурманская агломерация, Кировско-Апатитская агломерация, Мончегорская агломерация, Агломерация Нарьян-Мара, так и отдельно по городам и районам, включенным в состав данных агломераций согласно Распоряжениям Правительства РФ от 28 ноября 2023 г. № 3377-р и от 13 августа 2024 г. № 2164-р. Рассчитанные авторами значения относительных показателей могут быть использованы при планировании и прогнозировании социально-экономического развития агломераций.

Особый интерес представляет практическое применение Методики при исследовании региональных особенностей экономического развития. Так, на Северо-Западе это асимметрия в соотношении промышленности и сельского хозяйства, естественная убыль населения, дефицит инвестиций на фоне растущей потребности в них, неравномерность и изношенность транспортных путей, высокая степень урбанизации и большой износ жилого фонда и коммуникаций и т. д. Уральский макрорегион характеризуется выгодным экономико-географическим положением и имеет один из самых мощных индустриальных комплексов в стране, но есть проблемы с транспортной и социальной инфраструктурой, велико давление антропогенной деятельности на здоровье населения и окружающую природную среду. Изучение качества городской среды в Арктике является важной научной задачей, имеющей выраженное прикладное значение[186].

[186] Окрепилов В. В., Гресь Р. А. Качество городской среды как составляющая качества жизни в агломерациях Арктической зоны Российской Федерации // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2024. – № 4(79). – С. 76–87. – DOI 10.52897/2411-4588-2024-4-76-87. – EDN BCZDWR.

Исследование Европейского Севера и в целом Арктической зоны Российской Федерации соответствует как национальным целям, так и отдельным федеральным стратегическим документам, в частности обновленной Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации[187].

3.2. Моделирование и оценка качества жизни в российских макрорегионах

Исходя из потребностей регионального развития, определенных Указом Президента Российской Федерации от 16 января 2017 г. № 13 [11], в настоящем исследовании мы руководствуемся следующими понятиями:

• «макрорегион – часть территории Российской Федерации, включающая в себя территории двух и более субъектов Российской Федерации, социально-экономические условия в пределах которой требуют выделения отдельных направлений, приоритетов, целей и задач социально-экономического развития при разработке и реализации документов стратегического планирования;

• регион – часть территории Российской Федерации в границах территории субъекта Российской Федерации».

В дальнейшем под макрорегионом будем понимать федеральный округ, а составляющие его субъекты будем рассматривать как регион. В рамках предложенного подхода организующую основу регионального развития целесообразно анализировать в контексте применения многоуровневой системы управления качеством (далее – МСУК).

Упрощенная схема МСУК представлена на рисунке 3.2. Основу данной системы составляют механизм ее функционирования, организационный блок и подсистема обеспечения работоспособности системы. Население, его потребности, культурные установки и т. д., формирует «входы» системы, преобразование

[187] Красулина О. Ю. Качество жизни населения, проживающего и работающего в Арктике // Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления : монография / под редакцией В. В. Ивантера. СПб. : Наука, 2016. С. 421–440.

которых происходит в процессе работы механизма ее функционирования и оказывает влияние на формирование качества жизни населения.

Основу механизма функционирования системы составляет модель непрерывного улучшения процессов. При этом последовательно выполняются: планирование работ по достижению целей процесса, по выделению ресурсов, удовлетворению потребностей населения, происходит реализация запланированных действий на практике, осуществляется сбор и анализ информации о ходе процессов, выявляются отклонения и происходит поиск возможностей для корректировки, непрерывного улучшения процессов.

Количественным выражением «входов» является создание системы целевых показателей регионального развития на этапе планирования и достижение их в процессе развития деятельности – в форме программ социально-экономического, научного, технологического, инновационного развития. Системы обратной связи, отражающие степень удовлетворенности населения качеством жизни, позволяют в ходе мониторинга зафиксировать

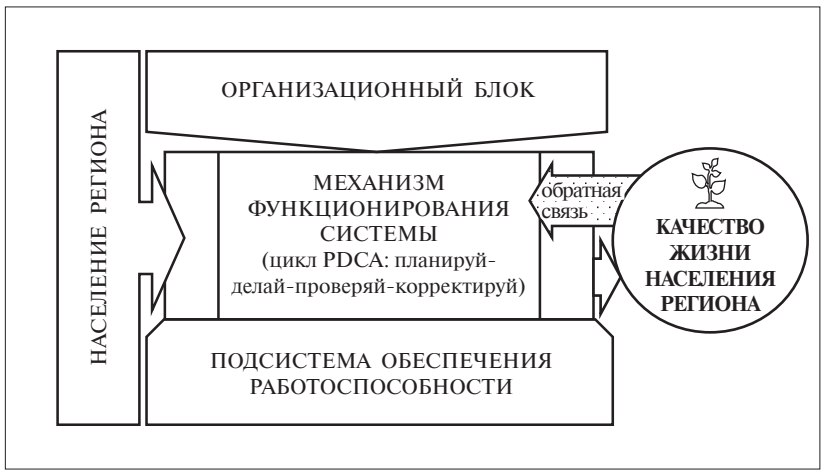


Рис. 3.2. Обобщенная схема многоуровневой системы управления качеством жизни населения [12]

и оценить достижение установленных целевых показателей, создать основу для выполнения последующих корректирующих действий и добиться повышения качества жизни. Завершение одного цикла функционирования МСУК означает начало следующего, на котором снова происходит планирование показателей для перехода на следующий уровень развития экономики страны, макрорегиона, региона, муниципального образования.

Всеобъемлющий характер качества жизни, его неотделимость от системы взаимоотношений, в которых качество жизни имеет ценность, формирует матрицу исследования, предусматривающую:

– охват всех ключевых сфер деятельности экономики: производственной, экологической, социальной, культурной, научно-образовательной, воспитательной, институциональной и т. д.;

– выведение задач повышения качества жизни на все уровни управления в экономике.

Информационную базу моделирования и оценки качества жизни на данном этапе исследования составил набор показателей в разрезе федеральных округов Российской Федерации (макрорегионов), а также в целом по стране, сформированный на основе официальных публикаций Федеральной службы государственной статистики, министерств и ведомств. Кроме того, выбраны данные по показателям, ранее не применяемые в оценке качества жизни, из Национального набора показателей Целей устойчивого развития (далее – ЦУР), разработанного с учетом резолюции Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/71/313 от 6 июля 2017 г. [13] Данный набор показателей характеризует национальные особенности и учитывает задачи, определенные в Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», в стратегических документах Правительства Российской Федерации, в двенадцати национальных, а также в федеральных проектах [14].

В процессе исследования некоторые привлекательные с информативной точки зрения показатели: мощность амбулаторно-поликлинических организаций, сброс загрязненных сточных

вод в поверхностные водные объекты и др., пришлось «отбраковать» в связи с непродолжительностью временных интервалов, обеспеченных исходными данными, разрывами рядов (Росстат по некоторым показателям представляет данные раз в два года) или – в связи с чрезмерно высокой вариабельностью данных, что делает их статистически непригодными для использования в целях моделирования.

Формирование обобщенного показателя качества жизни производилось путем суммирования единичных показателей качества жизни, прошедших все необходимые этапы статистической обработки, а также с применением регрессии, нелинейной по объясняющим переменным, на основе полиномиальной аппроксимации:

$$y = b_0 x^n + b_1 x^{n-1} + \ldots + b_n = \sum_{j=0}^{n} b_j x^{n-j},$$

где x – переменная;

b_j – коэффициент полинома при $n \in \{0,1,2...\}$ и $\{b_0, ..., b_n\} \subset B$.

Значения полинома в точке из заданной области определения ($b \in B$) представляют собой соответствующие показатели качества жизни. Все модели, ставшие итогом вычислений, достаточно хорошо описывают тенденцию, поскольку значение коэффициента детерминации изменяется в пределах от 0,6 до 0,99.

Для более корректного учета изменения качества жизни в условиях определенного макрорегиона, сделана привязка полученных значений к густонаселенности (табл. 3.2). Коэффициент густонаселенности федеральных округов рассчитан для каждого года рассматриваемого периода, исходя из соотношения численности населения, проживающего на территории округа и численности населения страны.

Визуализация полученных результатов моделирования для выбранного периода исследования (2010–2022 гг.) представлена на рис. 3.3. Во всех федеральных округах на протяжении всего рассматриваемого периода наблюдается в целом положительный тренд на рост качества жизни, – несмотря на спад показателя в отдельные годы.

Таблица 3.2

Коэффициент густонаселенности федеральных округов РФ

Федеральный округ	Год													
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**
Центральный	0,269	0,269	0,27	0,27	0,266	0,267	0,267	0,268	0,268	0,269	0,269	0,269	0,275	0,275
Северо-Западный	0,095	0,095	0,096	0,096	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,096	0,095	0,095
Южный	0,097	0,097	0,097	0,097	0,111	0,112	0,112	0,112	0,112	0,112	0,113	0,113	0,114	0,114
Северо-Кавказский	0,066	0,066	0,067	0,067	0,066	0,066	0,067	0,067	0,067	0,068	0,068	0,069	0,070	0,070
Приволжский	0,209	0,208	0,208	0,207	0,203	0,202	0,202	0,201	0,2	0,2	0,199	0,198	0,196	0,195
Уральский	0,085	0,085	0,085	0,085	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084	0,084
Сибирский	0,12	0,12	0,12	0,12	0,118	0,118	0,118	0,117	0,117	0,117	0,116	0,116	0,114	0,113
Дальневосточный	0,059	0,058	0,058	0,058	0,057	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,054	0,054

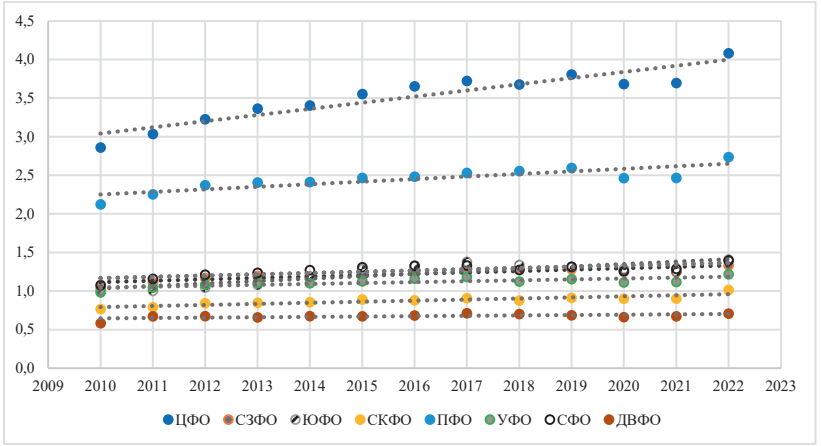


Рис. 3.3. Результат расчета показателя качества жизни на основе Методики оценки качества жизни, разработанной в ИПРЭ РАН

Изначально более высокие значения показателя получены для Центрального (ЦФО) и Приволжского (ПФО) федеральных округов, что объясняется большим притоком инвестиций в данные регионы, стимулирующих рост инновационной активности, а с ней – и качества жизни. Макрорегион Северо-Запад, наравне с Сибирским (СФО) и Южным (ЮФО) округами, находится значительно ниже по разработанной шкале показателя качества жизни, затем – Уральский (УрФО), Северо-Кавказский (СКФО) и Дальневосточный (ДФО) федеральные округа. По сравнению с другими макрорегионами, положение СЗФО стабильное и по динамике показателя качества жизни очень близко к положению ЮФО, который, как следует из анализа использованных первичных статистических данных, уступает по уровню сбережений, но имеет более благоприятные природно-климатические условия.

Особого внимания заслуживает период с 2019 по 2022 гг., когда российская экономика стала испытывать воздействие внешних шоков: сначала коронавирусной пандемии, а затем – обострения внешнеэкономической ситуации. Во всех федеральных округах

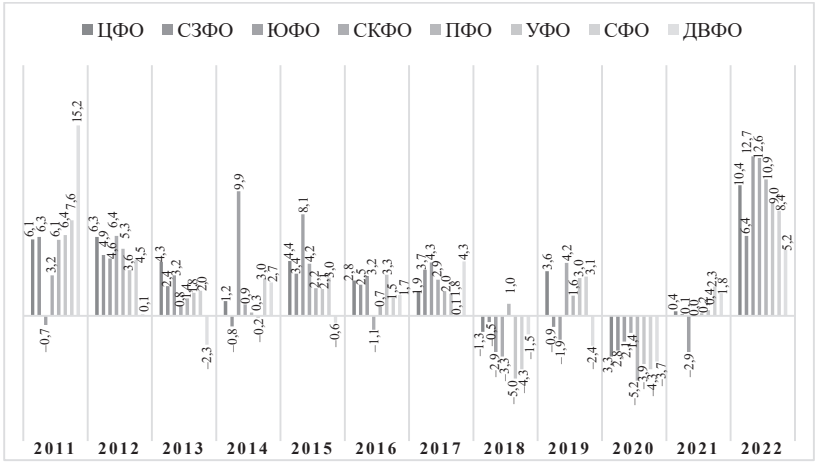


Рис. 3.4. Темп прироста качества жизни
в макрорегионах России в 2010–2022 гг.

в 2020 г. происходит снижение показателя по сравнению с 2019 г., особенно заметное в Приволжском макрорегионе. В 2021 г. ситуация стабилизировалась во всех макрорегионах, кроме Южного, где кризисные явления продолжали по инерции «давить» на качество жизни.

Во всех макрорегионах конец периода характеризуется более высокими значениями показателя качества жизни, чем в начале. Это объясняется положительной в целом ежегодной динамикой прироста показателя до 2018 года и хорошо заметно на рис. 3.4, где представлено изменение темпа прироста качества жизни в макрорегионах России для исследуемого периода.

Максимум прироста по ЮФО в 2014 г. и 2015 г. объясняется трансформацией экономики макрорегиона, обусловленной изменениями его административно-территориального деления.

Особый интерес вызывает падение темпа прироста показателя качества жизни в 2018 году, которое произошло во всех макрорегионах, за исключением Приволжского ФО. Одна из причин – включенность российской экономики в мировую, которая

на тот момент испытывала сильную нестабильность. В 2018 году, помимо падения мировых цен на такие важнейшие энергоносители, как газ и нефть, существенно подешевели палладий, платина, золото и прочие драгоценные металлы. Имело место падение фондовых индексов, банковский сектор ЕС сократился в ряде случаев более чем на 3 %. Для российской экономики 2018 год ознаменовался усилением санкционного давления: в апреле 2018 года США ударили по ряду российских бизнесменов, топ-менеджеров и чиновников, что временно обвалило российский фондовый рынок, и иностранные инвесторы начали избавляться от российских активов.

Все перечисленное, по силе воздействия на темп прироста качества жизни в российских регионах, оказалось сопоставимо с влиянием пандемии 2020 года. Как видно из рисунка 3.5, лишь Приволжский ФО в 2018 году показал положительный темп прироста.

Несмотря на проблемы 2018 и 2020 годов, в 2022 году наблюдается существенное превышение темпа прироста качества жизни в российских макрорегионах, по сравнению со всеми предшествующими периодами. Это находит отражение и в положительном тренде показателя качества жизни, о котором мы упомянули выше.

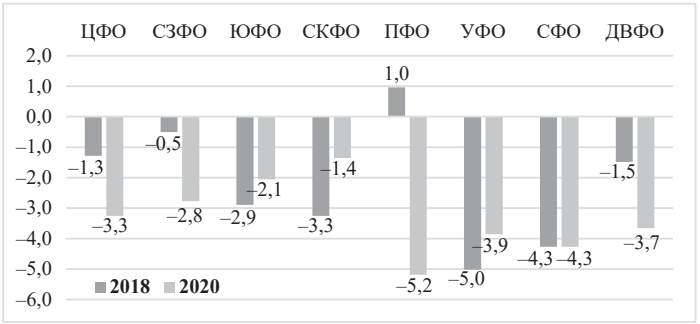


Рис. 3.5. Сравнительный темп прироста качества жизни в макрорегионах России в 2018 и 2020 годах

Таким образом, моделирование и оценка качества жизни, выполненное с применением методики оценки качества жизни, разработанной в Центре региональных проблем экономики качества ИПРЭ РАН, позволило сформировать научную основу анализа изменений качества жизни, которые происходили на протяжении последнего десятилетия в российских макрорегионах.

Представляется целесообразным продолжение региональных исследований качества жизни и получение количественных оценок на основе моделирования с применением теоретико-методологического подхода экономики качества. Метрология, стандартизация и управление качеством, как элементы экономики качества, необходимы и на этапе обработки и анализа результатов моделирования, и при выработке оптимальных управленческих решений в регионах.

3.3. Достижение стратегических целей социально-экономического развития регионов СЗФО в контексте проблемы качества стратегического планирования[188]

Проблема обеспечения устойчивого развития регионов СЗФО рассматривается нами через призму обеспеченности процесса стратегического планирования регионального социально-экономического развития минимально необходимым и объективно достаточным инструментарием прогнозирования и планирования.

Задача заключается в выявлении трендов регионального социально-экономического развития, которые смогли бы подтвердить положительные структурные изменения как в социальной, так и в экономической сфере регионов СЗФО. Мы исходим из предположения, что наличие положительных тенденций развития и, соответственно, положительных структурных изменений в экономике и социальной сфере региона является фактом, подтверждающим эффективность имеющихся сегодня методологии и инструментария прогнозирования и планирования регионального развития, которые (планы и прогнозы), в свою очередь, являются

[188] Материал подготовлен с участием к.э.н. И. В. Коршунова, н.с. ИПРЭ РАН.

базой для принятия обоснованных и эффективных управленческих решений со стороны региональных органов государственного управления. Объектом исследования выступает не вся территория России, а отдельный ее макрорегион, представленный регионами, входящими в состав Северо-Западного федерального округа (далее – СЗФО).

Оценка достаточности имеющейся методологической базы прогнозирования и планирования регионального социально-экономического развития и обоснованности применяемых инструментов, методов и индикаторов, является областью научных интересов, привлекающей современных исследователей, ставящих своей целью не только выявить ограничения имеющейся методологии, но и подготовить основу для ее совершенствования.

Можно выделить ряд направлений, по которым осуществляется интенсивная научная дискуссия.

Во-первых, это исследования, обосновывающие новые концептуальные подходы к формированию «научно-методического комплекса, обеспечивающего реализацию государственной политики в области стратегического планирования» [15]. Здесь следует в первую очередь отметить научную публикацию академика РАН Дынкина А. А. и д.э.н. Миловидова В. Д., в которой ученые, на основе приведенных результатов исследования, предлагают три направления совершенствования научно-методического обеспечения стратегического планирования. Эти направления включают в себя:

1) формирование структурированного и организованного научно-методического комплекса стратегического планирования, способного к адаптации;

2) стандартизация процессов анализа информации и организация взаимной кооперации между участниками процесса стратегического планирования;

3) организация труда экспертов, непосредственно вовлеченных в процесс научно-методического обеспечения стратегического планирования.

В рамках данного трека исследований большой интерес представляют результаты комплексного анализа научной работы коллектива ученых, обосновывающей выбор направлений

структурно-технологической модернизации и представляющей количественные характеристики нового облика экономики России, без которых процесс стратегического планирования невозможен [16].

Свой вклад в формирование новых концептуальных подходов стратегического планирования также вносят исследования, в которых обобщается накопленный опыт прогнозно-плановой работы, а также проводится обзор трансформации методологических подходов на разных исторических этапах социально-экономического развития России [17–19].

Во-вторых, это исследования, изучающие причины, в силу действия которых предположения стратегических прогнозов и планов не находят воплощение в реальной экономической практике. Здесь выделяется целый спектр причин:

а) степень согласованности (точнее – рассогласованность) регионального стратегического планирования и федеральных ориентиров [20, 21];

б) степень согласованности целеполагания, ресурсной обеспеченности и мероприятий региональной экономической политики [22];

в) состояние прогнозно-плановой системы, оцениваемое в категориях качества процессов организации деятельности по стратегическому планированию непосредственно на уровне регионов, в том числе кадровое обеспечение, выстроенная система аудита, технологическая вооруженность и степень распространения и внедрения цифровых решений [23, 24];

г) территориальная и отраслевая специфика, влияющая на качество стратегического планирования и его эффективность [25–28].

В-третьих, это исследования, обосновывающие подходы и формулирующие рекомендации по корректировке действующей системы показателей документов стратегического планирования, разрабатываемых на федеральном и региональном уровне, в том числе, развивающие подходы к оценке процессов, наблюдаемых в регионах России, и предлагающие оригинальные решения в части формирования:

– новых методов анализа, позволяющих выявить сдвиги, происходящие в структуре экономической системы на уровне ключевых элементов производства, доходов и спроса [29];

– новых социально-экономических индикаторов с целью повышения качества обоснования стратегических решений и разработки мер по их реализации [30].

Не претендуя на исчерпывающий характер описания существующей сегодня дискуссии по проблемам методологии прогнозирования и планирования региональных стратегий социально-экономического развития, тем не менее отметим, что и данный обзор раскрывает широкий спектр противоречий и проблем современной российской практики стратегического прогнозирования и планирования, которые вытекают из незавершенности методологического обеспечения процесса стратегирования, что проявляется в неудовлетворительном «качестве» регионального стратегического планирования.

Отдельного внимания заслуживает анализ структуры экономики регионов СЗФО в контексте стратегических концептов и достигаемых результатов.

Ключевым концептом современной политики стратегического планирования является концепция поляризованного развития, которая предполагает формирование в масштабах территории страны «полюсов роста», генерирующих импульсы к развитию и связывающих пространство страны в единое целое [31]. Полюса роста формируются в границах субъектов Российской Федерации, поэтому одной из задач «Стратегии пространственного развития Российской Федерации» [32] (далее – Стратегия) является обеспечение условий для развития производства товаров и услуг в отраслях перспективных экономических специализаций субъектов Российской Федерации.

Большой интерес вызывают вопросы: какие изменения произошли в структуре экономики регионов СЗФО, какие отрасли на самом деле являются специализацией региональной экономики и соответствует ли это приоритетам Стратегии. Здесь отметим, что кроме данного документа стратегического планирования федерального уровня, в стратегиях социально-экономического

развития регионов СЗФО также фиксируются планы по изменению структуры экономики, повышению ее инновационности.

Тем не менее, если рассматривать в целом экономику СЗФО, то за последние два десятка лет структура экономики практически не изменилась. Доминирующие положения сохраняют за собой ВЭД «Обрабатывающие производства», «Транспорт и связь», «Добыча полезных ископаемых». На их долю пришлось 73 % всех производимых товаров и услуг, 46 % всех инвестиций в основной капитал в 2019–2023 гг. (рис. 3.6).

Изменение объемов выпускаемой продукции в период 2005–2023 гг. коснулись тех ВЭД, которые занимают не самую большую долю в экономике СЗФО, а именно: «Строительство» (снижение доли с 6,8 % до 3,5 % в общем объеме всех производимых товаров и услуг) и «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов» (рост доли с 1,7 % до 5,9 % в общем объеме всех производимых товаров и услуг) (рис. 3.6).

В 2005–2023 гг., для СЗФО в целом, среднегодовые темпы прироста производимой продукции и оказываемых услуг составляли 5,1 % в год. При этом в качестве лидеров роста объема производства были следующие ВЭД: «Торговля оптовая и розничная;

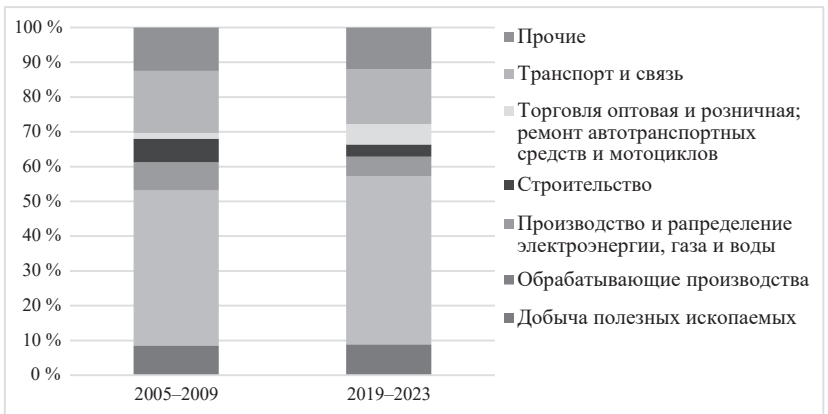


Рис. 3.6. Структура экономики СЗФО в разрезе ОКВЭД

Источник: составлено по данным ЕМИСС, Росстата

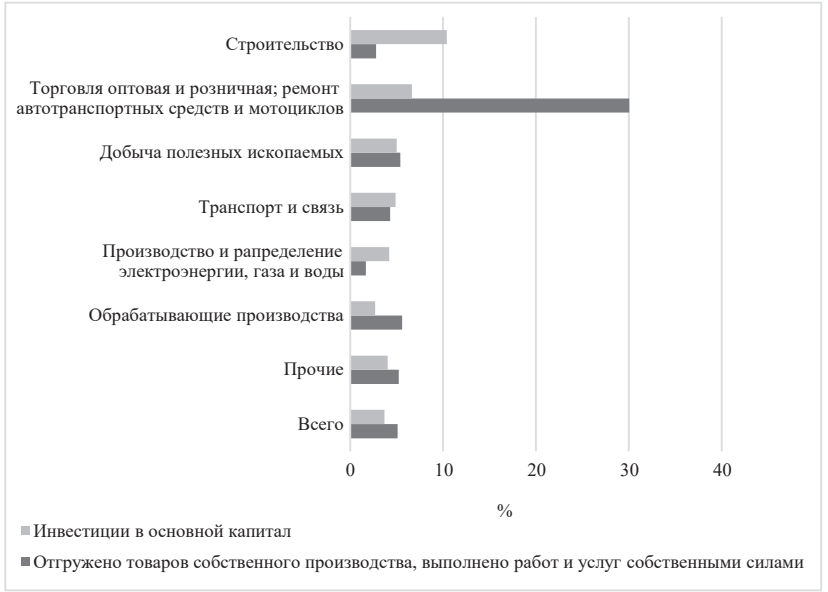


Рис. 3.7. Среднегодовые темпы прироста объемов отгруженной продукции, выполненных работ и оказанных услуг, а также осуществленных инвестиций в основной капитал: СЗФО (в разрезе ОКВЭД, 2005–2023 гг., %)

Источник: составлено по данным ЕМИСС, Росстата.

ремонт автотранспортных средств и мотоциклов», «Обрабатывающие производства», «Добыча полезных ископаемых». Но не все из этих ВЭД одновременно оказались и лидерами по темпам прироста инвестиций. Значительные темпы прироста инвестиций, одновременно с ростом объема производства продемонстрировали только «Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов», «Добыча полезных ископаемых», заняв вторую и третью позицию, уступив лидерство такому ВЭД как «Строительство» (рис. 3.7).

Вместе с тем значительное увеличение инвестиций в строительство не смогло преодолеть тенденцию снижения объемов производства в этой отрасли. Похожая ситуация наблюдается

и для ВЭД «Транспорт и связь», «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». Это ставит под сомнение эффективность осуществляемых инвестиций.

Обрабатывающая промышленность играет ключевую роль в экономике регионов СЗФО, составляя практически ее половину (среднее значение 48 % в 2019–2023 годах), здесь выделяются следующие ВЭД: «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий» (10,1 % всех производимых товаров и услуг), «Производство кокса и нефтепродуктов» (9,2 % всех производимых товаров и услуг), «Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака» (6,9 % всех производимых товаров и услуг) (табл. 3.3).

Инвестиции СЗФО в большей степени концентрируются в обрабатывающей промышленности и секторе услуг («Транспорт и связь» и «Деятельность по операциям с недвижимым имуществом»). В частности, на долю обрабатывающей промышленности приходится 20 % всех инвестиций. Среди лидеров по концентрации и темпам прироста инвестиций стоит отметить ВЭД «Производство химических веществ и химических продуктов»[189]. ВЭД «Производство транспортных средств и оборудования» показывает значительные темпы увеличения инвестиций в основной капитал (7,3 % в год), но его доля в инвестициях СЗФО не велика. Одновременно отметим, что ВЭД «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий» и «Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака» имеют существенную долю в экономике СЗФО, но их доля в инвестициях крайне мала.

Несмотря на то, что промышленное производство СЗФО формируется преимущественно за счет выделенных выше трех отраслей и, соответственно, эти же отрасли обеспечивают основной вклад в инвестиции в основной капитал СЗФО, но, если рассматривать региональные экономики, то не все отрасли из топ-3 в формате СЗФО являются таковыми для отдельных регионов.

[189] В данный ОКВЭД включается производство фармацевтической продукции.

Например, если рассматривать промышленное производство, не вошли не только в состав топ-3 отраслей, но и в состав топ-5: «Обрабатывающие производства» – Ненецкий автономный округ. «Добыча полезных ископаемых» – не в топ-5 у шести регионов СЗФО.

Одновременно есть отрасли, которые не вошли в число лидеров в масштабах СЗФО, но стали таковыми для отдельных регионов СЗФО. В частности, это:

– строительство – Вологодская область, Ленинградская область, Ненецкий автономный округ;

– сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство – Мурманская область, Псковская область и Новгородская область;

– деятельность в области здравоохранения и социальных услуг – Ненецкий автономный округ;

– деятельность профессиональная, научная и техническая – г. Санкт-Петербург.

Развивая анализ далее, были сопоставлены отрасли перспективных экономических специализаций субъектов СЗФО, выявленные в ходе анализа статистических данных, с отраслями специализации, определенными для этих регионов в Стратегии пространственного развития. Установлено следующее:

1) Поскольку Стратегия предусматривала широкий список отраслей специализации, то практически все из них, которые были установлены в результате анализа данных отраслевой статистики в части производств, составляющих обрабатывающие производства, были обнаружены в перечне, определенном Стратегией.

2) Одновременно были выявлены расхождения:

– производство прочих транспортных средств входит в число топ-5 производств Архангельской, Калининградской и Ленинградской областей и г. Санкт-Петербург, но не включено в состав перспективной экономической специализации этих регионов;

– г. Санкт-Петербург – две отрасли из числа топ-5 фактической специализации не соответствовали приоритетам Стратегии: производство кокса и нефтепродуктов, производство автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов;

Таблица 3.3

Динамика и структура объема отгруженной продукции, выполненных работ и оказанных услуг, осуществленных инвестиций в основной капитал в разрезе видов экономической деятельности

ОКВЭД*	Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами					Инвестиции в основной капитал				
	2005–2009		2019–2023		Среднегодовые темпы прироста за 2005–2023 гг., %**	2005–2009		2019–2023		Среднегодовые темпы прироста за 2005–2023 гг., %**
	млрд руб. ***	% к итогу	млрд руб. ***	% к итогу		млрд руб. ***	% к итогу	млрд руб. ***	% к итогу	
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	162,7	2,7	273,6	2,6	3,8	64,4	5,3	40,1	2,8	5,7
Добыча полезных ископаемых	506,9	8,5	943,3	8,9	5,4	147,1	12,1	145,5	10,0	5,0
Обрабатывающие производства	2645,6	44,6	5137,0	48,3	5,6	213,8	17,5	300,5	20,7	2,7
Производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	560,7	9,5	734,4	6,9	2,7	47,0	3,9	27,9	1,9	–1,6
Производство кокса и нефтепродуктов	...	...	973,5	9,2	...	...	...	30,8	2,1	...

Производство химических веществ и химических продуктов	159,8	2,7	496,8	4,7	10,4	11,0	0,9	90,5	6,2	26,0
Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	610,5	10,3	1068,3	10,1	5,4	43,8	3,6	55,0	3,8	1,5
Производство транспортных средств и оборудования	263,3	4,4	720,1	6,8	6,7	18,2	1,5	27,2	1,9	7,3
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды	479,8	8,1	598,9	5,6	1,7	96,9	7,9	124,3	8,6	4,2
Строительство	401,7	6,8	373,2	3,5	2,8	161,9	13,3	142,7	9,9	10,4
Торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	99,6	1,7	626,8	5,9	30,1	40,9	3,4	51,1	3,5	6,6
Транспорт и связь	1059,0	17,9	1675,2	15,8	4,3	190,2	15,6	225,2	15,6	4,9
Деятельность по операциям с недвижимым имуществом	355,4	6,0	571,7	5,4	5,1	165,0	13,5	253,6	17,5	9,5
Всего	5932,7	100,0	10627,2	100,0	5,1	1219,0	100,0	1448,3	100,0	3,7

* Данные по получены в результате сопоставления ОКВЭД 2 к ОКВЭД 1.
**Среднегодовые темпы прироста рассчитываются на основе среднеарифметической.
***Все показатели в денежном выражении скорректированы с учетом индекса потребительских цен (базисный год – 2015).

Источник: составлено по данным ЕМИСС, Росстата, ИАС FIRA PRO.

– у Мурманской области три отрасли из числа топ-5 фактической специализации не соответствовали приоритетам Стратегии: производство пищевых продуктов, производства кокса и нефтепродуктов, ремонт машин и оборудования;

– ремонт машин и оборудования и производство металлургическое, будучи топ-5 на основе анализа данных статистики, не отнесены к числу приоритетных отраслей специализации Республики Коми;

– торговля, деятельность по операциям с недвижимым имуществом, государственное управление и безопасность не отнесены Стратегией к числу приоритетных ни для одного региона СЗФО, где они обеспечивают значимую долю вклада в экономику;

– строительство является значимой отраслью для Вологодской и Ленинградской областей, Ненецкого автономного округа; сельское хозяйство, охота и рыболовство – для Новгородской области, деятельность в области здравоохранения и социальных услуг – для Ленинградской области, но в число стратегических приоритетов не включено. То же относится к транспортировке и хранению, значимым для экономики Новгородской и Вологодской областей.

Анализируя структуру экономики регионов СЗФО, сложно говорить о ее инновационном развитии. В частности, наблюдаются отдельные очаги развития новых отраслей химической промышленности и производства транспортных средств. Но наибольшую долю в структуре экономики занимают традиционные экспортно ориентированные отрасли, такие как добыча полезных ископаемых, металлургия, производство кокса и нефтепродуктов, транспорт и связь. Существенного изменения в структуре роста производства в целом и по ВЭД не выявляется.

Есть все основания предполагать, что закрепившаяся отраслевая специализация регионов не формирует стимулов для развития экономики и, более того, регионы СЗФО вступают в такой период, который уже в ближайшей перспективе приведет к состоянию неустойчивого экономического развития, поскольку наблюдается значительный отток населения из ряда субъектов (Республика Коми, Мурманская область, Архангельская область и др.).

Согласно данным статистики, приведенным в таблице 3.4, явно обнаруживается наметившийся переток населения из регионов

с низким среднегодовым приростом денежных доходов в регионы, для которых наблюдаются более высокие темпы прироста денежных доходов. Примечательно, что высокие темпы роста ВРП в отдельных регионах (Мурманская область, Ненецкий автономный округ) не приводят к сопоставимым темпам прироста совокупных денежных доходов населения. Поэтому отток населения из региона наблюдается и при высоких темпах роста ВРП.

Таблица 3.4

Экономический рост, денежные доходы и миграция населения в разрезе субъектов СЗФО за 2019–2021 гг.

Субъекты СЗФО	Валовой региональный продукт		Совокупные денежные доходы населения		Коэффициенты миграционного прироста на 10000 человек населения
	млрд руб.*	Среднегодовые темпы прироста за 2005–2021 гг., %	млрд руб.*	Среднегодовые темпы прироста за 2005–2021 гг., %	
Республика Карелия	292,9	4,1	14,6	1,7	–70
Республика Коми	590,6	3,3	22,7	–0,9	–147
Архангельская область	475,2	3,3	28,9	1,7	–108
Вологодская область	607,8	4,2	28,1	2,2	–16
Калининградская область	470,5	6,3	25,0	3,0	132
Ленинградская область	1064,6	5,3	54,4	5,1	231
Мурманская область	669,4	6,3	26,3	1,5	–136
Новгородская область	241,6	3,3	13,1	2,5	21
Псковская область	167,3	3,4	13,4	2,6	0
г. Санкт-Петербург	5333,7	10,5	233,0	3,3	66
Ненецкий автономный округ	261,0	8,9	2,8	2,0	–45
Всего по СЗФО	10174,6	7,2	460,2	2,6	43
*Все показатели в денежном выражении скорректированы с учетом индекса потребительских цен (базисный год – 2015).					

Источник: составлено по данным Росстата.

Наибольший отток населения отмечается в Республике Коми, Республике Карелия, Архангельской и Мурманской областях. В данных регионах фиксируется наименьший рост денежных доходов населения (не превышающий 2 % в год). Кроме этого, коэффициенты миграционного прироста в Республике Коми и Мурманской области имеют наибольшие отрицательные значения, что говорит о значительном миграционном оттоке из этих регионов.

Таким образом, вполне обоснованным является вывод, что тенденции, которые проявились в развитии экономических процессов в отраслях экономики регионов СЗФО в настоящее время более всего могут быть обоснованы инерцией событий, что указывает на отсутствие значимого влияния стратегического планирования и в целом на его неудовлетворительное качество. Стратегический импульс воздействия отраслевая экономика либо не ощутила, либо канал передачи оказался неэффективным, либо это воздействие еще не обрело форму конкретных проектов и программ, что не снижает, а повышает роль и необходимость достижения соответствующего уровня качества стратегического прогнозирования и планирования регионального развития.

Приоритеты отраслевой специализации, определенные Стратегией для достижения регионами СЗФО к 2025 г., с одной стороны, очень широки. С другой стороны, ряд регионов демонстрирует явно отклоняющийся от стратегического направления курс в развитии региональной экономики. Одновременно следует отметить, что срок реализации Стратегии еще не так велик, чтобы ожидать серьезных структурных сдвигов в экономике регионов, а программы отраслевого переформатирования требуют разработки и реализации прорывных инвестиционных проектов и привлечения существенных объемов инвестиций в экономику. В то же время, как показал анализ статистических данных, не наблюдается каких-либо всплесков инвестиционной активности ни в границах регионов СЗФО, ни в рамках отдельных отраслей экономики этих регионов. В регионах ежегодно генерируются примерно постоянные потоки инвестиций и темпы их прироста демонстрируют тенденцию к снижению.

Обобщая все сказанное выше, выделим ключевые факты, которые необходимо принимать во внимание, приступая к обновлению действующих стратегий социально-экономического развития регионов СЗФО:

1) социальная и экономическая сфера регионов СЗФО функционируют в режиме, не позволяющем обеспечить устойчивость их развития;

2) регионам СЗФО не хватает импульса для развития экономики, что выступает серьезным ограничением для развития социальной сферы;

3) создание импульса потребует формирования новых идей развития регионов округа, разработки новых концепций и новых стратегий социально-экономического развития регионов СЗФО, при формировании которых рекомендуется обеспечить взаимодействие регионов с целью согласования индивидуальных региональных планов.

В конечном счете, это потребует и разработки новых подходов к планированию развития территорий, и разработки новых инструментов этого планирования, адекватных сложившейся ситуации. На данном этапе социально-экономического развития существенную информационную поддержку стратегических решений можно обеспечить с помощью новейших вычислительных методов, реализуемых на суперкомпьютерах. Все это безусловно актуализирует задачу выявления факторов, оказывающих существенное влияние на устойчивое развитие регионов СЗФО и приведших к существующему состоянию, что обосновывает целесообразность введения стандартов качества стратегического планирования.

3.4. Северо-Запад в оценках качества жизни

Одним из ведущих критериев достижения стратегических целей социально-экономического развития регионов в контексте проблемы качества стратегического планирования является повышение качества жизни. В этой связи проведем моделирование и оценку качества жизни для регионов, составляющих

Таблица 3.5

Коэффициент густонаселенности регионов Северо-Западного федерального округа

Регион	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Республика Карелия	0,047	0,047	0,046	0,046	0,046	0,045	0,045	0,045	0,044	0,044	0,044	0,043	0,038
Республика Коми	0,066	0,065	0,064	0,063	0,062	0,062	0,061	0,060	0,059	0,059	0,058	0,058	0,052
Архангельская область	0,090	0,089	0,088	0,086	0,085	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,081	0,080	0,073
Вологодская область	0,088	0,088	0,087	0,086	0,086	0,086	0,085	0,084	0,084	0,083	0,083	0,082	0,081
Калининградская область	0,069	0,069	0,070	0,070	0,070	0,070	0,071	0,071	0,072	0,072	0,073	0,074	0,074
Ленинградская область	0,126	0,127	0,128	0,128	0,128	0,128	0,129	0,130	0,132	0,134	0,136	0,138	0,146
Мурманская область	0,058	0,058	0,057	0,056	0,055	0,055	0,055	0,054	0,054	0,053	0,053	0,052	0,047
Новгородская область	0,046	0,046	0,046	0,045	0,045	0,044	0,044	0,043	0,043	0,043	0,042	0,042	0,042
Псковская область	0,049	0,049	0,048	0,048	0,047	0,047	0,046	0,046	0,045	0,045	0,044	0,044	0,042
г. Санкт-Петербург	0,360	0,363	0,367	0,372	0,375	0,377	0,380	0,384	0,385	0,386	0,386	0,387	0,404

Северо-Западный федеральный округ. Период исследования: 2010–2022 гг., что обусловлено объемом исходных данных, доступных на момент проведения расчетов. Все исходные данные прошли необходимые этапы анализа дескриптивной статистики, проверку однородности и приведены к тому состоянию, которое наилучшим образом удовлетворяет целям, поставленным в данном исследовании.

В моделях использованы значения коэффициента густонаселенности, рассчитанные для регионов Северо-Западного федерального округа (табл. 3.5).

Линейная модель послужила основой для проведения базовой оценки качества жизни. Результаты исследования показывают дифференциацию качества жизни в регионах и это наиболее заметно, если все оценки свести в одной плоскости координат (рис. 3.8).

Санкт-Петербург имеет богатое культурно-историческое наследие, а современное состояние экономики города характеризуется высокими темпами инновационного развития, что находит

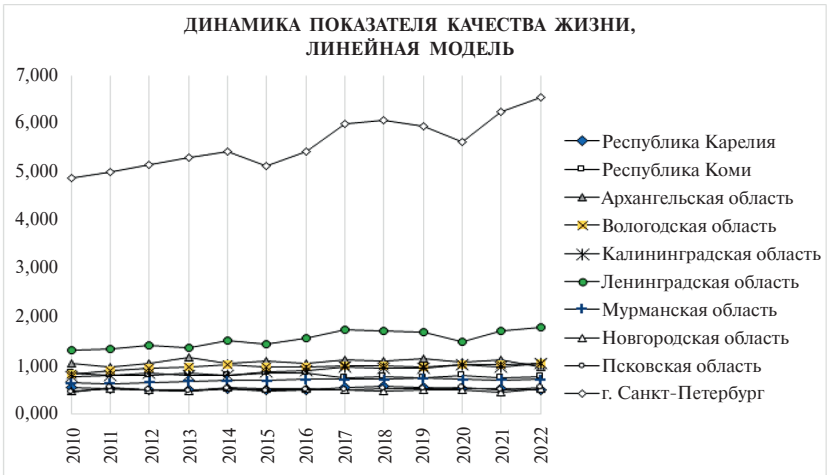


Рис. 3.8. Расчетные значения показателя качества жизни для регионов Северо-Западного федерального округа, 2010–2022 гг.

отражение в национальных и мировых рейтингах качества жизни, где город занимает лидирующие места [33]. Полученные оценки качества жизни хорошо отражают ведущее место, которое занимает Санкт-Петербург в региональной экономике Северо-Запада и в национальной экономике России. На графике отчетливо прослеживается положительный тренд в повышении качества жизни Санкт-Петербурга, однако в рассматриваемом периоде имеют место два явно выраженных спада: в 2015 г. и в 2020 г.

В 2015 и 2020 г. мы наблюдаем отрицательное влияние на качество жизни горожан сильнейших внешних шоков. Так, в 2015 г. имело место падение доли инвестиций в основной капитал в валовом региональном продукте (ВРП), связанное со снижением мировых цен на сырьевые товары в 2014–2016 гг. Почти столь же масштабное влияние на качество жизни оказали последствия пандемии в 2020 г. Несмотря на указанные обстоятельства, в остальные годы рассматриваемого периода в Санкт-Петербурге наблюдались положительные темпы прироста качества жизни, что обусловило положительный тренд в целом.

Ленинградская область занимает промежуточное положение между Санкт-Петербургом и остальными регионами СЗФО. Можно предположить, что большую роль в этом играет влияние агломерационных эффектов.

Санкт-Петербургская агломерация является одной из крупнейших агломераций России со среднегодовыми темпами прироста численности населения 0,4 %. Как и Санкт-Петербург, Ленинградская область также испытала заметное влияние упомянутых выше внешних шоков 2015 г. и 2020 г. Положительная в целом тенденция качества жизни очень нестабильна, поскольку есть небольшое замедление темпов прироста этого показателя в 2013, 2018 и 2019 гг.

Диапазон изменения показателей качества жизни регионов СЗФО без Санкт-Петербурга и Ленинградской области позволяет рассматривать их в разрезе небольших групп, каждая из которых имеет особенности с яркой региональной окраской (рис. 3.9, табл. 3.6). Самая маленькая амплитуда колебаний показателя наблюдается в Республике Карелия и регионах, входящих с ней

в общую группу. Это свидетельствует о стабильном развитии процессов, влияющих на качество жизни в данных регионах.

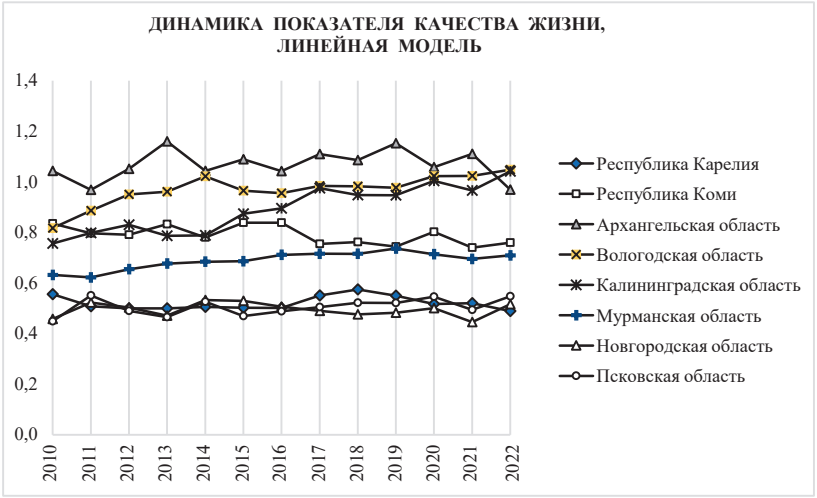


Рис. 3.9. Расчетные значения показателя качества жизни для регионов СЗФО (без Санкт-Петербурга и Ленинградской области), 2010–2022 гг.

Таблица 3.6

Группировка регионов СЗФО по показателю качества жизни, рассчитанному для периода 2010–2022 гг.

Группа регионов СЗФО	Диапазон изменения значений показателя
Республика Карелия, Новгородская область, Псковская область	0,446–0,575
Республика Коми, Калининградская область, Мурманская область	0,622–1,041
Архангельская область, Вологодская область	0,817–1,160

В Калининградской области амплитуда колебаний показателя выше, как и во всех регионах второй группы, и в целом имеет место тенденция роста качества жизни. Начиная с 2016 г., противоположная тенденция прослеживается в Республике Коми. Как полагают эксперты, это может быть связано с оттоком населения из региона по причине неразвитой транспортной инфраструктуры, плохо обустроенной городской среды, малым числом высокотехнологичных перерабатывающих производств, диспропорциями в доходах нефтегазовых районов и остальных [34]. Помимо этого, все сказанное в значительной мере связано с суровым климатом Республики Коми: короткое и – в северных районах – холодное лето, многоснежная, продолжительная и морозная зима.

Наиболее высокие значения показателей качества жизни для рассматриваемых условий и периода исследования приходятся на третью группу, которую образуют Архангельская и Вологодская области. Наибольшее значение показателя качества жизни имело место в 2013 г. в Архангельской области. В числе событий, которые существенно повлияли здесь на качество жизни: замораживание тарифов на природный газ, снижение портовых сборов, федеральное финансирование строительства жилья в Мирном и дороги Архангельск–Северодвинск [35]. Регион также получил миллиард рублей из федерального бюджета по программе развития российских космодромов. На протяжении всего периода наблюдается колебание темпов прироста показателя, а в 2022 г. – самое большое падение за весь период, которое большинство экспертов связывает с проблемами экологии в регионе.

Высокие значения показателя качества жизни и в целом положительный тренд наблюдаются в Вологодской области. На территории области реализуется более 20 государственных программ в рамках разделов ««Формирование пространства для жизни», «Формирование пространства для развития» и «Формирование пространства эффективности». Выполнение мероприятий по данным программам позволяет, в том числе, строить, реконструировать, ремонтировать и открывать объекты здравоохранения, образования, спорта, культуры, дорожной и коммунальной

инфраструктуры, закупать необходимое для работы оборудование, привлекать кадры в экономику и социальную сферу [36].

Сравнительный анализ ситуации в рассматриваемых регионах СЗФО на начало и на конец периода (рис. 3.10) показывает, что в большинстве из них показатель качества жизни вырос. В наиболее северных регионах округа: Республике Карелия, Республике Коми и в Архангельской области, максимальное значение показателя, превышающее начальное значение, наблюдается в середине периода.

Качество жизни в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, по нашим расчетам, возросло в 2022 г. по сравнению с 2010 г. в среднем в 1,35 раза. На наш взгляд, одно из объяснений такого быстрого роста состоит в наращивании агломерационного потенциала ресурсов территорий-участниц интеграционного объединения, совместное взаимовыгодное использование которых способно обеспечить интеграционный эффект, выражающийся в дополнительных выгодах и преимуществах для поселений, входящих в агломерационное объединение.

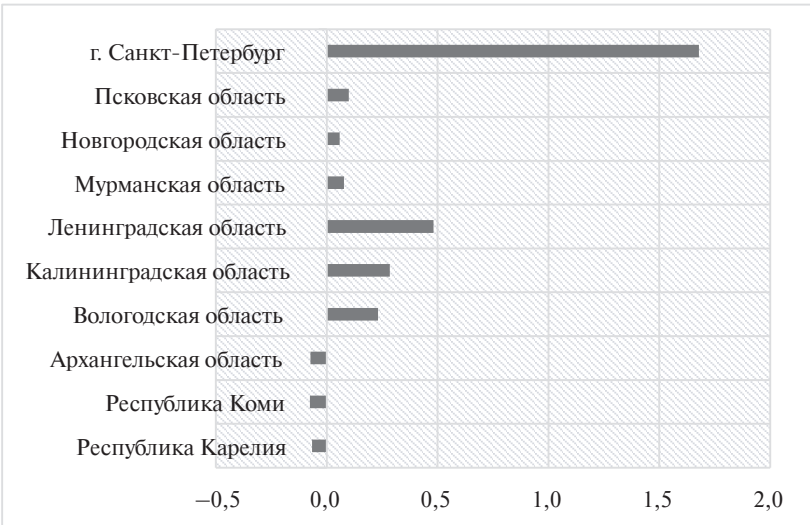


Рис. 3.10. Сравнительные значения показателя качества жизни для регионов СЗФО (данные 2022 г. к 2010 г.)

Повышение качества жизни означает рост благосостояния населения, проживающего в регионе и потому является стратегически оправданной целью регионального развития. Испытанным инструментом, который имеет большую практику применения в области решения региональных проблем экономики качества и качества жизни – в частности, является многоуровневая система управления качеством (далее – МСУК).

Одна из задач, подход к решению которой выработан на основе применения МСУК, состоит в согласовании целей основных направлений регионального развития и интегральных характеристик качества жизни. Провести детализацию отдельных характеристик качества жизни позволяет аппроксимация функции показателя качества жизни.

Основу расчета составляет модель комплексной оценки качества жизни, в которой значения полинома в точке из заданной области определения представляют собой соответствующие показатели качества жизни. Такой подход представляется нам целесообразным в связи с необходимостью сжатия больших массивов числовых данных путем замены дискретного представления имеющихся функциональных зависимостей аналитическими выражениями с небольшим числом коэффициентов.

Опираясь на сформированную нами иерархию характеристик качества жизни, рассмотрим медико-демографические условия региона, социально-экономическое благополучие населения, а также комфортность и безопасность среды жизнедеятельности, составляющие качество жизни Санкт-Петербурга (табл. 3.7) и Ленинградской области (табл. 3.8).

Проведенные расчеты показывают, что вклад выделенных характеристик в показатель качества жизни населения Санкт-Петербурга примерно одинаков (рис. 3.11). На первом месте по вкладу находится социально-экономическое благополучие, и это – не случайно. Повышение качества жизни на протяжении многих лет является неизменным ориентиром для Правительства и Губернатора города и обозначено в генеральной цели «Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2035 года».

В 2022 г. Санкт-Петербург занимал четвертое место в стране по численности населения – после Москвы, Московской обла-

сти и Краснодарского края [37]. С 2012 по 2019 г. город показывал положительную динамику прироста численности населения, и только к концу периода – в 2022 г. – «динамика» стала отрицательной и численность уменьшилась на 7,8 тыс. человек. Общая площадь жилых помещений, приходящаяся на одного жителя, в 2022 г. достигла максимального значения и составила 27,3 м^2. По сравнению с 2010 г. по обороту розничной торговли город переместился с восьмого на четвертое место в России. Сохранился довольно высокий уровень инвестиций в основной

Таблица 3.7

Характеристики, составляющие качество жизни населения Санкт-Петербурга, 2010–2022 гг.

Переменная	Коэффициент полинома					
	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Медико-демографические условия	0,70	–21,05	253,00	–1510,3	4481,6	–5287,1
Социально-экономическое благополучие населения	0,53	–1,12				
Комфортность и безопасность среды жизнедеятельности	0,38	–0,49				

Таблица 3.8

Характеристики, составляющие качество жизни населения Ленинградской области, 2010–2022 гг.

Переменная	Коэффициент полинома	
	b_0	b_1
Медико-демографические условия	0,43	–0,09
Социально-экономическое благополучие населения	0,25	0,15
Комфортность и безопасность среды жизнедеятельности	0,32	–0,06



Рис. 3.11. Характеристики, составляющие показатель качества жизни населения Санкт-Петербурга

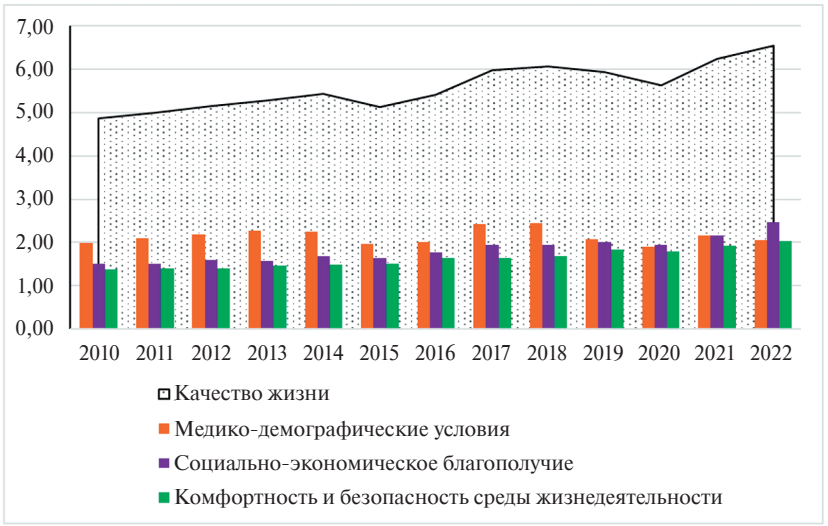


Рис. 3.12. Динамика показателя качества жизни населения Санкт-Петербурга

капитал. В 2022 г. денежные доходы населения в абсолютном выражении возросли почти в два раза по сравнению с 2010 г. и составили 4269,7 млрд руб.

На протяжении всего рассматриваемого периода возрастала комфортность и безопасность среды жизнедеятельности (рис. 3.12). Здесь сказалось общее улучшение экологической обстановки в городе. Также по сравнению с 2010 г. сократился общий уровень преступности.

На изменение медико-демографических условий наиболее существенно повлияли последствия пандемии коронавируса, о чем свидетельствует минимум значений анализируемой характеристики в 2020 г. К концу периода ситуация улучшилась, но допандемический порог в 2022 г. не был преодолен, что прослеживается на рис. 3.11 и 3.12.

Картина, которую мы наблюдаем в Ленинградской области, отражает рост всех составляющих качества жизни в 2022 г. по сравнению с 2010 г. (рис. 3.13).

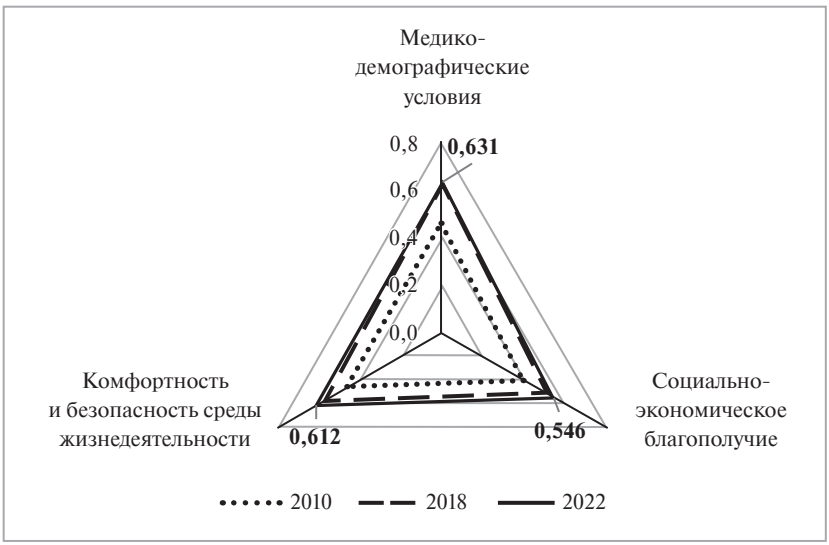


Рис. 3.13. Характеристики, составляющие показатель качества жизни населения Ленинградской области

В Ленинградской области медико-демографические условия, в которых отражено качество здоровья населения и качество среды обитания, имеют приоритетное значение по сравнению с двумя другими характеристиками. Здесь сказывается целенаправленная работа губернатора и правительства Ленинградской области, которые в качестве жизни видят «новые школы, детские сады, спортивные площадки, благоустройство» [38].

Комфортность и безопасность среды жизнедеятельности в Ленинградской области вносят практически такой же вклад в формирование показателя качества жизни, как и медико-демографические условия. На территории области реализуются программы, нацеленные на ее комплексное развитие. Курс взят на появление удобных, красивых, обустроенных населенных пунктов во всех районах Ленинградской области. В перспективе это окажет свое положительное влияние на характеристики социально-экономического благополучия, будет способствовать повышению уровня развития инфраструктуры и улучшит качество проживания.

Расчеты, проведенные на примере Санкт-Петербурга и Ленинградской области, позволили выделить влияние на качество жизни отдельных составляющих, из которых оно складывается, оценить вклад каждой из них в выбранном периоде исследования. Полученные результаты являются значимыми при определении вектора приложения усилий в направлении, выбранном для проведения политики регионального развития.

Эконометрические расчеты, проведенные нами на примере регионов Северо-Западного федерального округа, позволили составить общую картину об изменении качества жизни на территории макрорегиона, выделить и объяснить характерные региональные особенности.

Экономика всех регионов СЗФО отреагировала на кризисные явления 2015 г. и пандемический шок 2020 г., что отразилось на качестве жизни населения и подтверждено полученными результатами.

Моделирование показателя качества жизни на временном интервале 2010–2022 гг. позволяет в СЗФО выделить пять групп

регионов на основе их дифференциации по диапазонам изменения значений показателя в порядке их убывания:

1 – Санкт-Петербург;

2 – Ленинградская область;

3 – Архангельская область и Вологодская область;

4 – Республика Коми, Мурманская область, Калининградская область;

5 – Республика Карелия, Псковская область, Новгородская область.

На наш взгляд, более тщательного рассмотрения и анализа в перспективе заслуживает влияние агломерационных процессов, которое сказывается на качестве жизни населения регионов.

3.5. Анализ качества городской среды как составляющей качества жизни в агломерациях Арктической Зоны Российской Федерации[190]

Качество жизни как научная категория и экономика качества как отрасль знания широко изучаются в Институте проблем региональной экономики РАН [39–42]. Существующие в Институте научные разработки проецируются на Европейский Север и в целом на Арктическую зону Российской Федерации.

Качество жизни в Арктике – крайне чувствительная и проблемная тема, имеющая экономическое, социальное и пространственное измерения. Исследованию вопросов качества жизни в Арктике посвящены работы Л. Н. Поповой и А. В. Михайловой [43], О. Ю. Красулиной [44], О. В. Овчинникова и В. В. Орловой [45], О. А. Игнатовой с соавторами [46] и других. Исследования в области качества жизни в Арктике обладают большим потенциалом синхронизации с исследованиями в области устойчивого развития городов Арктики [47]. Изучение качества жизни в Арктике позволяет выйти на множество специфических сюжетов: от проблем качества жизни коренных малочисленных народов Севера до проблематики повышения качества жизни в моногородах Арктической зоны.

---

[190] Материал подготовлен с участием Р. А. Греся, н.с. ИПРЭ РАН.

Вопросам качества городской среды и комфортности городской среды в Арктике посвящены исследования А. Н. Пилясова [48], А. Г. Деменева с соавторами [49], О. Н. Руссовой с соавторами [50], В. А. Юдашкина [51], Е. Е. Торопушиной [52] и др. Однако исследователи городской среды в Арктике далеко не всегда используют данные Индекса качества городской среды (ИКГС) в своей работе. Тем не менее, в исследовании В. А. Юдашкина проведен анализ результатов тестовой оценки качества городской среды по методике ДОМ.РФ в малых городах АЗРФ за 2017–2019 годы [53], которая позднее преобразовалась в методику расчёта ИКГС. Малые города Арктики с низкими показателями качества городской среды получают дополнительное целевое финансирование, позволяющее только приостановить деградацию городской среды. Выводы остаются дискуссионными, а интерпретация данных ИКГС не такая простая задача, как кажется на первый взгляд. Здесь также есть множество сюжетов, которые находятся вне поля внимания исследователей.

Тематика повышения качества городской среды агломераций, а не отдельных городов, не получила соответствующего развития в научных исследованиях. Таким образом, выбранный дизайн данного исследования повышает новизну научной работы. Агломерационные исследования активно развивались в СССР, начиная с 1920-х годов в трудах М. Г. Диканского, Д. И. Богорада, В. Г. Давидовича, Г. М. Лаппо и других. Исследования агломерационных форм пространственной организации были продолжены в постсоветский период, однако закономерно остались неохваченными множество направлений. Многие теоретические концепты разрабатывались для урбанизированных зон сплошного покрытия (городов), в итоге и качество городской среды стало пониматься преимущественно по отношению к городам. Обращение к агломерациям в вопросах повышения качества жизни позволяет сформулировать новые научные проблемы.

Исследование построено на анализе данных Индекса качества городской среды Минстроя РФ за период с 2018 по 2023 годы для агломераций Арктической зоны Российской Федерации [53]. ИКГС рассчитывается ежегодно для более чем 1114 городов России. Для каждого города определяются баллы по всем из шести типов пространств и по шести критериям оценки (от 0

до 10 баллов). Итоговая оценка выставляется в диапазоне от 0 до 360 баллов. Эти значения ИКГС, при необходимости, пересчитывались нами в границах арктических агломераций, в результате использовалось среднее значение.

Временные ряды данных были собраны и обработаны за период с 2018 по 2023 годы. Выбор такого временного интервала связан с тем, что ИКГС не рассчитывался до 2018 года, а данные за 2024 год на момент проведения исследования еще не представлены. Увеличение временных рядов предположительно увеличит точность и объективность полученных результатов, однако это невозможно в настоящий момент по вышеуказанным причинам.

Объект исследования в виде агломераций Арктической зоны Российской Федерации был ограничен 26 единицами (городскими округами, муниципальными округами, муниципальными районами, городскими поселениями), сгруппированными в 15 агломераций. Перечень агломераций и группировка муниципалитетов произведены согласно Распоряжению Правительства РФ от 28 ноября 2023 г. № 3377-р «Об утверждении перечня опорных населённых пунктов (муниципальных образований) Арктической зоны РФ, в том числе выполняющих функции по обеспечению национальной безопасности и (или) функции базы для развития минерально-сырьевых центров, реализации экономических и (или) инфраструктурных проектов в Арктике». Следует подчеркнуть, что в представленном перечне все опорные населённые пункты обозначены именно как агломерации, в том числе Игарка, Певек, Новый Уренгой и т. д.

Из исследования была исключена агломерация Тикси-Найба, так как для населённых пунктов в составе этой агломерации не рассчитывается ИКГС. Итоговое количество объектов в исследовании – 14, из которых шесть агломераций включают более одного города, для которого рассчитывается ИКГС.

В качестве методов исследования использовался метод анализа, математический и статистический методы, метод корреляции, регрессионный анализ. Для дальнейшего выявления корреляционных связей между качеством городской среды и социально-экономическими показателями использованы данные государственной статистики, аккумулированные по муниципальным образованиям

в Базе данных показателей муниципальных образований [54]. Полученные статистические данные по муниципальным образованиям были пересчитаны в соответствии с установленной группировкой муниципальных образований по агломерациям, в этом случае учитывались средние величины показателей по агломерациям.

Наличие Индекса качества городской среды Минстроя РФ позволило сформировать набор анализируемых данных, который позволяет выявлять новые закономерности и делать выводы относительно качества городской среды с апелляцией к конкретным значениям. Полученные результаты исследования объединены по трём основным и взаимосвязанным вопросам: динамика изменения качества городской среды в арктических агломерациях; внутриагломерационные разрывы в качестве городской среды; качество городской среды и миграция населения.

Динамика изменения качества городской среды в арктических агломерациях

Базовый критерий, дающий представление об изменениях в качестве городской среды – это изменение значений ИКГС в «номинальном» выражении. Все исследуемые 14 арктических агломераций демонстрируют увеличение значений ИКГС от уровня 2018 года к 2023 году в диапазоне от 16,5 до 50 баллов (рис. 3.14). Если в 2018 году среди всех арктических агломераций в выборке было всего несколько агломераций с благоприятной городской средой (такой условный статус можно приобрести при условии получения городом 180 баллов ИКГС из 360), то в 2023 году агломераций с благоприятной городской средой стало 11. В среднем значения ИКГС для арктических агломераций увеличивались на 6,83 балла в год, что составляет 1,9 % от всего индекса.

Средний балл по всем арктическим агломерациям в 2023 году составил 205,9 баллов. Такое обобщение не совсем корректно, так как баллы ИКГС определяются в зависимости от размерных групп, однако все же за счет общности климатической группы установим средний балл для всей выборки. В целом по России

в 2023 году для группы больших городов средний балл составил 213, для средних городов средний балл составил 204, для группы малых городов (25–50 тысяч человек) – 202 балла, для групп малых (5–25 тысяч человек и до 5 тысяч) – по 193 балла. Арктические агломерации, таким образом, по качеству городской среды в целом соответствуют среднероссийскому уровню.

Несмотря на общую тенденцию роста значений ИКГС, в некоторые годы для отдельных городов фиксируется снижение значений рассматриваемого показателя (рис. 3.14). Максимальный прирост значения ИКГС в выборке установлен для Ноябрьска +27 баллов в 2022 году по сравнению с 2021 годом. Наибольшее

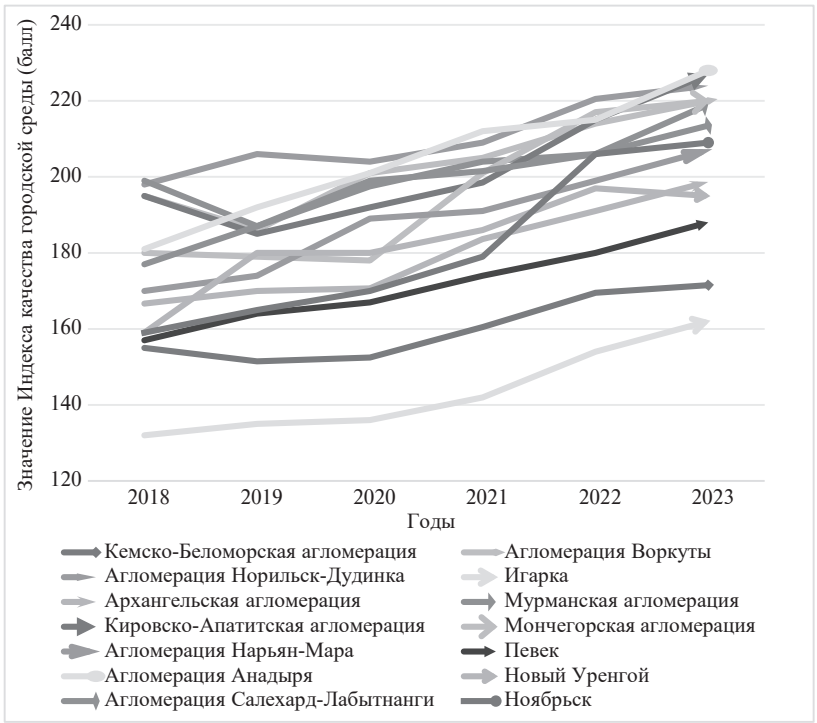


Рис. 3.14. Динамика значений Индекса качества городской среды Минстроя РФ для агломераций Арктической зоны РФ в период с 2018 по 2023 годы

снижение значений ИКГС, напротив, зафиксировано для Мурманской агломерации в 2019 году по сравнению с 2018 годом: –12 баллов. Снижение количества баллов по отношению к предыдущему году наблюдалось в 8 случаях из 70. Большинство эпизодов ухудшения результатов относится к 2020 году относительно 2019 и к 2019 году относительно 2018 года. После 2020 фиксируется преимущественно положительная динамика.

Арктические агломерации демонстрируют уверенный рост значений ИКГС в исследуемый период, однако нельзя воспринимать агломерации как однородные пространственные системы – различия внутри них по любым рассматриваемым показателям могут быть существенными.

Внутриагломерационные разрывы в качестве городской среды

Создание единых условий социально-экономического развития в пределах границ агломерации для поддержания её стабильности и эффективного функционирования системы – важная научная, методическая и управленческая задача. Целостность агломерации не может быть достигнута без единства внутреннего рынка, социальной среды, выравнивания качества жизни и качества городской среды в агломерации. Изменение баланса в качестве городской среды агломерации – очень важный индикатор, раскрывающий стратегические направления развития агломерации. Далеко не все арктические агломерации являются однородными по качеству городской среды. Понимание данной ситуации поможет в разработке современных стратегий развития и принятии управленческих решений.

Только в двух из шести проанализированных агломераций наблюдается увеличение внутреннего разрыва в качестве городской среды – Мурманская агломерация и агломерация Салехард-Лабытнанги (табл. 3.9). В Мурманской агломерации разрыв увеличился на 12 баллов, с 2 до 14 между Мурманском и Североморском. В агломерации Салехард-Лабытнанги разрыв увеличился более чем на 30 баллов, с 32 до 67 между непосредственно Салехардом и Лабытнанги. Данный разрыв возник из-за существенного роста значения ИКГС для Салехарда с 193 в 2018 году

до 247 баллов в 2023 году, тогда как Лабытнанги за тот же период улучшил свои позиции только на 19 баллов (со 161 до 180).

Среди агломераций, сокративших разрыв в абсолютных значениях, наилучший результат показала Архангельская агломерация: между Архангельском и Северодвинском сокращение составило 18 баллов. Следом за ней идёт Кировско-Апатитская агломерация, разрыв в которой сократился на 12 баллов между Кировском и Апатитами. Примерно на одинаковом уровне сократился разрыв в значениях ИКГС в Кемско-Беломорской агломерации и агломерации Норильск-Дудинка. В относительных значениях наибольшее сокращение разрыва произошло в Кировско-Апатитской агломерации – в 7 раз, наименьшее – в Кемско-Беломорской агломерации (1,77 раза).

Таблица 3.9

Изменения в дифференциации по качеству городской среды в пределах арктических агломераций

Арктические агломерации, включающие несколько муниципальных образований	Предельная разница значений Индекса качества городской среды Минстроя РФ, баллов		Характеристика изменения разрыва в качестве городской среды
	в 2023 году	в 2018 году	
Кемско-Беломорская агломерация	9	16	Сокращение
Агломерация Норильск-Дудинка	2	10	Сокращение
Архангельская агломерация	17	35	Сокращение
Мурманская агломерация	14	2	Увеличение
Кировско-Апатитская агломерация	2	14	Сокращение
Агломерация Салехард-Лабытнанги	67	32	Увеличение

*Составлено на основе данных [54].

Сложность выравнивания качества городской среды в агломерациях напрямую связана с проблемой преодоления фрагментации управления, отмечаемой в качестве одной из трёх компонент современной методики стратегического планирования и управления развитием агломераций [55]. Формирующиеся модели управления агломерациями в Арктике должны быть интегрированы с функционирующим инструментарием в сфере городского развития для решения вопросов выравнивания качества городской среды. Можно констатировать, что в арктических агломерациях проблема гомогенности качества городской среды ещё не решена.

Качество городской среды и миграция населения

Важнейшим индикатором удовлетворённости населения окружающей средой, качеством среды и качеством жизни является миграционный прирост. Отрицательное сальдо миграции свидетельствует о наличии комплекса проблем в сфере социально-экономического развития, о сниженных возможностях реализации человеческого потенциала. Отток населения, особенно в трудоспособных возрастах, вызывает негативный (нисходящий) цикл обратных связей, ещё больше снижающий потенциал развития, а также негативно влияющий на качество жизни.

Изменение миграционной ситуации – традиционно одна из ключевых целей в стратегиях социально-экономического развития на Крайнем Севере и в Арктике. Решение демографической проблемы часто предлагается через улучшение качества городской среды. Эта гипотеза требует научных изысканий. Проверить эффективность мер по улучшению качества городской среды в контексте улучшения миграционной ситуации – одна из задач данного исследования.

На материале выбранных 14 арктических агломераций была определена взаимосвязь между изменениями качества городской среды и сальдо миграции за период с 2018 по 2023 годы с помощью двух расчётных инструментов – коэффициента корреляции Пирсона и коэффициента линейной детерминации (R^2). Значения коэффициента корреляции Пирсона (табл. 3.10), и особенно, коэффициента детерминации (табл. 3.11) оказались во всех случаях меньше 0,5, что позволяет сделать вывод об отсутствии

выраженной прямой связи между рассматриваемыми наборами данных. Однако при более детальном рассмотрении можно выделить неоднородность результатов.

Таблица 3.10

Коэффициент корреляции Пирсона для двух переменных, представленных значениями Индекса качества городской среды Минстроя РФ и сальдо миграции по годам в агломерациях Арктической зоны РФ

		Значение индекса качества городской среды Минстроя РФ (за год)					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Сальдо миграции (за год)	2018	–0,3147	0,0178	–0,0776	–0,0857	–0,1213	–0,1651
	2019	–	–0,2359	–0,2824	–0,2464	–0,1664	–0,2145
	2020	–	–	–0,3138	–0,3335	–0,1394	–0,1954
	2021	–	–	–	–0,0028	0,0623	0,0183
	2022	–	–	–	–	–0,0682	–0,0169
	2023	–	–	–	–	–	0,3293

*Составлено на основе данных [48; 49].

Таблица 3.11

Коэффициент линейной детерминации (R^2) для двух переменных, представленных значениями Индекса качества городской среды Минстроя РФ и сальдо миграции по годам в агломерациях Арктической зоны Российской Федерации

		Значение индекса качества городской среды Минстроя РФ (балл, за год)					
		2018	2019	2020	2021	2022	2023
Сальдо миграции (чел., за год)	2018	0,0991	0,0003	0,0060	0,0073	0,0147	0,0273
	2019	–	0,0556	0,0797	0,0607	0,0277	0,0460
	2020	–	–	0,0985	0,1112	0,0194	0,0382
	2021	–	–	–	–0,0028	0,0623	0,0183
	2022	–	–	–	–	0,0047	0,0003
	2023	–	–	–	–	–	0,1084

*Составлено на основе данных [53; 54].

Приближенные к нулю значения коэффициента корреляции Пирсона для 2021 и 2022 годов предположительно связаны с пандемией COVID-19, которая существенно повлияла на транспортную мобильность населения в эти годы внутри страны и за её пределами. Значение коэффициента в 2023 году по модулю примерно равно значению за 2020 год. В целом, несмотря на малую величину выборки, можно отметить положительную динамику, связь между качеством городской среды и миграционными показателями усиливается.

Значения коэффициента детерминации во всех случаях не превышают 0,15 (табл. 3.11). Иными словами, изменения качества городской среды не выступают пока предиктором для миграционных показателей. Похожие выводы были сделаны на основе изучения значений ИКГС городов Ленинградской области [50], что дополнительно свидетельствует о большом пространственном охвате проблематики.

Нарушение связи между качеством городской среды и демографической ситуацией может быть вызвано как рядом сторонних факторов (в том числе фактором распространённости вахтового метода освоения территории), так и несовершенством статистики и существующих методик расчёта интегральных показателей. Разрыв связи подтверждается социологическими опросами ученых ФНИСЦ РАН, в ходе которых было выявлено большое количество желающих уехать из малых городов ЯНАО при одновременной высокой оценке качества жизни в этих городах.

Таким образом, несмотря на умеренный рост значений ИКГС во всех изученных агломерациях, в двух из них увеличивается внутриагломерационный разрыв в качестве городской среды. Также следует подчеркнуть, что улучшение качества городской среды в городских агломерациях (установленное по росту значений ИКГС) пока что существенно не повлияло на миграционный отток населения в макрорегионе. Впрочем, не следует исключать запуск положительной тенденции в этом направлении. Воздействие может иметь отложенный эффект за пределами исследуемого периода.

В целом, проведение данного исследования позволило установить, что значения ИКГС в арктических агломерациях повсеместно показывают умеренный рост в период с 2018 по 2023 годы, но несмотря на это, выявлены агломерации, в которых разрыв в качестве городской среды увеличивается, а не уменьшается. Проблема крайне важна. Она имеет прямое отношение к обсуждению концепта поляризованного развития и неэффективности идеи точек роста в национальном и глобальном масштабах. Рост дифференциации внутри агломераций – это угроза «собора в пустыне» или приобретения «синдрома Кэсона», когда импульс экономического развития не распространяется на окружающие территории, а трансфер технологий не осуществляется.

Углубление внутриагломерационных разрывов в качестве городской среды нарушает целостность агломерации, ведёт к возрастанию пространственных различий, обособлению ядра агломерации и является ещё одним шагом на пути к росту внутрирегионального и межрегионального неравенства, что противоречит федеральным приоритетам пространственного развития. В контексте концепции новой Стратегии пространственного развития РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года одна из ключевых задач сформулирована как «сокращение межрегиональной дифференциации» [56]. Выравнивание качества городской среды в агломерациях – важная составляющая в достижении данной задачи. Из этого положения могут проистекать многочисленные рекомендации для стратегического планирования развития городов, агломераций и регионов. Например, стратегии развития агломераций или мастер-планы должны включать задачу повсеместного повышения качества городской среды и соответствующий блок мероприятий и проектов, направленных на её выполнение. При разработке долгосрочных планов необходимо использовать инструменты экономики качества (стандартизация, метрология, управление качеством), что позволит смягчить и проблемы стратегического управления, и проблемы трансфера технологий [52].

Второй важный результат исследования заключается в опровержении прямого быстрого воздействия изменения качества городской среды на миграцию населения. Вывод требует дополнительных

подтверждений, в том числе в рамках масштабных социологических исследований. Теоретические обоснования связи качества городской среды и жизненных планов населения относительно места работы и жительства могут быть предложены в рамках экономики качества. Масштабная эмпирическая база с использованием данных ИКГС для теоретической рамки в итоге улучшит наше понимание социально-экономических процессов на горизонте планирования до 30 лет.

Необходимо понимать, что результаты исследования во многом зависят от методики составления ИКГС. Её особенности, выраженные в наличии вариативности в выставлении баллов по параметрам оценки в зависимости от показателей других городов в конкретной группе, не позволяют сравнивать города из разных размерных групп между собой. Однако проводимый перерасчет баллов за предыдущие годы в случае изменений методики расчета индекса позволяет эффективно использовать ИКГС для динамических рядов данных. Разработчики ИКГС подчеркивают, что индекс не является рейтингом и призывают не использовать его для сравнения городов между собой, а ориентироваться только на изменение значений для конкретного города. Тем не менее, именно ИКГС на сегодняшний день, несмотря на некоторые альтернативы, является наиболее полной базой данных в сфере качества городской среды в российских городах.

Представленные в исследовании результаты в некотором роде фрагментарны. Имеются большие перспективы расширения исследований по тематикам качества городской среды и качества жизни в агломерациях, а также применения ИКГС в таких исследованиях. Широкая география городов, включённых в индекс, позволяет проводить новые пространственные исследования, в том числе по тематике улучшения качества жизни в отдельных регионах и агломерациях России. В данной работе представлен только корреляционный и регрессионный анализ значений ИКГС для арктических агломераций и показателей миграции в них. Релевантен анализ связей ИКГС с другими социально-экономическими показателями помимо миграции населения, начи-

ная с валового городского продукта, заканчивая показателями эффективности работы муниципальных и городских администраций.

Выводы исследования могут быть представлены по нескольким тематическим направлениям.

Теоретические выводы:

1. Качество жизни предусматривает качество пространства, в том числе качество городской среды.

2. Повышение качества жизни в Арктике не может быть реализовано без повышения качества городской среды в агломерациях и городах АЗРФ.

3. Качество городской среды в агломерации должно рассматриваться как отдельная научная проблема и не приравниваться к качеству среды в ядре и отдельных городах, составляющих агломерацию (принцип эмерджентности).

Практические выводы:

1. В период с 2018 по 2023 годы в арктических агломерациях по данным Индекса качества городской среды Минстроя РФ поступательно возрастает качество городской среды, однако фиксируется снижение значений показателя в отдельные годы для некоторых агломераций (преимущественно в период 2019–2020 годов).

2. Из всего количества проанализированных арктических агломераций, в четырёх сокращается внутриагломерационный разрыв в качестве городской среды, что можно считать положительным явлением.

3. Связь между значениями Индекса качества городской среды и показателями миграции населения в арктических агломерациях по результатам вычислений охарактеризована как крайне слабая или фактически отсутствующая.

Рекомендации:

1. В разрабатываемых стратегиях развития агломераций и мастер-планах необходимо предусмотреть задачи, проекты и мероприятия по сокращению внутриагломерационных разрывов в качестве городской среды.

2. Необходимо корректно увязывать проекты, программы (в том числе муниципальные), направленные на повышение качества жизни, с градостроительными проектами и мероприятиями в сфере благоустройства.

3. Целесообразно разработать типовые дорожные карты по повышению качества городской среды в арктических агломерациях с учётом их размерной и функциональной классификации.

Подводя итог, следует ещё раз подчеркнуть важность задачи выравнивания качества городской среды в агломерациях Арктической зоны Российской Федерации и невозможности повышения качества жизни в Арктике без улучшения качества городской среды.

Рассмотренная динамика качества городской среды в арктических агломерациях тематически является частью проблематики качества жизни в Северо-Западном федеральном округе РФ (СЗФО РФ), поскольку многие из изученных агломераций относятся именно к этому федеральному округу. В свою очередь, для СЗФО РФ в целом актуальной научной проблемой выступает изменение параметров качества жизни в условиях санкционного давления на Российскую Федерацию.

Анализ изменения показателей качества жизни по регионам СЗФО РФ в период 2019–2023 гг. (см. рис. 3.15) раскрывает улучшение качества жизни по отдельным показателям, что первично позволяет предположить успешность введенных после 2022 года контрмер федеральных и региональных органов власти.

Развитие исследовательской тематики в части определения воздействия внешнего мира на качество жизни в регионе и региональную экономику может производиться путем деконструкции экзогенных факторов. Такие факторы воздействия на качество жизни, подверженные геополитическим трансформациям – это новый, предлагаемый исследовательский инструмент, с помощью которого существующие методики оценки качества жизни могут быть улучшены.

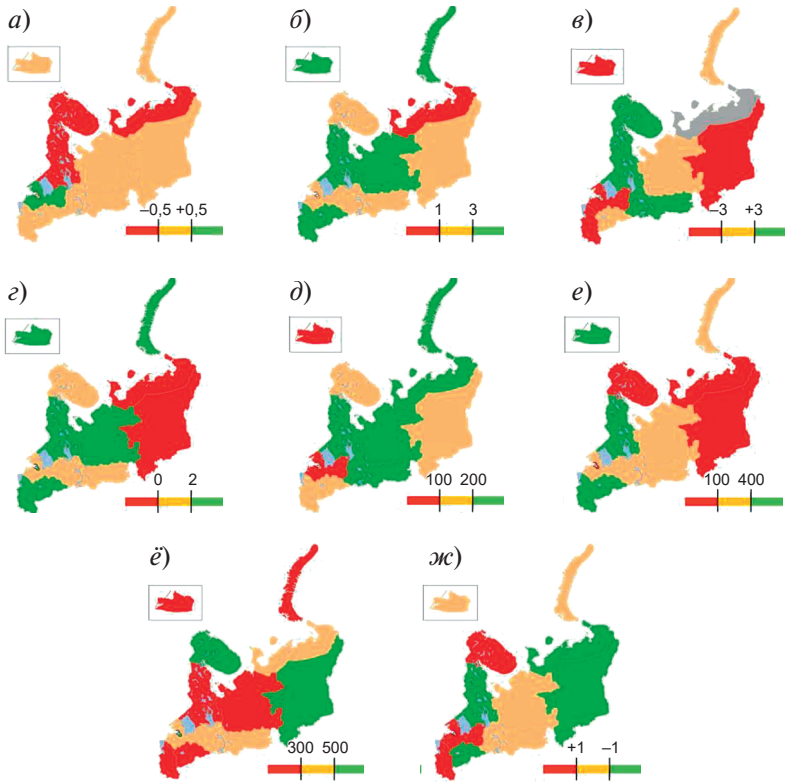


Рис. 3.15. Относительное изменение показателей качества жизни в регионах Северо-Западного федерального округа РФ в 2023 г. относительно 2019 г. (выборка показателей): *а* – ожидаемая продолжительность жизни (лет); *б* – Общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя (кв. м.); *в* – доля уловленных и обезвреженных загрязняющих атмосферу веществ в общем количестве отходящих загрязняющих веществ от стационарных источников (%); *г* – численность врачей всех специальностей на 10000 человек населения (чел.); *д* – обеспеченность детей дошкольного возраста местами в организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам дошкольного образования, присмотр и уход за детьми (мест на 1000 детей); *е* – число посещений музеев на 1000 человек населения (ед.); *ё* – ВРП на душу населения (тыс. руб.); *ж* – удельный вес затрат на питание в доходах населения (%).

Источник: Составлено авторами на основе данных Росстата.

Многообразие экзогенных факторов необходимо классифицировать и разделить на группы в соответствии с определенными сферами. Ввиду отсутствия разработок по данной теме, приведенная группировка производится аксиоматически. Были выделены следующие группы: Г1. Факторы, связанные с финансами и инвестициями; Г2. Факторы, связанные с мировыми рынками, торговлей и глобальной логистикой; Г3. Факторы, связанные с трансграничной диффузией инноваций и технологий; Г4. Факторы, связанные с поставками ресурсов, оборудования, комплектующих, ПО; Г5. Факторы, связанные с взаимодействием людей и организаций; Г6. Факторы, связанные с экологией и обеспечением безопасности; Г7. Факторы, связанные с пространством и средой.

По каждой группе можно обозначить от 8 до 9 факторов. Полный перечень приведен в таблице 3.12 (с. 318–321). Всего, таким образом, был образован реестр из 57 экзогенных факторов, объединенных в семь групп. Реестр может быть расширен и усложнен путем выделения подгрупп и субфакторов, образованных сочетанием факторов, относящихся к разным группам.

Для каждого региона экспертным путем или же с применением технологий искусственного интеллекта может быть выделен определенный набор наиболее релевантных экзогенных факторов. Исходя из полученного результата, следует определить наиболее проблемную группу факторов, именно на нее должно быть в дальнейшем направлено внимание региональных властей и разработчиков стратегических документов.

На основе приведенного реестра экзогенных факторов с учетом разработки аналогичного реестра доступных стратегических решений по противодействию внешним воздействиям возможно создать региональную матрицу стратегических решений. Такая матрица позволит выделить наиболее актуальные для конкретных регионов экзогенные факторы и наиболее релевантные стратегические решения. Региональная матрица стратегических решений как инструмент управленческого воздействия имеет большие перспективы внедрения на региональном уровне в Российской Федерации.

3.6. Процесс агломерирования в регионе: теория и инструменты анализа[191]

Противоречивость агломерационного развития

Два прошедших десятилетия во всём мире показали плюсы жизни в мегаполисах. Среди основных стоит отметить возможность организовать инфраструктурное развитие и социальное обеспечение максимально эффективно; стимулирование экономического развития на базе отраслей третичного сектора, связанных с реализацией сервисно-информационных функций в экономике; существенное повышение качества жизни населения, ориентированного на максимально полный учёт и согласование интересов местных сообществ за счёт развития принципов комплексного городского планирования. Социально-экономическим базисом, обеспечивавшим реализацию этих преимуществ, служила локальная концентрация населения (и спроса) в агломерациях.

Однако уже к 2019–2020 гг. (ещё до реализации пандемического шока) наметилось исчерпание потенциала роста, связанного с реализацией выделенных преимуществ. Так, в 2017 г. среди 20 крупнейших агломераций мира по параметру ВРП – Пекин, Шанхай (Китай), Лима (Перу), Йоханнесбург (ЮАР), Мехико (Мексика), Каир (Египет), Дюссельдорф (Германия) демонстрировали показатели ниже, чем в среднем по стране[192]. Данные для двух крупнейших агломераций России представлены в таблице 3.13.

Можно видеть, что московская агломерация имеет тенденции отставания от средних по стране показателей роста экономики, что характерно для многих агломераций, принадлежащих к мировой двадцатке крупнейших агломераций. На этом фоне санкт-петербургская агломерация, которая имеет значительно меньший уровень экономического потенциала, сконцентрированного в третичном секторе, демонстрирует гораздо более устойчивые показатели экономического роста.

---

[191] Материалы разделов 3.6, 3.7 подготовлены с участием к.э.н. Н. А. Росляковой, н.с. ИПРЭ РАН.

[192] Эффект масштаба. Первый глобальный рэнкинг агломераций // https://www.mos.ru/upload/documents/oiv/renking_aglomeratsiy.pdf (дата обращения: 25.06.2024).

Таблица 3.12

Реестр экзогенных факторов воздействия на качество жизни, подверженных флуктуациям в связи с геополитическими трансформациями

Группа факторов	Факторы
Г1. Факторы, связанные с финансами и инвестициями	Ф1.1. Доступность иностранной валюты для торговых операций. Ф1.2. Вариативность экспортно-импортных операций из-за колебаний курсов валют. Ф1.3. Доступность зарубежных финансовых ресурсов и инструментов кредитования. Ф1.4. Представленность иностранных банков и мировых финансовых институтов на территории. Ф1.5. Разрешенность иностранных финансовых вложений в флагманские проекты развития. Ф1.6. Свобода инвестирования за рубежом. Ф1.7. Опосредованность притока иностранного капитала, параметры прямых иностранных инвестиций. Ф1.8. Изменяемость положения региона или муниципалитета, его организаций в зарубежных кредитных рейтингах.
Г2. Факторы, связанные с мировыми рынками, торговлей и глобальной логистикой	Ф2.1. Доступность иностранных рынков (эмбарго, заградительные пошлины). Ф2.2. Дискредитация товаров и брендов местных производителей. Ф2.3. Перебои работы цепочек поставок. Ф2.4. Надежность интернациональных логистических операторов, посредников в доставке грузов, страховых компаний. Ф2.5. Разрешенность транзита товаров, наличие специальных транзитных сборов с повышенным тарифом. Ф2.6. Доступность международных транспортных коридоров, воздушного пространства и транспортной инфраструктуры отдельных стран. Ф2.7. Ограничение работы логистических компаний за рубежом (рестрикции). Ф2.8. Удлинение цепочек поставок, их удорожание и усложнение в отсутствие бесшовной инфраструктуры.

Г3. Факторы, связанные с трансграничной диффузией инноваций и технологий	Ф3.1. Наличие прямых запретов на закупку зарубежных передовых технологий, прекращение поддержки ранее закупленной продукции. Ф3.2. Прекращение научно-технологических связей и связей между коммерческими организациями, специализирующихся на инновационных продуктах. Ф3.3. Рестрикции на организации, ведущие активную научно-исследовательскую деятельность для социально-экономического развития. Кибератаки на наиболее инновационные предприятия в информационной сфере. Ф3.4. Доступность мировых источников финансирования (в особенности грантов специализированных фондов) для инновационных компаний на территории. Ф3.5. Риск исключения из международных программ исследований. Ф3.6. Доступность новейших материалов, необходимых для проведения собственных исследований и перспективных разработок. Ф3.7. Ограничение международной сертификации инновационной продукции. Ф3.8. Непринятие иностранными государствами утвержденных стандартов в инновационной сфере.
Г4. Факторы, связанные с поставками ресурсов, оборудования, комплектующих, ПО	Ф4.1. Введение запретов на импорт критически значимого оборудования и комплектующих. Ф4.2. Рестрикции на производителей уникальной жизненно важной или ключевой экспортной продукции. Ф4.3. Риск отключения от зарубежных корпоративных цифровых систем и продуктов. Ф4.4. Доступность экспорта и импорта отдельных видов сырья, искусственные скачки цен на определенные виды ресурсов. Ф4.5. Риск расторжения договоров о порядке использования трансграничных водных и иных ресурсов. Попытка ограничений морехозяйственной деятельности в нейтральных водах и в 200-мильных экономических зонах третьих стран. Ф4.6. Значительное усложнение прохождения таможенных процедур по отдельным категориям продукции, ресурсов. Ф4.7. Угроза ограничения доступа к информации, услугам и сервисам в сети с интернет-адресов, расположенных на определенной территории. Ф4.8. Наличие стремлений воздействовать на мировой рынок в целях монополизации определения правил торговли определенными видами ресурсов.

Окончание табл. 3.12

Группа факторов	Факторы
Г5. Факторы, связанные с взаимодействием людей и организаций	Ф5.1. Содействие миграционным намерениям молодых квалифицированных специалистов («утечка мозгов») вместо развития двусторонних программ временных стажировок на основе межгосударственных соглашений. Ф5.2. Ограничение участия представителей страны/региона в международных программах повышения квалификации управленческих, научных и др. кадров. Ф5.3. Создание искусственных ограничений для международной академической мобильности и научного сотрудничества, участия в профессиональных конкурсах и международных олимпиадах школьников. Ф5.4. Угроза исключения из международных профессиональных ассоциаций, ограничений на сертификацию специалистов по глобальным стандартам. Ф5.5. Препятствование налаживанию трансграничного сотрудничества между регионами и муниципальными образованиями разных стран. Ф5.6. Прямой запрет на участие иностранных специалистов в профессиональных и культурных мероприятиях на территории страны и региона, общественное порицание деятелей культуры, представивших свое творчество для жителей страны/региона. Ф5.7. Дискредитация государственных и общественных институтов страны и региона в целях ограничения притока иностранных инвестиций. Ф5.8. Рассмотрение организаций, в том числе религиозного характера и действующих за рубежом, исключительно в качестве «проводников мягкой силы», осуществление попыток ограничения их деятельности.
Г6. Факторы, связанные с экологией и обеспечением безопасности	Ф6.1. Вероятное расторжение договоров о совместном управлении экологическими рисками, заключенных ранее в связи с трансграничным переносом, наличием крупных природных объектов или ООПТ на границах государств. Блокировка совместных программ адаптации, трансграничного мониторинга. Ф6.2. Угроза деградации механизмов совместного реагирования на чрезвычайные ситуации природного и антропогенного характера. Ф6.3. Ограничение возможности в решении экологических проблем и адаптации к изменениям климата в связи с недоступностью иностранных инвестиций для ESG-трансформации предприятий. Ограничение доступности международных зеленых облигаций и экологических фондов.

	Ф6.4. Целенаправленное внимание зарубежных экологических организаций и экоактивистов на конкретные экологические проблемы с последующей их политизацией и ростом конфликтогенного потенциала. Ф6.5. Выборочное ограничение закупок продукции предприятий, не следующих определенным международным экологическим стандартам, одновременно противоречащим национальному законодательству. Ф6.6. Введение дискриминационных экологических стандартов или сертификатов для импорта, использование экологических аргументов для ограничения доступа на рынки, введение рестрикций за якобы экологические нарушения. Ф6.7. Проблемы с обращением с ядерными отходами из-за разрыва сотрудничества, ограничений на поставки оборудования и материалов для обеспечения безопасности ядерных объектов, санкции против организаций, отвечающих за безопасность. Ф6.7. Заморозка международного финансирования природоохранных НКО, ограничение доступа к спутниковым данным и технологиям экологического мониторинга, рестрикции против государственных природоохранных структур. Ф6.8. Угроза преднамеренного экологического вредительства: создание мусорных полигонов на границе, выброс загрязняющих веществ у истоков рек, осушение болот и т.д.
Г7. Факторы, связанные с пространством и средой	Ф7.1. Ограничение программ приграничного сотрудничества, действия макрорегиональных программ соседства. Ф7.2. Закрытие или ограничение работы пунктов пропуска на границе. Ф7.3. Ограничение возможности пользования определенными видами транспорта при пересечении границы и на территории иностранного государства. Ф7.4. Угроза искусственного ограничения устоявшихся связей разделенных городов, агломераций, иных территориальных образований. Ф7.5. Риск активной политизации проблем в приграничной зоне с их подчеркнутой локализацией (объекты накопленного вреда, этнические или религиозные сообщества, лагеря беженцев, ареалы обитания биологических видов и др.). Ф7.6. Угроза прямых демонстраций силы вблизи государственной границы и объектов трансграничной магистральной транспортной инфраструктуры. Ф7.7. Вероятность обострения, разморозки территориальных конфликтов при их ранее задокументированном наличии. Ф7.8. Несанкционированные аресты и досмотры морских и речных судов в спорных водах.

Источник: Составлено на основе экспертных представлений, проведенного анализа стратегий социально-экономического развития регионов СЗФО РФ, научных материалов и данных, представленных ИИ-ассистентами DeepSeek и GigaChat.

Таблица 3.13

Динамика индекса физического объема ВРП в 2007–2021 гг. в среднем по Российской Федерации, Москве и Санкт-Петербургу

Год	Российская Федерация	Москва	Санкт-Петербург
2007	108.3	108.3	113.1
2008	105.7	107.7	109.3
2009	92.4	87.2	94.3
2010	104.6	101.4	105.5
2011	105.4	102.8	108.3
2012	103.1	103.0	104.3
2013	101.8	101.0	101.8
2014	101.3	100.2	101.0
2015	99.4	97.9	101.4
2016	100.8	101	102.3
2017	101.9	101.7	101.1
2018	102.8	103.2	103.4
2019	101.6	101.1	101.8
2020	97.8	99.0	97.5
2021	107.3	110.7	120

Источник: рассчитано на основе данных[193]

Пандемия в 2020–2021 г. и интенсификация санкционного давления в 2022 г. продемонстрировали, что экономический рост агломераций ограничен объективными факторами. Наиболее острый из них – это обеспечение согласованности повышения как качества жизни, так и экономической динамики агломераций на принципах устойчивого развития и стабилизации социальной структуры. Эти тенденции ярко проявились на примере европейских стран, где ещё до кризиса 2020 г. активно дискутировался вопрос о том, как поддерживать рост и обеспечить

[193] Национальные счета // https://rosstat.gov.ru/statistics/accounts (дата обращения: 20.06.2024).

сглаживание периферийной фрагментации и разрастания агломераций. Ключевой причиной формирования подобных тенденций агломерирования является абсорбция чрезмерного потока мигрантов, который не может быть сбалансирован ни по социальной, ни по экономической структуре европейских государств, что ведёт к аккумулированию на периферийных территориях агломераций неформальной и нелегальной застройки и формированию социально оторванных (закрытых) городских районов[194].

В этом контексте относительно более низкий уровень развития процессов агломерирования в регионах России обуславливает и объективно меньшую остроту проявления противоречий, обозначенных выше. А это, в свою очередь, позволяет трансформировать и гармонизировать тенденции и перспективы агломерирования с меньшим уровнем экономических издержке и социальных потрясений. Причём важно отметить, что региональное развитие может обеспечиваться на условиях комплексной долгосрочной сбалансированности. Низкая база развития регионов формирует определённый потенциал для использования модели роста сервисной экономики агломераций на первоначальном этапе. Выше мы уже отмечали, что в крупнейших агломерациях потенциал такого роста уже исчерпан и, соответственно, естественной тенденцией перетока агломерационных эффектов является перенос таких видов деятельности в регионы, которые способны насыщать свои экономики сервисными специализациями и за счёт этого могут обеспечить рост как экономических показателей, так и качества жизни и городской среды. При этом должен протекать параллельный процесс, ориентированный на более долгосрочную перспективу, стимулирование создания новых видов деятельности, которые будут связаны с ростом производительности труда, передельности и технологического уровня производства, повышением доли знания в структуре производственных ресурсов, что будет вести к технологической трансформации,

---

[194] Перькова А. Ю., Перькова М. В., Ладик Е. И. Формирование и развитие городских агломераций. Зарубежный и отечественный опыт // Вестник белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2022. Т. 7. № 8. С. 71–84. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-8-71-84.

расширению широты и плотности экономических взаимосвязей между агломерациями и региональным экономическим пространством.

Причём, если первая стратегия краткосрочна по характеру и может быть ориентирована только на региональные столицы меньшего масштаба, которые ещё не реализовали потенциал сервисного роста, то вторая стратегия в первую очередь актуальна для крупнейших агломераций, что является новым этапом агломерационного развития. Её реализация в региональных столицах меньшего масштаба является основой для совершенствования процесса пространственного развития. В этом же контексте важную организующую роль играют инфраструктурные проекты, призванные в первую очередь структурировать и организовать пространство под новые хозяйственные задачи. На начальном этапе возможно обеспечение импульса, связанного с усилением экспортного и транзитного роста, который должен быть направлен на трансформацию процесса стимулирования роста производительности труда и технологическую трансформацию, которые обеспечат переход к более суверенным и локализованным рынкам[195].

Реализация такой стратегии обеспечивает условия интенсификации процесса повышения технологического и экономического суверенитета России путём перезапуска реального сектора экономики. Однако это предполагает более высокий уровень координации процесса планирования и управления пространственным развитием со стороны государства, обеспечивающий вовлечение более широкого круга политических и социальных сил[196].

В отсутствие работы по совершенствованию управления планированием и согласованием процессов агломерационного и пространственного развития формируются серьёзные предпосылки для обострения противоречий и нарастания негативных

[195] Schindler S., Kanai J. M. (2019): Getting the territory right: infrastructure-led development and the re-emergence of spatial planning strategies // Regional Studies. 2019. DOI: 10.1080/00343404.2019.1661984.

[196] Rodrik D. Premature deindustrialization // Journal of Economic Growth. 2016. Vol. 21. N. 1. P. 1–33. DOI:10.1007/s10887-015-9122-3.

тенденций. В частности, в работе[197] исследуется опыт пространственного развития городов Нидерландов, где автор показывает, что такие факторы как диспропорции в демографическом составе, резкая смена предпочтений в тенденциях городского расселения (связанная с реализацией проектов, повышающих социальное напряжение (центр миграции, полигон для мусора, закрытие социальных объектов, рост экологической нагрузки на территорию)), действующие на местном уровне, могут противодействовать тенденции к выравниванию городских градиентов плотности. То есть препятствовать процессу оптимизации агломерационных тенденций. Во всех проанализированных голландских городах градиенты как жилой площади, так и плотности населения со временем становятся все круче, что противоречит стандартным экономическим прогнозам и эмпирическим данным по всему миру. Дополнительно эти выводы были подтверждены практикой агломерационных трансформаций, возникших вследствие распространения коронавирусной инфекции.

Эта актуальная практика вносит новые теоретические и практические аргументы в модели агломерирования, согласно которым рост городов уже не может рассматриваться безусловно как процесс расширения. Фундаментальным допущением является то, что модель агломерирования представляет собой моноцентрическую структуру, для которой численность населения, плотность застройки, а также цены на землю и жилье экспоненциально снижаются в зависимости от радиального расстояния от центра города[198]. Естественным путём эволюции агломерации является то, что по мере снижения транспортных расходов градиенты плотности населения (понятие, введённое У. Алонсо в 1964 г. в работе «Местоположение и землепользование; к общей теории земельной ренты» («Location and land use; toward a

[197] Broitman D., Koomen E. The attraction of urban cores: Densification in Dutch city centres // Urban Studies. 2019. Vol. 57. N. 9. P. 1–20. DOI: 10.1177/0042098019864019.

[198] Brueckner J. K. The structure of urban equilibria: A unified treatment of the Muth-Mills model // Handbook of Regional and Urban Economics. 1987. Vol. 2. P. 821–845. DOI:10.1016/s1574-0080(87)80006-8.

general theory of land rent»[199]) в городах постепенно сглаживаются, так, снижение плотности в центре сопровождается увеличением плотности на окраинах городов[200]. Однако стоит заметить, что для периферии городов в гораздо большей степени характерна чрезмерная плотность и фрагментарность застройки, обусловленная ростом численности населения и сокращением среднего размера домохозяйства[201]. Более того, процессу «расползания» городов способствует тенденция субурбанизации[202, 203].

В этом отношении большую актуальность приобретает рассмотрение географически локализованных экономических факторов, которые способны оказывать значимое влияние на локальное изменение плотности населения. Что подводит нас к подходу, связанному с исследованием и анализом полицентрических агломерационных структур, которые во многом опираются на тенденции реурбанизационного движения в агломерационном развитии[204], в сочетании с тенденциями комплексного развития территорий и устойчивости[205]. Кроме того, поддержанию такой тенденции способствует и субъективные предпочтения индивидов, когда

---

[199] Alonso W. Location and land use; toward a general theory of land rent. Cambridge : Harvard University Press. 1964. P. 232.

[200] Bertaud A. The spatial distribution of land prices and densities: The models developed by economists // https://marroninstitute.nyu.edu/uploads/content/Bertaud_-_The_Spatial_Distribution_of_Land_Prices_and_Densities.pdf (дата обращения: 25.06.2024).

[201] Haase D., Kabisch N., Haase A. Endless urban growth? On the mismatch of population, household and urban land area growth and its effects on the urban debate // PLoS One. 2013. Vol. 8. N. 6. DOI: 10.1371/journal.pone.0066531.

[202] Thomas E., Serwicka I., Swinney P. Urban demographics: Why people live where they do // https://www.centreforcities.org/wp-content/uploads/2015/11/15-11-02-Urban-Demographics.pdf (дата обращения: 20.06.2024).

[203] Wolff M., Haase D., Haase A. Compact or spread? A quantitative spatial model of urban areas in Europe since 1990 // PloS One. 2018. Vol. 13. N. 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0192326.

[204] Rerat P. The return of cities: The trajectory of Swiss cities from demographic loss to reurbanization // European Planning Studies. 2019. Vol. 27. N. 2. P. 355–376. DOI: 10.1080/09654313.2018.1546832.

[205] Котов А. В. Концепция региональной «умной специализации»: опыт Германии. М. : ИЕ РАН, 2022. С. 152.

предпочтение отдаётся синергии между качеством культурно-исторического наследия района города и развитием социально-инфраструктурных городских удобств поблизости[206, 207].

На основе анализа литературы в отношении дефиниции «полицентричность» как в городском, так и в региональном преломлении возможно выделить два типа полицентричных структур, исходя из способа их образования:

1. Междугородние полицентрические регионы (МПР) или полицентрические городские регионы (polycentric urban regions, PURs в зарубежной литературе[208]). Исключительное пространственное явление, характерное лишь для отдельных столичных регионов. Представляют собой регионы, состоящие из нескольких как исторически, так и хозяйственно-административно различимых городов, расположенных в непосредственной близости (как правило, на расстоянии ежедневной поездки на работу) один от другого. Основные города такой структуры все больше «переплетаются», а окружающие их регионы объединяются в более крупную региональную городскую систему[209]. Естественным следствием является слабое развитие пространственной структурной иерархии, которая в большей степени характерна для регионов с явно доминирующим столичным ядром. Такая пространственная организация выступает ограничением для рассеяния (как положительных, так и отрицательных) эффектов

---

[206] Lanzara G., Minerva G. A. (2018) Tourism, amenities, and welfare in an urban setting. Working Paper DSE N. 1123 // https://www.econstor.eu/bitstream/10419/213520/1/1027808875.pdf (дата обращения: 15.06.2024).

[207] Wang F., Liu Z., Shang S., Qin Y., Wu B. Vitality continuation or over-commercialization? Spatial structure characteristics of commercial services and population agglomeration in historic and cultural areas // Tourism Economics. 2019. Vol. 25. N. 3. DOI: 10.1177/1354816619837129.

[208] Münter A., Volgmann K. Polycentric regions: Proposals for a new typology and terminology // Urban Studies. 2021. Vol. 58. N. 4. P. 677–695. DOI: 10.1177/0042098020931695.

[209] Parr J. B. (2014) The regional economy, spatial structure and regional urban systems // Regional Studies. 2014. Vol. 48. N. 12. P. 1926–1938. DOI: 10.1080/00343404.2013.799759.

агломерации[210]. В России примерами таких агломераций являются Москва и Московская область; Санкт-Петербург и Ленинградская область; Екатеринбург и Свердловская область, Новосибирск и Новосибирская область. В Европе – Рейнско-Рурский регион в Германии, регион Рандстад в Нидерландах и регион Верхней Силезии в Польше.

2. Внутригородские полицентрические районы (ВПР) как выражение региональной урбанизации и постсубурбанизации (в зарубежной литературе структуры пост-субурбанизации, post-suburbanisation frame, PSFs[211], post-suburbanisation region, PSRs17). Напротив, универсальное системное явление в процессах агломерационного развития индустриальных и постиндустриальных стран[212]. Концептуализируются эти структуры в виде производственных, инфраструктурных или сервисных подцентров города, новых экономических кластеров, городов-спутников, которые формируются во всем мире в рамках крупных городских районов, участвующих в глобальных экономических процессах. То есть, здесь процессы пространственного развития осуществляются в масштабах городских районов, а не города в целом[213]. Внутренние районы основных городов в настоящее время используются не только для строительства жилья, но и для ведения бизнеса, в то время как зависимость (бывших) пригородных районов от центрального города все чаще размывается в связи с определением места подцентра в городском разделении труда. В результате резкое феноменологическое разделение

---

[210] Meijers E. J., Hoogerbrugge M., Cardoso R. Beyond polycentricity: Does stronger integration between cities in polycentric urban regions improve performance? // Tijdschrift voor economische en sociale geografie. 2018. Vol. 109. N. 1. P. 1–21. DOI: 10.1111/tesg.12292.

[211] Hesse M., Siedentop S. Suburbanisation and suburbanisms: Making sense of continental European developments // Spatial Planning and Research. 2018. Vol. 76. N. 2. P. 97–108. DOI:10.1007/s13147-018-0526-3.

[212] Krehl A., Siedentop S. Towards a typology of urban centers and subcenters: Evidence from German city regions // Urban Geography. 2018. Vol. 36. N. 3. P. 1–25. DOI: 10.1080/02723638.2018.1500245.

[213] Soja E. Accentuate the regional // International Journal of Urban and Regional Research. 2015. Vol. 39. N. 2. P. 372–381.

между «городом» и «сельской местностью» становится все более размытым[214] и заменяется мозаикой из исторических и новых городских районов, которые преуспевают в том или ином виде деятельности.

В таких структура как пост-пригородный (полицентрический) регион (PSRs) термин «полицентрический» явно используется условно, так как эти новые подцентры должны интегрироваться в регион, в котором ранее доминировало ядро агломерации, и найти свою функциональную роль (с точки зрения разделения труда, специализации, создания сетей и т. д.).

В научном дискурсе существует относительный консенсус по поводу содержательно-концептуальных перспектив полицентризма в региональном масштабе (подробно анализируется в работах[215, 216]. Первая связана с исследованием морфологических состояний пространственной структуры агломерации. Вторая анализирует организационно-функциональную перспективу, которая фокусируется на роли подцентра в разделении труда и хозяйственных взаимодействиях, которые сопровождают агломерационные и синергетические перетоки между центрами разного размера внутри взаимодействующей системы региона и агломерации. Третья представлена символическими и смысловыми перспективами развития, которые касаются аспектов внутреннего и внешнего восприятия полицентризма конкретной агломерации. Четвертая перспектива отражает политико-нормативный аспект развития и отвечает за обеспечение стратегии городского и регионального планирования соответствующими институциональными механизмами, направленными на создание полицентричных пространственных структур.

---

[214] Phelps N. A. In what sense a post-suburban era // The Routledge Companion to the Suburbs. London, New York : Routledge, Taylor & Francis Group. 2019. P. 39–47. DOI: 10.4324/9781315266442-4.

[215] Meijers E. J. (2005) Polycentric urban regions and the quest for synergy: Is a network of cities more than the sum of the parts? // Urban Studies. Vol. 42. N. 4. P. 765–781. DOI: 10.1080/00420980500060384.

[216] Münter A., Volgmann K. Polycentric regions: Proposals for a new typology and terminology // Urban Studies. 2021. Vol. 58. N. 4. P. 677–695. DOI: 10.1177/0042098020931695.

При этом в работах[217,218,219] авторы отмечают, что каждую из четырех ключевых точек зрения на агломерационное развитие можно рассматривать статически (в виде эффектов и результатов, имеющих некоторое пространственное распределение) и динамически (в виде процессов пространственного развития). Соответственно, исследование может строиться либо на наблюдаемых (статических) структурах, либо на (динамических) реконфигурациях хозяйственных отношений внутри регионов. Динамические изменения отношений внутри агломераций происходят по самым разным причинам: действие демографических факторов (рост населения или урбанизация пригородов), перераспределение экономических сил внутри региона, через инфраструктурное развитие (изменения в доступности), повышение значимости технологических факторов (увеличение скорости и точности коммуникаций благодаря современным информационным системам).

Аспекты агломерирования в процессе регионального пространственного развития

Морфологический аспект пространственной структуры агломерации и территории региона вокруг оценивается через уровень «многоядерности» и степень развитости иерархии взаимоотношений между центрами. Здесь наиболее разработанными и признанными методами являются пороговые значения плотности[220].

---

[217] Champion A. G. A Changing Demographic Regime and Evolving Poly centric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations // Urban Studies. 2001. Vol. 38. N. 4. P. 657–677. DOI: 10.1080/00420980120035277.

[218] Bogadi A., Giffinger R. Improving resilient development in Austrian urban regions from a transdisciplinary perspective // Spatial resilience, systemic shocks and regional responses [Электронный ресурс]. Edward Elgar Publishing House. 2022. DOI: 10.4337/9781035314058.00011.

[219] Якимова В. А., Хмура С. В. Детерминанты привлечения инвестиций в точки роста экономики Дальнего Востока России // Экономика региона. 2022. Т. 18. № 3. С. 943–959. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-3-22.

[220] Mock M., Kupper P. Polycentricity at its boundaries: Consistent or ambiguous? // European Planning Studies. 2019. Vol. 59. N. 12. P. 1–20. DOI: 10.1080/09654313.2019.1666802.

Это демонстрирует исследование[221], где рассматриваются морфологические трансформации, которые претерпевают города по мере развития и смены транспортных технологий. Так, автор доказывает, что линейная форма организации города трансформируется в радиально-концентрическую, даже при условии того, что это не является наиболее энергоэффективным вариантом. То есть в отношении форм организации городского пространства структурные характеристики транспортной инфраструктуры выступают гораздо более мощной преобразующей силой по сравнению с её затратными параметрами. Соответственно, в меняющихся тенденциях пространственного развития неэластичный характер пространственной структуры транспорта обуславливает широкое рассеяние и положительных, и отрицательных агломерационных эффектов, тогда как эластичный характер затратных параметров обуславливает более узкий перечень направлений влияния.

С точки зрения организационно-функционального аспекта агломерации являются одними из наиболее динамичных объектов наблюдения в области пространственной экономики. При этом предметом ключевого интереса выступают взаимосвязи между экономическими составляющими развития и пространственными аспектами распределения этих параметров. В этом отношении исследование природы и механизмов эволюции и стабилизации пространственных структур городов выступает несомненно важной научной задачей. Исследования последних лет[222] красноречиво свидетельствуют в пользу того, что большое количество устойчивых состояний развития агломераций может формироваться в условиях неравновесной (неоптимальной) структуры хозяйственных и организационных взаимосвязей. Это обуславливает нарастание противоречий в развитии агломераций и требует формирования новых теории и методологии,

---

[221] Batty M. The Linear City: illustrating the logic of spatial equilibrium // Computational Urban Science. 2022. Vol. 2. N1. P. 1–17. DOI: 10.1007/s43762-022-00036-z.

[222] Lei W., Jiao L., Xu G., Zhou Zh. Urban scaling in rapidly urbanising China // Urban Studies. 2021. Vol. 59. N. 9. P. 1–20. DOI: 10.1177/00420980211017817.

которые будут направлены на учёт многомерных взаимосвязей, характерных для многочисленных действующих в городах акторов, институтов и механизмов, обуславливающих путь развития агломерации.

Ключевой фокус здесь направлен на то, чтобы идентифицировать конструкции взаимосвязей, которые, с одной стороны, могут формироваться вдали от равновесных и оптимальных состояний, а, с другой стороны, обладают определённой устойчивостью и склонны находится в самоподдерживаемом состоянии. В первом случае речь идёт о понимании того, почему из большого разнообразия возможных состояний выделяются те или иные. Во втором случае важно выявлять природу и механизмы самовоспроизведения несовершенной пространственной структуры взаимодействий в рамках регионов и агломераций, с акцентом на такие процессы, которые способны в короткие сроки существенно трансформировать эту структуру.

С точки зрения символического и смыслового аспекта важно понимать, что агломерации в гораздо большей степени, чем производственные структуры регионов (кластеры, отрасли, производственные комплексы и т. п.), подвержены влиянию не только сугубо рациональных экономических установок, но и установок социального свойства, связанных с предпочтениями, традиционализмом, лидерством и т. п. Именно эти аспекты определяют необходимость рассматривать агломерационные и городские структуры через аспекты социального восприятия, которые являются гораздо более динамичными и субъективированными, а следовательно могут вести к довольно быстрым и существенным трансформациям агломерационных структур. Ярким примером трансформации виденья развития города является проект формирования Большого Сиднея (Австралия). Стратегическое видение направлений развития города местным сообществом связывается с понятиями глобальной конкурентоспособности, инноваций, интегрированного транспорта, культуры и креативности. При этом государственные институты управления через нормативные документы обеспечили закрепление этих смыслов, что обеспечивает высокую согласованность

виденья, декларируемого правительством, и взглядов местных органов власти и частного сектора (граждан и компаний)[223]. В работе, посвящённой развитию испанского Бильбао[224], на основе анализа литературы по городскому маркетингу и интервью с лицами, принимающими решения, автор выделяет три сценария развития города:

1) концепция глокализации, связанная с повышением административной автономности города, развитием местного производства и занятости в качестве важнейших эффектов;

2) концепция нового регионализма, связанная со снижением пространственно-социальной дифференциации между отдельными районами города (в частности, где проживают рабочий и средний класс), выражающаяся в планомерном развитии качества городской среды;

3) концепция глобального города, связанная с развитием глобальной конкурентоспособности города в экономическом плане и выражающаяся в привлечении внешних инвестиций и туристов.

Исследуя содержание этих сценариев, автор приходит к выводу, что контрпродуктивным является подход к их рассмотрению как некоторых альтернатив, поскольку имеются аспекты, позволяющие синтезировать более полное виденье перспектив города, которое будет способно учитывать гораздо большее количество перспектив и интересов, нежели при изолированной реализации каждого отдельного сценария. Избирательность, которая имеет место сейчас, приводит к взаимному ослаблению сценариев при планировании и реализации.

В отношении политико-нормативного аспекта рассматриваются концептуальные условия планирования полицентричности и институциональные механизмы, направленные на их

---

[223] Baker T., Ruming K. Making «Global Sydney»: Spatial Imaginaries, Worlding and Strategic Plans // International Journal of Urban and Regional Research. 2015. Vol. 39. N. 1. P. 62–78. DOI: 10.1111/1468-2427.12183.

[224] González S. Scalar Narratives in Bilbao: A Cultural Politics of Scales Approach to the Study of Urban Policy // International Journal of Urban and Regional Research. 2006. Vol. 30. N. 4. P. 836–857. DOI: 10.1111/j.1468-2427.2006.00693.x.

воплощение. Известны примеры концепций планирования, направленных на полицентрическое пространственное развитие (например, программа альпийского региона, Alpine Space programme (ASP)[225]). В региональном масштабе такие стратегии планирования направлены на поддержание существующих полицентрических структур и на создание полицентрических структур с целью предотвратить разрастание городов и снизить риск реализации всех возможных негативных последствий, связанных со сверхконцентрацией городского населения. Нормативные стороны стратегий, направленных на полицентричное пространственное развитие, часто основываются на морфологических аспектах развития агломераций, но при этом пренебрегают реальными структурно-организационными условиями, что ведёт к слабому уровню воздействия предлагаемых в рамках стратегий решений на процесс формирования полицентрических структур[226, 227]. Сторона институциональных механизмов в стратегиях в основном концентрируется на вопросах управления в мультискалярной системе (многоцелевой, ориентированной на максимальное дробление задач и достижение максимального количества параллельно выполняемых задач, что обеспечивает интенсификацию управленческого процесса[228]), что требует разграничения многочисленных предметов ведения и полномочий в рамках региона и агломерации, обуславливая формирование «мягких пространств»[229] (в российских реалиях примерами таких

---

[225] Interreg Alpine Space programme // https://www.alpine-space.eu/ (дата обращения: 21.06.2024).

[226] Governing cities through regions: Canadian and European perspectives // R. Keil, P. Hamel, J.-A. Boudreau et.al. Waterloo, Ontario : Wilfrid Laurier University Press. 2017. 422 p.

[227] Zimmermann K. Re-scaling of metropolitan governance in Germany // Spatial Research and Planning. 2017. Vol.75. N. 3. P. 253–263. DOI: 10.1007/s13147-017-0480-5.

[228] Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М. : МПСИ, 2005. 584 с.

[229] Othengrafen F., Sievers L., Reinecke E. Using augmented reality in urban planning processes: Sustainable urban transitions through innovative participation // GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society. 2023. Vol. 32. N. 1. P. 54–63. DOI: 10.14512/gaia.32.S1.9.

управленческих структур могут выступать рабочие группы, координационные советы и т. п.), обеспечивающих участие всех заинтересованных сторон.

Соответственно, можно отметить, что фундаментальную роль в определении природы развития агломераций имеет понимание диалектической связи между конкурированием и кооперацией, первая из которых ориентирует на моноцентрический, а вторая на полицентрический нарратив. Этот диалектический характер приводит к формированию особенных элементов эволюции агломерационного развития: сингулярности в пространстве и бифуркаций во времени. Эти элементы неопределённости формируют различные комбинации конкурентно-кооперационного поведения, которые выражают нелинейный характер динамики развития агломераций, а это, в свою очередь, позволяет говорить о наличии в процессе некоторых критических точек, прохождение через которые определяет кардинальные трансформации в пространственной структуре и природе эволюционных процессов агломераций. Четыре выделенные аспекта процесса агломерирования дают основу для выработки инструментов регулирования нелинейного пространственно-временного характера динамики агломераций на основе учёта диалектики процессов конкуренции и кооперации.

Обобщая полученные теоретически и методические подходы можно представить схему, которая отражает ключевые аспекты и инструменты анализа процессов агломерирования в регионе (см. рисунок 3.16).

Морфология агломераций: распределение агломераций по численности в зависимости от уровня развития городской среды

В Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года[230] определён перечень городов, в отношении которых ожидается, что они будут вносить вклад

[230] Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 г. № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» URL: https://docs.cntd.ru/document/552378463 (дата обращения: 27.06.2024).



Рис. 3.16. Система аналитического инструментария, направленного на многомерный учёт аспектов агломерационного развития

в общестрановый ВВП на уровне более 1 %. И если для некоторых городов (например, Москва и Санкт-Петербург) это является нормой, то для других – этот же ориентир является перспективной целью, достижение которой должно быть сопряжено с приложением определённых усилий, созданием специальных инструментов. При этом, учитывая неравномерную динамику и пространственную неоднородность, важно очертить круг практических задач, которые необходимо решить для достижения цели. Одним из краеугольных камней является стабилизация численности населения, которая остро стоит даже для ряда крупнейших городов. Динамика представлена в таблице 3.14.

Таблица 3.14

Тенденции динамики численности населения в крупнейших агломерациях России в 2016–2022 гг.

Объект	На 01.01.2016	На 01.01.2022	Темп роста, доля
Регионы с положительными тенденциями			
Московская область (МО)	7 318 647	7 768 878	1,06
Московская агломерация	15 709 520	16 292 870	1,04
МО без агломерации	3 939 253	4 111 474	1,04

Продолжение табл. 3.14

Объект	На 01.01.2016	На 01.01.2022	Темп роста, доля
Ленинградская область (ЛО)	1 778 857	1 911 586	1,07
Санкт-Петербургская агломерация	5 469 563	5 747 107	1,05
ЛО без агломерации	1 534 984	1 541 982	1,00
Краснодарский край (КК)	5 513 804	5 687 378	1,03
Краснодар	853 848	974 319	1,14
КК без агломерации	4 659 956	4 713 059	1,01
Регионы, где прирост агломерации компенсирует отток с остальной территории региона			
Республика Татарстан (РТ)	3 868 730	3 886 395	1,00
Казань	1 216 965	1 259 173	1,03
Агломерация Набережные Челны – Нижнекамск	762 947	768 493	1,01
РТ без агломераций	1 888 818	1 858 729	0,98
Тюменская область без АО (ТО)	1 454 626	1 552 148	1,07
Тюмень	720 575	828 575	1,15
ТО без агломерации	734 051	723 573	0,99
Новосибирская область (НО)	2 762 237	2 780 292	1,01
Новосибирск	1 584 138	1 621 330	1,02
НО без агломерации	1 178 099	1 158 962	0,98
Регионы, где прирост агломерации не компенсирует отток с остальной территории региона			
Воронежская область (ВО)	2 333 477	2 287 678	0,98
Воронеж	1 032 382	1 048 738	1,02
ВО без агломерации	1 301 095	1 238 940	0,95
Ростовская область (РО)	4 236 000	4 153 763	0,98
Ростов-на-Дону	1 119 875	1 134 694	1,01
РО без агломерации	3 116 125	3 019 069	0,97
Республика Башкортостан (РБ)	4 071 064	4 001 678	0,98

Продолжение табл. 3.14

Объект	На 01.01.2016	На 01.01.2022	Темп роста, доля
Уфа	1 110 976	1 135 061	1,02
РБ без агломерации	2 960 088	2 866 617	0,97
Пермский край (ПК)	2 634 409	2 556 852	0,97
Пермь	1 041 876	1 042 763	1,00
ПК без агломерации	1 592 533	1 514 089	0,95
Свердловская область (СО)	4 330 006	4 264 340	0,98
Екатеринбург	1 444 439	1 493 600	1,03
СО без агломерации	2 885 567	2 770 740	0,96
Красноярский край (КК)	2 866 490	2 849 169	0,99
Красноярск	1 066 934	1 103 023	1,03
КК без агломерации	1 799 556	1 746 146	0,97
Регионы с отрицательными тенденциями			
Волгоградская область (ВО)	2 545 937	2 449 781	0,96
Волгоград	1 016 137	1 001 183	0,99
ВО без агломерации	1 529 800	1 448 598	0,95
Нижегородская область (НО)	3 260 267	3 144 254	0,96
Нижний Новгород	1 266 871	1 233 949	0,97
НО без агломерации	1 993 396	1 910 305	0,96
Самарская область (СО)	3 205 975	3 131 720	0,98
Агломерация Самара – Тольятти	1 883 529	1 822 328	0,97
СО без агломерации	1 322 446	1 309 392	0,99
Челябинская область (ЧО)	3 500 716	3 418 606	0,98
Челябинск	1 191 994	1 179 288	0,99
ЧО без агломерации	2 308 722	2 239 318	0,97
Иркутская область (ИО)	2 412 800	2 357 134	0,98
Иркутск	623 424	617 249	0,99
ИО без агломерации	1 789 376	1 739 885	0,97

Окончание табл. 3.14

Объект	На 01.01.2016	На 01.01.2022	Темп роста, доля
Омская область (ОО)	1 978 466	1 879 548	0,95
Омск	1 178 079	1 126 193	0,96
ОО без агломерации	800 387	753 355	0,94
Приморский край (ПК)	1 929 008	1 863 011	0,97
Владивосток	606 653	601 270	0,99
ПК без агломерации	1 322 355	1 261 741	0,95

Источник: рассчитано автором на основе данных[231]

В таблице 3.14 можно видеть группировку крупнейших агломераций России по характеру демографических процессов в них и регионах их нахождения. Выделяются четыре группы. Для первой характерна положительная динамика численности населения в агломерации и остальной части региона, что обуславливает положительную динамику в целом в регионе. Вторая группа, где для агломерации наблюдается положительная динамика, тогда как для остального региона – отрицательная, при этом динамика агломерации перекрывает негативные тенденции региона, что обуславливает положительную динамику в целом по региону. Третья группа, где также для агломерации наблюдается положительная динамика, а для остального региона – отрицательная, но при этом динамика агломерации не перекрывает негативные тенденции региона, что обуславливает отрицательную динамику в целом по региону. Четвёртая группа, для которой характерна негативная динамика по всем объектам: агломерации, остальному региону и региону в целом. Из 20 рассматриваемых агломераций, только 7 отличаются стабильностью демографической ситуации. Для остальных 13 характерно

[231] Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям // https://rosstat.gov.ru/folder/11110/document/13282 (дата обращения: 10.06.2024).

наличие негативных тенденций. Эти проблемы часто связывают с недостаточным уровнем развития городской среды, чему посвящён отдельный федеральный проект «Формирование комфортной городской среды».

В этом отношении стоит задача соотнести восприимчивость параметра динамики численности населения в агломерациях России по отношению к динамике развития уровня городской среды и представить распределение крупнейших агломераций по данному параметру. Для оценки использовался коэффициент эластичности:

$$e_i = \frac{\Delta Y_i / Y_{i1}}{\Delta X_i / X_{i1}},$$

где Y – описывает динамику численности населения в i агломерации, а X – описывает динамику индекса качества городской среды, который формируется Министерством строительства России[232].

Нами рассматривались изменения за весь доступный для анализа период с 2018 по 2022 гг., соответственно, в качестве Δ выступает разность между уровнем 2022 и 2018 годов. Результаты расчётов представлены на рисунке 3.17.

Также укажем, что расчётные значения эластичностей могут иметь разные знаки, что позволяет говорить о наличии как прямой, так и обратной связи между параметрами. Кроме того, если значение эластичности больше 1, мы говорим об эластичности реакции численности населения на изменения в городской среде, если значения попадают в диапазон (0; 1), то мы говорим о неэластичной связи.

Из рисунка 3.17 можно видеть, что действительно имеет место ситуация, когда развитие городской среды связано как с положительной динамикой численности населения агломераций, так с отрицательной динамикой. При этом преобладание агломераций с негативной динамикой ведёт к тому, что и здесь преоб-

[232] Индекс качества городской среды — инструмент для оценки качества материальной городской среды и условий её формирования // https://индекс-городов.рф/#/ (дата обращения 21.06.2024).

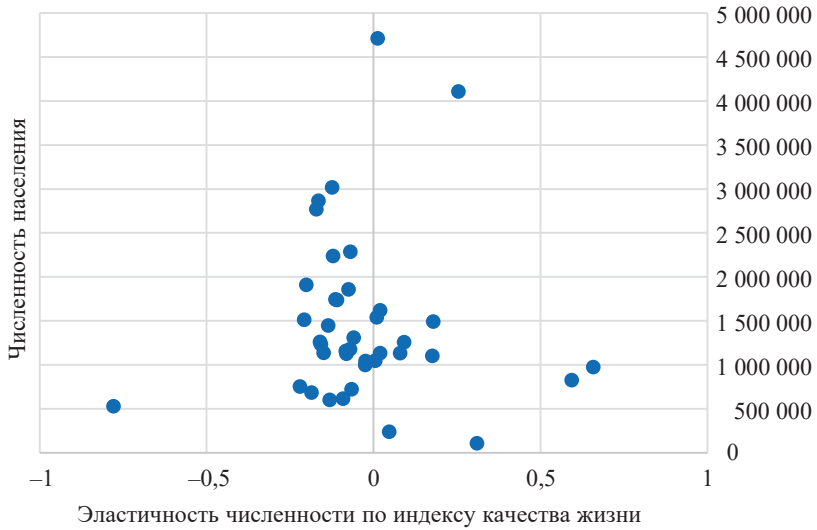


Рис. 3.17. Распределение эластичности численности населения в зависимости от уровня развития качества городской среды

ладают отрицательные значения эластичностей. Причём, если смотреть на пороговые уровни, то вполне отчётливо видно, что негативные тенденции характерны для городов с большей численностью населения от 0.5 до 3 млн человек. С другой стороны, если смотреть на положительные эластичности, то их уровни распределяются между городами с численностью менее 1.5 млн человек. Однако в обоих случаях мы говорим о неэластичной связи, а значит о крайне малой реакции параметра численности населения в ответ на изменения качества городской среды.

На рассматриваемом горизонте имели место значения эластичности более 1, однако, они касались лишь отдельных населённых пунктов в рамках агломераций. В частности, это характерно для Подольска, Люберец и Коломны (в диапазоне 1.4–1.8) в Московской агломерации и город Санкт-Петербургской агломерации – Сертолово (эластичность 8.7), которые представляют собой внутригородские полицентрические районы (PSFs или PSRs), о которых речь шла выше.

Можно заключить, что динамика численности населения в агломерациях России носит неустойчивый характер и развитие качества городской среды не является фактором системного решения этого вопроса. Низкие значения эластичностей свидетельствуют в пользу того, что эти аргументы трактуются населением в качестве «приятных дополнений», но не определяющих параметров при выборе места проживания.

Наличие пороговых значений в распределении численности населения согласно с уровнем развития городской среды: отрицательная связь для городов с численностью от 0.5 до 5 млн человек, положительная связь для городов до 1.5 млн чел. Учитывая нелинейный характер динамики мы предполагаем наличие фазового перехода для городов с численностью от 0.5 до 1.5 млн человек. Полученные результаты сочетаются с расчётами[233], где авторы показали, что агломерационные эффекты зависят от размера городского центра: самые большие эластичности получены для агломераций с населением от 5 млн человек до 1,5 млн, меньше – для центров с населением от 700 тыс. до 1,5 млн человек

Также мы установили для отдельных внутригородских полицентрических районов, составляющих крупные Санкт-Петербургскую и Московскую агломерации, эластичную и прямую связь качества городской среды и численности населения, что позволяет этот процесс рассматривать как элемент системы снятия ограничений, повышения привлекательности территорий, действие которого, однако, имеет крайне локализованный характер.

Организационно-функциональная составляющая агломерационного развития: типология агломераций по влиянию неравенства на экономический рост

Рассматривая агломерационные процессы в контексте оценки динамики функциональных взаимосвязей, мы можем сформулировать гипотезу, что для агломераций, в которых наблюдаются не-

[233] Коломак Е.А., Шерубнёва А.И. Оценка значимости агломерационных эффектов на юге Сибири // Пространственная экономика. 2023. Т. 19. № 1. С. 52-69. DOI: 10.14530/se.2023.1.052-069.

гативные демографические тенденции, экономический рост будет сопровождаться тенденцией усиления (ускорения) неравенства.

Традиционным инструментом оценки неравенства является модель кривой Кузнеца[234]. Теоретическая конструкция, которая описывает кривую Кузнеца в её классическом варианте, имеет следующий вид:

$$Y_{it} = a + b_1 I_{it} + b_2 I_{it}^2 + \varepsilon_i,$$

где, Y_{it} — уровень неравенства доходов населения агломерации i период времени t (доля населения с доходами ниже прожиточного минимума); I_{it} — параметр, отражающий рост экономики агломерации i период времени t (ВРП на душа населения); a, b_1, b_2 — искомые коэффициенты уравнения, определяющие конкретные параметры влияния роста экономики на уровень неравенства; ε_i — ошибка уравнения.

Ожидается, что квадратичный член уравнения будет иметь отрицательный коэффициент, отражая обратную зависимость с уровнем неравенства, образуя кривую в форме перевернутой буквы U (параболу с ветвями, направленными вниз).

Кроме того, целесообразно использовать спецификацию, соответствующую гипотезе Дж. Листа и К. Галлета, которая предполагает введение в управление (2) дополнительного кубического члена уравнения, и отражает наличие третьего сегмента кривой Кузнеца, когда повышающийся уровень развития вновь увеличивает уровень неравенства.

$$Y_{it} = a + b_1 I_{it} + b_2 I_{it}^2 + b_3 I_{it}^3 + \varepsilon_i,$$

где b_3 — коэффициент, отражающий влияние кубического члена уравнения, который будет доказывать наличие влияния на экономическую систему агломерации факторов, связанных с технологическими трансформациями (инновациями) и сервисными функциями[235].

---

[234] Kuznets S. Economic Growth and Income Inequality // The American Economic Review. 1955. Vol. 45. P. 1–28.

[235] List J. A., Gallet C. A. The Kuznets Curve: What Happens After the Inverted-U? // Review of Development Economics. 1999. Vol. 3(2). P. 200–206. DOI:10.1111/1467-9361.00061.

В качестве модельных объектов анализа неравенства были отобраны по одной агломерации, относящейся к одному из выявленных типов:

1. Регионы с положительными тенденциями (Санкт-Петербург).

2. Регионы, где прирост агломерации компенсирует отток с остальной территории региона (Новосибирск).

3. Регионы, где прирост агломерации не компенсирует отток с остальной территории региона (Воронеж).

4. Регионы с отрицательными тенденциями (Владивосток).

Результаты модельных построений по квадратичной спецификации (2) представлены в таблице 3.15.

Первое на что необходимо обратить внимание – это высокая объясняющая способность полученных моделей и значимость полученных коэффициентов. Исключение составляет модель для Воронежа, где оказался незначимым квадратичный член уравнения, что свидетельствует в пользу простой (линейной) зависимости. То есть для этой агломерации имеет место монотонная

Таблица 3.15

Результаты оценки спецификации (2) для разных типов агломераций России

Агломерация	Оцененные параметры			R^2
	a	b_1	b_2	
Санкт-Петербург	30,72*	–6,2E-05*	4,03E-11*	0,84
Новосибирск	59.62*	–24,2E-05*	31,3E-11*	0,93
Воронеж	35,44*	–8,3E-05*	5.0E-11***	0,79
Владивосток	54.2*	–15,8E-05*	15,4E-11*	0,80

* значимость фактора на уровне менее 1 % вероятности ошибки;

*** значимость фактора на уровне более 10 % вероятности ошибки.

Источник: рассчитано на основе данных официальной статистики

тенденция сокращения неравенства. Для остальных трёх агломераций мы не наблюдаем подтверждения классической гипотезы Кузнеца относительно колоколообразной кривой. Напротив, для всех регионов была получена U-образная кривая, которая свидетельствует о сокращении неравенства до определённого уровня и его нарастании после прохождения точки экстремума (точки перегиба экстремума, см. ниже).

Оценка точек перегиба как своеобразного перехода от одного характера взаимосвязи между факторами к другому (табл. 3.16) свидетельствует о существенном отличии динамики, сложившейся в Санкт-Петербурге, и динамики в двух других агломерациях. Видно, что для Новосибирска смена тренда на негативный характерна при вдвое более высоком уровне бедности и вдвое более низком уровне ВРП на душу населения.

Для Владивостока характерен меньший разрыв в уровне ВРП (отставание на 34 % относительно уровня Санкт-Петербурга), однако смена тренда достигается при ещё более высоком уровне бедности (больше в 2.1 раза относительно Санкт-Петербурга). Это свидетельствует в пользу того, что для сибирских и дальневосточных агломераций характерен существенно больший социально приемлемый уровень бедности, который не сопровождается потерей демографической составляющей устойчивости.

Таблица 3.16

Точки экстремума функций, полученных по спецификации (2)

Агломерация	Экстремум	
	Доля бедных (Y_{it})	ВРП на душу населения (I_{it})
Санкт-Петербург	6.6	773462.8
Новосибирск	12.9	386402.0
Владивосток	13.8	511627.5

Источник: рассчитано автором на основе данных официальной статистики

Это наиболее ярко проявляется для Новосибирской агломерации, которая характеризуется положительной миграционной динамикой. С другой стороны, высокий уровень бедности как предпосылка социально опасных форм неравенства закладывает потребность в структурной перестройке экономики. На этом фоне существенно выделяется Санкт-Петербургская агломерация, которая характеризуется более высоким уровнем развития экономики и меньшим уровнем бедности, что согласуется со сложившимися положительными демографическими тенденциями.

Исследование кубической спецификации (3) даёт более разнообразные результаты (таблица 3.17).

Анализ коэффициентов также не позволяет подтвердить гипотезу Дж. Листа и К. Галлета, так как ситуация выглядит зеркальным образом. На первом этапе знаки коэффициентов, представленных в таблице 3.17, позволили доказать, что зависимость имеет U-образную форму (спецификация 2). Поэтому на втором этапе, при моделировании кубической спецификации, смена

Таблица 3.17

**Результаты оценки спецификации (3)
для разных типов агломераций России**

Агломерация	Оцененные параметры				R^2
	a	b_1	b_2	b_3	
Санкт-Петербург	38,59*	–1,4E-4*	2.2E-10*	–1.1E-16*	0,92
Новосибирск	66,19*	–3,7E-4*	8.7E-10*	–6.9E-16**	0,94
Воронеж	32,5*	–0,2E-4***	–2.6E-10***	4.2E-16***	0,79
Владивосток	53,6*	–1,53E-4***	1.2E-10***	3.5E-16***	0,79

* значимость фактора на уровне менее 1 % вероятности ошибки;

** значимость фактора на уровне менее 5 % вероятности ошибки;

*** значимость фактора на уровне более 10 % вероятности ошибки.

Источник: рассчитано на основе данных официальной статистики

тренда означает переход к стадии падения неравенства, сопровождающегося ростом экономики.

Однако, стоит отметить, что для Воронежа и Владивостока такая спецификация характеризуется незначимыми коэффициентами при всех регрессорах, то есть отсутствует третий сегмент кривой, который связан с понижательной тенденцией неравенства. Это позволяет сделать вывод о том, что подобная форма зависимости неравенства от роста экономики не характерна для агломераций этих типов. А значит единственной точкой экстремума для Владивостока является точка перехода к нарастанию негативных тенденций в экономике и социальной сфере. Это соотносится с результатами, полученными по Дальнему Востоку[236]. И здесь стоит провести параллель с аспектом миграционных настроений, которые негативны для Воронежской области (Воронежская агломерация) и Приморского края (Владивостокская агломерация).

Если смотреть на Санкт-Петербургскую и Новосибирскую агломерации, то здесь мы можем видеть значимость кубического члена уравнения (по крайней мере на уровне 5 % вероятности ошибки), также возрастание объясняющей способности моделей, полученных на основе спецификации 2, что свидетельствует о наличии второй точки экстремума, отражающей переход к тенденции понижения уровня бедности для двух данных типов агломераций.

Полученные модели доказывают наличие у социально-экономических систем потенциала, определяемого совокупностью условий, которые позволяют обеспечивать долгосрочные и устойчивые тенденции снижения бедности, как социально опасной предпосылки неравенства (технологическое развитие, внедрение инноваций, развитие человеческого капитала, эффективные институты). Это подтверждается наличием положительных демографических тенденций.

---

[236] Жердецкая Е. С. Неравенство в распределении доходов и экономический рост: поиск взаимосвязи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 7 (129). С. 190–195.

3.7. Бифуркационные процессы и точки бифуркации[237]. Методика определения бифуркационных процессов, типология. Реализация процедуры определения точек бифуркации и структурирования взаимосвязей для агломераций разных типов на примере исследования процессов внутрирегиональной и международной миграции

Текущий этап развития характеризуется сочетанием разноплановых факторов влияния. Во-первых, многолетняя интеграция в глобальную экономику на уровне отдельных городов, регионов и более мелких единиц территориального управления привела к тому, что шоки, связанные с усилением санкционного давления, испытали экономики всех уровней. На общенациональном уровне это выразилось в попытках захвата и разрушения ряда высокотехнологичных отраслей России[238].

Для регионов ключевыми стали шоки, связанные с падением уровня и качества жизни, при возрастании дефицитов на региональных рынках труда (в условиях начавшейся специальной военной операции)[239].

Во-вторых, неблагоприятные социально-экономические тенденции, связанные с сокращением численности и концентрацией населения, падением уровня реальных располагаемых дохо-

---

[237] **Бифуркация** (от лат. bifurcus — «раздвоенный») — **качественное изменение поведения** системы при изменении параметров, от которых она зависит.

Точка бифуркации — момент резкого изменения траектории развития системы, когда даже незначительное воздействие может привести к кардинально разным результатам.

[238] Рослякова Н. А. Цифровизация как инструмент глобального партнерства: шоки и трансформации российской сферы IT // Региональная экономика. Юг России. 2023. Т. 11, № 1. С. 80–91. DOI: 10.15688/re.volsu.2023.1.7.

[239] Подвойский Г. Л., Прокудин В. А. Дефицит работников в новых условиях развития национальной экономики // Социально-трудовые исследования. 2024. № 2 (55). С. 41–53. DOI: 10.34022/2658-3712-2024-55-2-41-53; Белова Л. Г. Состояние и перспективы привлечения иностранных высококвалифицированных специалистов в российскую экономику в современных условиях // Экономические системы. 2024. № 17 (1). С. 122–131. DOI: 10.29030/2309-2076-2024-17-1-122-131.

дов, сочетаются с запросом на рост и развитие уровня и качества жизни, что обуславливает объективные противоречия условий социального развития. В-третьих, актуализировавшийся запрос на технологический суверенитет страны остро продемонстрировал дефициты в области развития региональных и национальной инновационных систем. В частности, остро встал вопрос недостаточности кадров и уровня их подготовки, разрывов в формировании цепочек технологического знания от фундаментальной науки к производственной практике, недофинансированности фундаментальной и прикладной науки, а также механизмов поддержки и государственного управления, которые могли бы стимулировать и направлять развитие данной сферы.

Если говорить в приложении к развитию агломераций России, то можно дополнительно указать обострение процессов дивергенции, как социальных, так и экономических показателей, что обуславливает стягивание населения в крупные города, и на этой основе формирование новых вызовов для городского развития. Среди таких можно указать новое градостроительство с вниманием к зонам рекреации, социальным объектам, равномерностью распределения рабочих и поселенческих аттракций; разработка основ управления и регулирования жизни города с использованием больших данных; разработка принципов встраивания городов в национальную систему хозяйственно-пространственной организации.

Исходя из этих противоречий или противоположно действующих факторов, способных оказывать значимое влияние и как стимулировать, так и угнетать действие тех или иных экономических процессов, является весьма актуальным определение процессов, способных значимо воздействовать на пространственное развитие, а также факторов, способных оказывать регулирующее воздействие на протекание процессов.

Исходя из сущности описанного выше, процессы, которые, с одной стороны, способны значимо воздействовать на пространственное развитие, а, с другой стороны, сами могут испытывать как ускоренное развитие, так и угнетение, под действием определяющих факторов, можно определить как бифуркационные процессы. В свою очередь, факторы, определяющие

развитие бифуркационного процесса, мы будем определять как точки бифуркации с акцентом на определение некоторых пороговых значений перехода от одного состояния к другому. В свою очередь, такие пороговые значения могут являться основаниями для определённых базовых условий в стратегиях развития агломераций.

Динамика социально-экономических систем и воздействие контекстуальных условий: обзор литературы

Текущая ситуация в России и мире характеризуется серьёзной турбулентностью[240]. Это проявляется в формировании различных концепций, которые институционализируют воздействия внезапно проявляющихся событий, способных оказывать существенные (негативные, в первую очередь) трансформаций на социально-экономические системы. Одной из наиболее ярких является концепция «чёрного лебедя» Н. Талеба[241]. Ключевая особенность описанного явления заключается в том, что события, приводящие к существенным изменениям в жизни, оказываются непредсказуемыми. Однако специфика человеческого сознания такова, что постфактум учёные и управленцы выявляют значимые факторы и обосновывают возможность предсказания подобного события в будущем. При этом непредсказуемым является и характер «чёрных лебедей», то есть в каждом новом случае ситуация с импульсом, порождающим негативные трансформации, может происходить из различных источников. В этом отношении концепция «чёрного лебедя» является проявлением постмодернисткого течения научной и общественной мысли[242]. Её сущность

[240] Грязнов С. А., Николаева И. В., Грязнов Н. С. К вопросу о неопределенности экономической политики: российский контекст // Экономика и бизнес: теория и практика. 2024. № 1–1 (107). С. 93–95. DOI: 10.24412/2411-0450-2024-1-1-93-95; Афиногенов Д. А. Государственная политика в сфере стратегического планирования // Вестник МГИМО Университета. 2022. № 15 (4). С. 167–176.

[241] Талеб Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. КоЛибри, 2011. 528 с.

[242] Афанасов Н. Б. Постпостмодернизм как «ощущение конца» // Знание. Понимание. Умение. 2022. № 1. С. 75–86.

сводится к тому, что изучать закономерности и пытаться предсказывать развитие социально-экономических процессов не имеет смысла, так как каждое новое событие будет отрицать все предыдущие концепции и закономерности. Здесь можно привести шутливую метаформу о том, что опыт – это масса знаний о том, как не следует себя вести в тех ситуациях, которые уже никогда не повторятся. Концепция «чёрного лебедя» относится к позитивной науке и выявленным закономерностям именно таким образом.

Однако стоит заметить, что существует и альтернативный взгляд на решение возрастающей неопределённости мира, в который укладывается позитивистский способ формирования нарративов. В частности, обширная цифровизация и формирование больших данных, где аккумулируется очень разноплановая контекстуальная информация, закладывают основы для осуществления своеобразной революции в анализе данных, исследовании закономерностей протекающих процессов, выявлении причин появления некоторых событий и предсказании их последствий.

Важно отметить, что на государственном уровне имеется гораздо более обширная информация, которая часто недоступна на уровне отдельных организаций. В этом отношении важнейшее значение на современном этапе приобретает научный поиск в области концептуализации сбора и обработки контекстуальной информации, обоснования научных принципов работы с такой информацией.

В качестве примера можно назвать довольно широкий круг работ, связанных с контент-анализом по очерченному кругу публикаций (чаще всего научных)[243]. Также заслуживает внимания работа Смирнова А. В., направленная на разработку методов и алгоритмов сбора свёртки информации о «цифровом следе»,

[243] Вертакова Ю. В., Логинов И. С. Сбалансированное развитие региона: обзор по методологии SCOPING REVIEW // π-Economy. 2024 № 17 (2). С. 44–66. DOI: 10.18721/JE.17203; Гамидуллаева Л. А. Умная специализация: происхождение и современное состояние // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2024. Т. 15. № 1. С. 166–184; Смирнов А. В. Российская социология в условиях цифровизации общества: результаты анализа корпуса научных текстов // Социологические исследования. 2023. № 4 С. 39–50. DOI: 10.31857/S013216250022128-3.

на основе которой формируются представления о предпочитаемых направлениях миграции населения[244]. Другим примером использования неструктурированных данных является работа Калашниковой С. К. и Погодиной М. Я., которые в качестве источника данных используют высказывания в публичном пространстве глав регионов[245]. Помимо этого, можно назвать ряд работ, посвященных исследованию нормативных документов на предмет выявления в них определённых смысло-содержательных конструкций[246].

Отдельным направлением является изучением процессов, протекающих в агломерациях, с использованием подобных инструментов и источников данных. Данный интерес, с одной стороны, обусловлен большей интенсивностью протекающих в агломерациях социально-экономических процессов, что формирует как фактологические основы, так и определённые запросы на подобные результаты. С другой стороны, специфика учёта и распространения информации часто не всегда укладывается в логику про-

---

[244] Смирнов А. В. Прогнозирование миграционных процессов методами цифровой демографии // Экономика региона. 2022. Т. 18. № 1. С. 133–145. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-1-10.

[245] Калашникова С. К., Погодина М. Я. Российские агломерации в контексте территориальной политики идентичности: опыт критического дискурс-анализа выступлений лидеров регионов // Дискурс-Пи. 2024. № 21 (1). С. 59–77. DOI: 10.17506/18179568_2024_21_1_59.

[246] Рослякова Н. А., Митрофанова И. В., Каневский Е. А., Боярский К. К. Особенности социально-экономического развития регионов севера и юга России: методика полуавтоматического анализа документов стратегического планирования // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2023. Т. 26. № 3 (81). С. 61–77.; Гресь Р. А. Арктическая специфика: контент-анализ стратегий регионов и муниципалитетов российской Арктики // Региональные исследования. 2024. № 1 (83). С. 88–100; Sheng R. Multilevel governance in environmental policy integration: A content analysis of regional and urban nested hierarchies in China // Environmental Policy and Governance. 2021. Vol. 31. P. 283–301. DOI: 10.1002/eet.1916; Kobzik J., Krawchenko T. "What do we want and how do we get there": A comparative content analysis of First Nations Comprehensive Community Plans in British Columbia // Canadian Public Administration. 2023. № 66. P. 45–61. DOI: 10.1111/capa.12507; Johnsen Å. Does formal strategic planning matter? An analysis of strategic management and perceived usefulness in Norwegian municipalities // International Review of Administrative Sciences. 2021. № . 87 (2). P. 380–398. DOI: 10.1177/0020852319867128.

странственных исследований, что затрудняет как идентификацию источников данных, так и сбор и агрегирование информации. Вызывает интерес работа Герасименко О. Н. и Михайлова М. Н., где в качестве источника данных выступила информация мессенджера Телеграм, что позволило установить пороговое значение удалённости (7 тыс. шагов), которая сохраняет аттрактивность для населения при условии предложения более качественного товара[247]. В работе Салгановой Е. И. на основе данных социологических исследований и контент-анализа местных средств массовой коммуникации производится конструирование образа «чужого» (такого индивида, который с минимальной вероятностью может быть воспринят местным сообществом) и проводятся различия между отдельными городами[248]. Также контент-анализ довольно широко используется при определении имиджа или бренда города, в качестве примеров можно привести работы[249].

На основе проведённого анализа можно заключить, что в настоящее время формируются предпосылки для того, чтобы сформировать новые аналитические и информационные основы для управления развитием как агломерационного, так и более широко – пространственного развития. Это является фундаментом для преодоления вызовов, характерных для текущего момента. Они выражаются в преодолении ограничений, связанных как с недостаточностью научных методов сбора, обработки и анализа

---

[247] Герасименко О. А., Михайлов М. Н. Пространственная активность: новый конкурентный источник методологии стратегического управления // Научный результат. Экономические исследования. 2024. № 10 (1). С. 51–63. DOI: 10.18413/2409-1634-2024-10-1-0-5.

[248] Салганова Е. И. Образ «чужого» в инфраструктуре российского города (на примере Челябинской области) // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Социология. Политология. 2024. № 24 (1). С. 47–56. DOI: 10.18500/1818-9601-2024-24-1-47-56.

[249] Орлова Е. А. Таруса: мозаичный бренд // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2024. № 10 (1). С. 74–87. DOI: 10.18413/2408-9346-2024-10-1-0-6; Логунцова И. В., Зайцева А. С. Брендинг российских городов: обзор практики региональных «столиц» РФ // Государственное управление. Электронный вестник. 2024. № 103. С. 164–176. DOI: 10.55959/MSU2070-1381-103-2024-164-176; Барсукова А. О., Ворошилова М. Б. Город храбрых бесов: становление гражданского кода городской идентичности Екатеринбурга // Управление культурой. 2024. № 1 (9). С. 38–45.

рассеянной информации, формирующей контекстуальное поле влияния на развитие тех или иных социально-экономических процессов, так и принципов включения такой информации в управленческие практики, что станет основой для повышения предсказуемости и управляемости систем. На этой основе могут формироваться полноценные синергетические эффекты, обеспечивая как социально-экономическое развитие, так и повышая эффективность системы государственного управления.

Методология определения бифуркационных процессов, типологизация по характеру динамики влияния контекстуальных условий

В настоящее время развиваются инструменты анализа больших данных, направленные на учёт и анализ разнообразной контекстуальной информации. Одним из ограниченно открытых инструментов является база данных статистики информационных запросов в поисковой системе Яндекс (Яндекс.Вордстат)[250]. Использование данного инструментария позволяет выделить ключевые точки интереса. Стоит отметить, что существующие алгоритмы анализа текстов успешно справляются с классификацией и леммизацией, то есть статистика предоставляется не только по интересующему термину, но по целой группе словоформ и словосочетаний, их включающих. В период 2018–2024 гг. в сегменте, связанном с социально-экономический жизнью и системой государственного управления, выделяются следующие темы: зарплата (от 2.6 до 5.3 млн запросов в месяц) и доходы (от 1.2 до 5.5 млн запросов в месяц); эффективность (от 326 тыс. до 1.5 млн запросов в месяц); переезд (от 439 до 864 тыс. запросов в месяц) и миграция (от 166 до 149 тыс. запросов в месяц); инновации (от 117 до 403 тыс. запросов в месяц). Рисунки представлены в Приложении. Именно данные явления, которые характеризуются наиболее пристальным интересом, могут восприниматься и рассматриваться нами как бифуркационные процессы. Описательные статистики и параметры вариации обозначенных явлений (бифуркационных процессов) представлены в таблице 3.18.

[250] https://wordstat.yandex.ru/.

Таблица 3.18

Статистики вариации для ключевых слов в сегменте запросов, связанных с социально-экономической жизнью и системой государственного управления

Лемма / Стат. показ.	Зарплата	Доход	Переезд	Миграция	Эффективность	Инновации
Максимум	5 337 380	5 478 724	864 059	748 253	1 578 175	402 666
Минимум	2 588 777	1 249 082	439 038	165 800	325 945	1172 95
Размах вариации	2 748 603	4 229 642	425 021	582 453	1 252 230	285 371
Коэфф. вариации	18.71	33.20	15.68	36.58	34.37	25.85
Коэфф. осцилляции	0.71	1.38	0.66	1.53	1.31	1.02
Среднее квадратическое отклонение	720 819.2	1 010 896.5	99 938.5	138 223.3	325 907.7	7 1670.7
Дисперсия	5.20E+11	1.02E+12	9 987 694 925	19 105 677 899	1.06216E+11	5 136 685 057

Источник: рассчитано на основе данных [17]

Исходя из запросов можно видеть, что наиболее стабильный интерес прослеживается для тематики, связанной с переездом и заработной платой, здесь временной коэффициент вариации составляет 16 и 19 процентов, соответственно. Следующую группу составляют запросы, связанные с доходами, эффективностью, миграцией и инновациями, коэффициент вариации здесь в пределах 25–37 процентов. Здесь прослеживается как определённая сезонность интереса к тематике, так и влияние на количество запросов информационных поводов, вызванных внешними обстоятельствами. Соответственно, на этой основе можно выделить процессы, которые в большей или меньшей степени подвержены конъюнктурным влияниям.

Также для изучения характера динамики выделенных бифуркационных процессов целесообразно изучение складывающейся тенденции, обуславливающей рост или падение интереса к обозначенной тематики. Для этого был использован инструментарий регрессионного анализа с использованием динамического регрессора (*t*), результаты представлены в таблице 3.19.

Таблица 3.19

Вывод регрессионных моделей, построенных для количества запросов по указанным тематикам в зависимости от динамического фактора (*t*)

Лемма	Свободный член регрессии	Коэффициент при *t*	R^2	F-stat
Зарплата	2844963.2*	26508.1*	67 %	150.96
Доход	2068041.8*	25549.8*	32 %	34.58
Переезд	529446.8*	2877.8*	41 %	52.04
Миграция	220705.3*	4093.0*	43 %	57.31
Эффективность	740796.4*	5479.6*	14 %	12.17
Инновации	232718.2*	1189.7*	14 %	11.82

Примечание: * – отражает, что полученный коэффициент значим на 1 % уровне вероятности ошибки (здесь и далее).

Источник: рассчитано на основе данных [17]

Результаты регрессионного анализа позволяют заключить, что выявленные процессы испытывают разную степень воздействия временного фактора. Такой вывод можно сделать, исходя из параметра коэффициента детерминации (R^2). В таблице 3.19 чётко выделяются: заработная плата с ростом интереса, который на 67 процентов обусловлен временным фактором. Это свидетельствует, что общие социально-экономические условия способствуют более пристальному вниманию и активизации интереса к данной теме.

Следующая группа тематик, связанная с миграцией, переездом и доходом, имеет средний уровень временного влияния, коэффициенты детерминации составляют, соответственно, 43, 41 и 32 процента, что свидетельствует об умеренном влиянии временного фактора на рост интереса к тематикам. Следовательно, можно говорить о том, что социально-экономические условия обуславливают фоновый (средний) уровень внимания, который может активизироваться под воздействием определённых внешних факторов. В первую очередь речь идёт о резонансных информационных поводах, таких как принятие законодательных норм, связанных с регулированием дохода (налоги, штрафы, обязательства граждан и т. п.), информация об ухудшении социального обеспечения и государственного регулирования в отдельных локалитетах (закрытие школы, больницы, отмена общественного сообщения, автобусы, воздушные линии и т. п.), сообщения о правонарушениях, совершаемых мигрантами. Часто это становится точкой фазового перехода, когда гражданин начинает совершать определённые регулирующие жизнь действия, такие как смена работы, поиск дополнительной работы, принятие решения о переезде и т. п.

Третью группу составляют тематики, связанные с деятельностью бизнеса. Здесь ключевое влияние имеет не общая динамика (коэффициент детерминации составляет 14 % для обеих тематик), а складывающиеся бизнес-циклы, то есть существенно большее влияние на интерес имеет сезонность. В частности, для обеих тем, эффективности и инноваций, характерен пик интереса в апреле, что может быть обусловлено запуском с начала года некоторых

проектов расширения бизнеса, поиском подходящих технологических решений и оценкой их целесообразности, и четвёртом квартале, что связано с необходимостью авансирования средств в целях регулирования объёма налогообложения, что также обуславливает цикл обновления машин, оборудования, рабочей техники и т. п.

На основе проведённых оценок можно составить матрицу коинтеграции рассматриваемых характеристик, которые позволяют типологизировать выделенные процессы бифуркации с позиции их трендовости и вариативности. В таблице 3.20 представлена матрица, в которой выделяются процессы, обладающие выраженными вариативностью и трендовостью. Это связано с их изменчивостью во времени.

Данные процессы находятся в тесной связи с протекающими социально-экономическими трансформациями и непосредственно (быстро и интенсивно) реагируют на изменения в них, что может выражаться в реакции на краткосрочные изменения базовых условий.

Для процессов с не выраженной вариативностью и трендовостью характерна более интенсивная связь с общим уровнем базовых социально-экономических условий. Третью группу составляют процессы, которые характеризуются вариативностью, значительная доля которой обусловлена не временной динамикой, а логикой хозяйственного и инвестиционного циклов. Это

Таблица 3.20

Матрица коинтеграции, на основе типологизации бифуркационных процессов с позиции оценки их трендовости и вариативности

		Вариативность (изменчивость во времени)	
		Выраженная	Не выраженная
Трендовость (зависимость от времени)	Выраженная	Доходы Миграция	Зарплата Переезд
	Не выраженная	Эффективность Инновации	Рутинные процессы

обуславливает для таких процессов асинхронность складывающихся взаимосвязей с базовыми социально-экономическими параметрами, что ведёт к возможности как быстрой и острой реакции бифуркационных процессов данного типа на возникающие трансформации, так и к возможности проявления устойчивости (резильентности), которая выражается в невосприимчивости к происходящим на уровне базовых параметров изменений. Четвёртую группу составляют процессы, которые отличаются как низкой вариативностью, так и низкой трендовостью и зависимостью от времени. К таким процессам можно отнести рутинные процессы, которые на рассматриваемом горизонте не претерпевают существенных изменений динамики и её характера. В рамках данного исследования процессы четвёртого типа не рассматриваются, так как они минимально отвечают задачам исследования особенностей динамики.

На заключительном этапе операционализации бифуркационных процессов предполагается определение ключевых управляющих параметров и уровней, характерных для разных групп объектов наблюдения (агломераций в приложении к данному исследованию). В каждом отдельном случае подтверждение связи осуществляется с использованием инструментария экономико-математического анализа и моделирования характера динамики бифуркационного процесса.

Анализ бифуркационных процессов, связанных с движением населения

Выше на основе отбора наиболее значимых контекстуальных условий нами были выделены тематики, связанные с миграционными установками, которые выражаются в леммах «миграция» и «переезд». Здесь важно отметить, что речь идёт о исследовании двух различных процессов. Первый из них связан с явлениями эмиграции и иммиграции, что выражается в отъезде граждан России на постоянное место жительства за рубеж и привлечение граждан других государств для закрепления на территории России с легализацией статуса и последующего получения гражданства. Второй процесс связан с движением населения между регионами России в поисках более подходящих условий жизни.

На предыдущем этапе нами было установлено, что данные процессы относятся к трендовым по своему характеру, то есть их динамика существенно определяется временным фактором, что обуславливает необходимость при анализе учитывать его более явным образом. С другой стороны, миграция относится к вариативным процессам, что делает целесообразным анализировать приростные значения параметров, связанных с данной тематикой, поскольку контекстуальные условия часто носят импульсный характер воздействия. Для тематики переездов, напротив, наблюдается слабая вариативность, что делает целесообразным анализировать фактические уровни параметров. Таким образом формируются предварительные условия, которые определяют характер анализируемых зависимостей.

Другим вопросом является подбор и обоснование управляющего параметра, который выражает существующие взаимосвязи между бифуркационным процессом и управляющим параметром (точкой бифуркации). В отношении процессов, связанных с движением населения, наиболее доказанным и обоснованным является параметр качества жизни. Определению и формализации данной связи посвящены многочисленные работы, например,[251].

[251] Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Моделирование и оценка качества жизни в макрорегионах России на основе методологии экономики качества // Пространственная экономика. 2023. Т. 19. № 4. С. 170–186; Карев А. С. Оценка факторов влияния состояния региональной социальной инфраструктуры на миграционные процессы // Власть и управление на Востоке России. 2023. № 1 (102). С. 147–161; Кальдинова Г. П., Бадмаев В. Н. «Качество жизни» как критерий оценки социально-экономических процессов (по результатам социологического исследования в республике Калмыкия) // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2020. № 1 (40). С. 59–68. DOI: 10.24411/2071-7830-2020-10007; Малахов А. В., Борисов А. А., Асеева А. А., Малахова С. В. Внутриобластная миграция как индикатор качества жизни сельского населения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 8. С. 44–48; Акаев А. А. Миграция: формы и роль в улучшении качества жизни населения // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 2. С. 195–202; Гутова С. Г., Данилова С. В., Самохина Н. Н., Брянский И. Н. Молодежь в условиях севера: социокультурные тенденции, миграция и качество жизни // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2022. № 10. С. 36–43.

Поэтому в рамках дальнейшего анализа в качестве управляющего параметра будет использован параметр качества жизни, полученный с использованием[252].

Для дальнейшего анализа нами будут использоваться параметры межрегиональной миграции в качестве выразителей бифуркационного процесса, связанного с движением населения по территории России (на первом этапе анализа маркировался как «переезд»), и параметры международной миграции в качестве выразителей бифуркационного процесса, связанного с трансграничным движением населения (на первом этапе анализа маркировался как «миграция»)[253]. При этом первый будет выражаться в абсолютных значениях, что отражает устойчивый характер его динамики, а второй – в приростных значениях, что отражает более импульсный характер его динамики. В качестве управляющего параметра будет использоваться индекс качества жизни. На основе этих данных будет построен комплекс уравнений, направленных на квантификации количественных параметров взаимосвязи между указанными переменными с целью обосновать характер взаимосвязи между бифуркационными процессами и точкой бифуркации.

За объект наблюдения взяты агломерации, которые определяются Стратегией пространственного развития РФ[254] в качестве крупных и крупнейших перспективных центров экономического развития. На предыдущем этапе анализа данная совокупность агломераций была сгруппирована на основе критериев динамики

---

[252] https://индекс-городов.рф/#/ (дата обращения 10.06.2024).

[253] Источники данных: Средний индекс качества городской среды по Российской Федерации (субъекту Российской Федерации) за отчетный год, в баллах (округляется до целого значения) // https://www.fedstat.ru/indicator/59146 (дата обращения 12.06.2024); Миграционный прирост населения по полу, возрасту и потокам передвижения // https://www.fedstat.ru/indicator/58615 (дата обращения 12.06.2024).

[254] Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года // https://www.economy.gov.ru/material/directions/regionalnoe_razvitie/strategicheskoe_planirovanie_prostranstvennogo_razvitiya/strategiya_prostranstvennogo_razvitiya_rossiyskoy_federacii_na_period_do_2025_goda/ (дата обращения 12.06.2024).

изменения численности населения в агломерации и остальном регионе и параметров экономического роста агломерации (подробнее в [255]).

Динамику переменных до начала пандемического шока и связанных с ним движений как в области перемещения населения, так и колебаний в качестве жизни хорошо отражает период 2018–2023 гг. В данном периоде прослеживаются трансформационные изменения, вызванные пандемическим и санкционным шоками, относительная адаптация и стабилизация ситуации, что можно охарактеризовать как предварительные представления о «новой нормальности». Именно это обуславливает высокую трендовость, зависимость от времени для рассматриваемых бифуркационных процессов, которую мы обосновали выше.

Существенная временная неоднородность требует явного учёта временного фактора для выявления указанных особенностей динамики. Для исследования использовались панельные данные с фиксированными временными эффектами. Тестирование гипотезы о наличии пространственных фиксированных эффектов показало, что выборка представляет из себя однородную группу объектов наблюдения. То есть в рамках данного анализа подтверждается, что группировка агломераций по критериям динамики численности населения в агломерации и регионе расположения и динамике экономического роста, осуществлённая на предварительном этапе, оправданна и корректна. Все полученные коэффициенты значимы на уровне 1 % вероятности ошибки, полученные уравнения значимы по параметрам критерия Фишера (F-stat) и стандартное отклонение остатков (RMSE).

В таблице 3.21 представлены данные для кластера 1, включающего Москву, Санкт-Петербург, Краснодар.

Для различных возрастных групп, а также для разных полов имеются своеобразные закономерности межрегионального дви-

[255] Рослякова Н. А., Окрепилов В. В. Бедность и экономический рост в российских агломерациях: тенденции и зависимости. Экономика региона. 2023. № 19(4). С. 1048–1061. DOI: 10.17059/ekon.reg.2023-4-8.

жения. Так, влияние индекса качества жизни выше для женщин (во всех формулах коэффициент при переменной IND_K для женщин выше). И по мере увеличения возраста переезжающих лиц этот разрыв между мужчинами и женщинами увеличивается. Также стоит отметить, что временная динамика неравномерна для разных возрастных групп: если для младшей категории переезжавших характерно существенное падение в 2021 г. (в 3.8 и 5.0 раз для женщин и мужчин, соответственно), для группы

Таблица 3.21

Закономерности влияния индекса качества жизни на межрегиональные миграционные потоки для агломераций кластера 1

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 12.04* D_2019 −1610.13* D_2020 −1027.42* D_2021 −267.72* D_2022 −1733.10* D_2023 −947.39*	97 %	IND_K 11.42* D_2019 −1427.25* D_2020 −1185.16* D_2021 −237.07* D_2022 −1817.81* D_2023 −1064.72*	96 %
Трудоспособный возраст	IND_K 59.98* D_2019 −5861.95* D_2020 −5602.82* D_2021 −4551.69* D_2022 −8957.53* D_2023 −5933.40*	94 %	IND_K 41.58* D_2019 −3712.74* D_2020 −3200.78* D_2021 −2641.83* D_2022 −6641.04* D_2023 −4514.08*	97 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K 26.67* D_2019 −1484.01* D_2020 −1164.69* D_2021 −1660.37* D_2022 −3760.39* D_2023 −2417.07*	96 %	IND_K 9.46* D_2019 −345.39* D_2020 −386.64* D_2021 −607.89* D_2022 −1308.06* D_2023 −935.31*	95 %

трудоспособного возраста падение относительно 2020 г. составляет 19 и 17 процентов для женщин и мужчин, соответственно. А для диапазона граждан старше трудоспособного возраста наблюдается прирост относительно 2020 г. на 42 и 57 процентов для мужчин и женщин, соответственно.

Наблюдается относительное восстановление уровня межрегиональной миграции для отдельных категорий граждан. Так, уровень миграции женщин в трудоспособном возрасте в 2018 и 2023 годах оказывается сопоставимым, как и для мужчин младшей возрастной группы. Эти аспекты можно считать элементами восстановления условий, характерных для допандемического периода. Элементами новой нормальности можно назвать интенсификацию процесса миграции в крупнейшие агломерации в 2018–2023 гг. мужчин трудоспособного возраста (3.7 тыс. чел. в 2019 г. и 4.5 тыс. чел. в 2023 г.); граждан старше трудоспособного возраста (1.5 и 2.4 тыс. чел. для женщин и 0.3 и 0.9 тыс. чел для мужчин). Также наблюдается снижение интенсивности миграции женщин младшей возрастной категории (1.6 и 0.9 тыс. чел.).

В таблице 3.22 отражены специфика взаимосвязи между параметрами международной миграции и индексом качества жизни для тех же крупнейших агломераций (Москвы, Санкт-Петербурга, Краснодара). Здесь более интенсивен прирост мужчин младше трудоспособного и трудоспособного возраста. При этом есть специфика динамики. Так, для младшей возрастной группы наблюдается прирост только в 2021 г., когда существенно интенсифицировался прирост группы трудоспособного возраста (то есть в 2021 г. родители стали более интенсивно переезжать вместе с детьми), что можно связать с открытой политикой по вакцинации, когда любой человек вне зависимости от гражданства и национальности мог бесплатно сделать прививки в России. Несомненно, этот процесс был максимально простым в крупнейших городах. В 2022–2023 гг. в связи с развитием санкционного давления и общим снижением благоприятности международной конъюнктуры для России наблюдается процесс сокращения интенсивности миграции, что особенно выражено

для групп младшего и трудоспособного возрастов вне зависимости от пола.

Для группы старшего возраста динамика выглядит иначе, здесь сокращение миграции наблюдается только в 2022 г., а в 2023 г. восстанавливается процесс притока. То есть можно видеть, что старшее поколение мигрантов в большей степени тяготеет к России, нежели более молодое поколение, это может быть связано как с общим стремлением осесть где-то, что более характерно

Таблица 3.22

Закономерности влияния индекса качества жизни на международные миграционные потоки для агломераций кластера 1

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 2.88* D_2019 –48.64* D_2020 –44.80* D_2021 104.05* D_2022 –97.87* D_2023 –314.02*	97 %	IND_K 3.08 D_2019 –76.25 D_2020 –96.84 D_2021 94.57 D_2022 –91.19 D_2023 –312.78	94 %
Трудоспособный возраст	IND_K 16.58* D_2019 698.25* D_2020 490.16* D_2021 1542.07* D_2022 –1370.19* D_2023 –1460.28*	89 %	IND_K 17.75 D_2019 1823.74 D_2020 799.47 D_2021 2653.20 D_2022 –2025.58 D_2023 –1357.85	95 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K 4.03* D_2019 285.91* D_2020 373.70* D_2021 907.49* D_2022 –308.78* D_2023 167.01*	96 %	IND_K 1.29 D_2019 208.13 D_2020 157.11 D_2021 372.08 D_2022 –29.52 D_2023 146.46	95 %

Источник: рассчитано на основе данных [20]

для людей старшего поколения, так и с наличием определённой культурной идентичности, так как большую долю миграционного потока составляют граждане бывших союзных республик, для них гораздо проще ассимилироваться в более близкой культурной среде России, нежели какой либо другой страны. Этот аспект менее свойственен более молодым поколениям, так как они были воспитаны уже в более самобытной и глобально ориентированной культурной идентичности, что позволяет им проще переориентироваться на другие страны.

Можно заключить, что для крупнейших агломераций имеет место тенденция аккумуляции более возрастного контингента мигрантов, что, в свою очередь, может оказывать дополнительную нагрузку на системы обеспечения качества жизни, что необходимо учитывать при дальнейшем развитии агломераций.

Следующая группа агломераций (кластер 2) представлена Казанью, агломерацией Набережные Челны – Нижнекамск, Новосибирском, Тюменью, для которых отрицательная динамика численности населения в регионах перекрывается приростом населения в агломерациях. Для них характерна концентрация населения региона при его отрицательной динамике для других территорий. Параметры взаимосвязи между межрегиональной и международной миграцией и уровнем качества жизни представлены в таблицах 3.23 и 3.24.

По таблице 3.23 мы можем проследить следующие тенденции: в целом качество жизни интенсивнее влияет на женщин младше и старше трудоспособного возраста (коэффициент при переменной качества жизни (IND_K) больше по модулю). При этом влияние отдельных лет для мужчин младшего возраста больше, чем для женщин. Также можно видеть, что при общей положительной динамике в период 2018–2022 гг., 2023 г. характеризуется отрицательной динамикой.

Для людей трудоспособного возраста динамика переездов имеет большее воздействие на качество жизни на мужчин, нежели женщин (коэффициент при переменной качества жизни (IND_K) 1.38 против 0.98, соответственно). Для женщин наблюдается устойчивая положительная динамика по отдельным

годам, тогда как для мужчин 2019 и 2021 гг. характеризуются отрицательным приростом. Первое можно связать с тенденцией реорганизации ряда высокотехнологических производств, которая имела место в данных агломерациях в предпандемический период, и была связана с расширением применения автоматизированных производственных линий, элементов роботизации и цифровизации, что способствовало высвобождению мужчин рабочих специальностей. В 2021 г. вследствие усложнения реализации логистических маршрутов в период пандемии и сокращения и приостановки ряда производств из-за недостатка

Таблица 3.23

Закономерности влияния индекса качества жизни на межрегиональные миграционные потоки для агломераций кластера 2

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 2.09* D_2019 109.64* D_2020 98.01* D_2021 40.28* D_2022 82.56* D_2023 −98.16*	96 %	IND_K 1.57* D_2019 115.72* D_2020 254.72* D_2021 181.16* D_2022 263.59* D_2023 −162.97*	97 %
Трудоспособный возраст	IND_K 0.98* D_2019 450.09* D_2020 1083.25* D_2021 1099.43* D_2022 896.61* D_2023 1097.79*	97 %	IND_K 1.38* D_2019 −500.54* D_2020 629.77* D_2021 −54.30* D_2022 395.63* D_2023 180.55*	93 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K −0.71* D_2019 −90.16* D_2020 79.77* D_2021 137.42* D_2022 102.07* D_2023 284.72*	98 %	IND_K 0.14* D_2019 −100.54* D_2020 −109.49* D_2021 6.42* D_2022 −70.66* D_2023 −75.75*	98 %

Источник: рассчитано на основе данных [20]

комплектующих также имеет место отток мужчин трудоспособного возраста. Однако стоит отметить, что санкционный период 2022–2023 гг., напротив, характеризуется расширением притока трудоспособных граждан как мужского, так и женского пола, что свидетельствует в пользу расширения производства и привлечения кадров.

Отдельного внимания заслуживает динамика людей старшего возраста. Здесь мы наблюдаем отрицательную связь качества жизни и прироста численности женщин, то есть можно сказать, что для данных городов характерен отток женщин старшего возраста. Это может быть обусловлено как социальными факторами, например, для женщин гораздо более свойственно переехать в другой регион, чтобы помогать взрослым детям с хозяйством и воспитанием детей, то есть можно заключить, что для жительниц агломераций данного типа это более свойственно, чем для представительниц кластера 1. Также причины могут быть экономическими, например, ограниченные возможности по обеспечению частичной занятости или отсутствие или недостаточное развитие таких элементов качества жизни, которые необходимы для данной категории граждан, что стимулирует отток женщин старшего возраста. При этом для отдельных лет наблюдаются приросты, что нивелирует общую складывающуюся отрицательную тенденцию.

С другой стороны, для мужчин, напротив, наблюдается положительная связь с уровнем качества жизни, но отдельные годы характеризуются оттоком, положительная динамика наблюдается только для 2021 г., что можно связать с импульсом пандемических переездов из малых пунктов в города побольше (для обеспечения лучшего доступа к медицинским услугам) и из больших городов в относительно меньшие города (для обеспечения меньшей концентрации населения).

Для динамики международной миграции (таблица 3.24) характерна положительная взаимосвязь с качеством жизни для людей младшего и трудоспособного возраста и отрицательная взаимосвязь для людей старше трудоспособного возраста. Более интенсивные миграционные процессы (выше коэффициент при

переменной качества жизни (IND_K)) характерны для мужчин младшего и трудоспособного возрастов. При этом и для мужчин, и для женщин прослеживается пандемийный шок 2020 г., который выражается в отрицательном миграционном приросте. Если говорить про людей старшего возраста, то общая отрицательная динамика сопровождается положительными значениями миграции в отдельные годы (кроме 2020 г. для женщин), что несколько нивелирует общую отрицательную тенденцию, однако ключевым является то, что качество жизни не является аттрактивным

Таблица 3.24

Закономерности влияния индекса качества жизни на международные миграционные потоки для агломераций кластера 2

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 0.69* D_2019 43.22* D_2020 −17.64* D_2021 106.80* D_2022 210.24* D_2023 129.68*	93 %	IND_K 0.88* D_2019 19.47* D_2020 −47.69* D_2021 158.25* D_2022 322.20* D_2023 58.15*	95 %
Трудоспособный возраст	IND_K 1.64* D_2019 170.45* D_2020 −211.02* D_2021 1522.87* D_2022 1170.76* D_2023 794.66*	98 %	IND_K 3.21* D_2019 −94.86* D_2020 −694.36* D_2021 2537.92* D_2022 1263.20* D_2023 917.49*	94 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K −0.54* D_2019 84.17* D_2020 −18.03* D_2021 427.31* D_2022 492.64* D_2023 338.98*	95 %	IND_K −0.39* D_2019 48.56* D_2020 34.29* D_2021 234.41* D_2022 276.53* D_2023 207.64*	94 %

Источник: рассчитано на основе данных [20]

фактором, для данного контингента, то есть внешние мигранты системно для переезда выбирают иные агломерации.

Третья группа агломераций (кластер 3) состоит из агломераций: Воронеж, Ростов-на-Дону, Уфа, Пермь, Красноярск, Екатеринбург, для которых отрицательная динамика численности населения в регионе не перекрывается приростом населения в агломерации. Результаты представлены в таблицах 3.25 и 3.26.

Для агломераций данного типа (кластер 3) более интенсивные процессы межрегиональной миграции свойственны женщинам

Таблица 3.25

Закономерности влияния индекса качества жизни на межрегиональные миграционные потоки для агломераций кластера 3

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 1.20* D_2019 1.18* D_2020 7.76* D_2021 17.34* D_2022 −144.48* D_2023 −84.10*	94 %	IND_K 0.89* D_2019 120.99* D_2020 15.77* D_2021 92.54* D_2022 −93.47* D_2023 25.42*	95 %
Трудоспособный возраст	IND_K 2.42* D_2019 330.25* D_2020 45.33* D_2021 −4.60* D_2022 −483.35* D_2023 −432.69*	97 %	IND_K −1.73* D_2019 −562.43* D_2020 −384.32* D_2021 544.79* D_2022 296.36* D_2023 576.20*	98 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K 0.87* D_2019 131.21* D_2020 −52.84* D_2021 70.10* D_2022 −194.68* D_2023 −44.60*	97 %	IND_K 0.48* D_2019 57.69* D_2020 −60.66* D_2021 6.99* D_2022 −101.31* D_2023 −71.14*	92 %

Источник: рассчитано на основе данных [20]

(коэффициенты при переменной качества жизни (IND_K) по модулю больше для женщин). Примечательна смена тенденций для людей трудоспособного возраста: 2019–2020 гг. характеризуются оттоком мужчин и притоком женщин, а в 2021–2023 гг., напротив, наблюдается отток женщин и интенсификация притока мужчин.

Общая тенденция характеризуется положительной динамикой для женщин и отрицательной для мужчин. То есть можно видеть, что в 2019–2020 гг. общий отток мужчин интенсифицируется за счёт готовых особенностей и нивелируется в 2021–2023 гг. Эту особенность можно связать с развитием производств, направленных на привлечение мужской рабочей силы. Для женщин мы наблюдаем, что в 2019–2020 гг. общий приток женщин интенсифицируется за счёт годовых особенностей и нивелируется в 2021–2023 гг. Следовательно, можно заключить, что 2018–2020 гг. характеризуются более интенсивной динамикой переездов граждан трудоспособного возраста, которая в 2021–2023 гг. несколько ослабевает.

Также можно отметить, что отток женщин трудоспособного возраста коррелирует с оттоком людей младшего возраста в 2021–2023 гг. (особенно выражено для женщин младшего возраста). Также примечательно, что схожими являются тенденции для мужчин и женщин старшего возраста. При общей положительной взаимосвязи с уровнем качества жизни годовые приросты наблюдаются только в допандемийный 2019 г. и 2021 г., что можно связать с тенденцией восстановительного роста. Однако в целом формирование новых условий в 2021–2023 гг. способствует вымыванию людей в возрасте и закладывает тенденцию на омоложение населения с повышением доли мужчин в общей совокупности.

Для международной миграции в агломерациях третьей группы при общей положительной взаимосвязи (коэффициент при переменной качества жизни (IND_K) положительный во всех случаях) наблюдается отрицательная динамика отдельных лет: это свойственно для всех периодов в отношении младшей группы

населения и большинства периодов для людей трудоспособного и старшего возраста.

Для мужчин в трудоспособном возрасте характерен прирост в 2019 г. (период стабильных условий прошлого этапа развития) и 2021 г., связанный с восстановительным ростом после пандемии. Однако в 2022–2023 гг. мужчины трудоспособного возраста видят для себя меньше возможностей для занятости, что вызывает миграционный отток.

Таблица 3.26

Закономерности влияния индекса качества жизни на международные миграционные потоки для агломераций кластера 3

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 3.15* D_2019 –396.33* D_2020 –508.36* D_2021 –354.39* D_2022 –339.71* D_2023 –593.89*	96 %	IND_K 2.33* D_2019 –185.98* D_2020 –388.30* D_2021 –178.62* D_2022 –239.60* D_2023 –397.25*	98 %
Трудоспособный возраст	IND_K 7.39* D_2019 –35.48* D_2020 –1925.18* D_2021 277.11* D_2022 –1661.37* D_2023 –1305.46*	98 %	IND_K 7.77* D_2019 1293.04* D_2020 –3208.37* D_2021 1296.22* D_2022 –2633.74* D_2023 –1471.92*	96 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K 2.15* D_2019 212.67* D_2020 –258.36* D_2021 26.61* D_2022 –499.71* D_2023 –360.89*	94 %	IND_K 1.03* D_2019 20.72* D_2020 –163.49* D_2021 –65.71* D_2022 –221.98* D_2023 –167.22*	95 %

Источник: рассчитано на основе данных [20]

Для женщин трудоспособного возраста данная тенденция ещё более выраженная, так как и в допандемийный период 2019 г. для них был характерен отток. Аналогично в общем такая же тенденция и для людей старшего поколения. Соответственно, можно заключить, что в отношении данной группы динамика качества жизни в меньшей степени способствует привлечению населения всех возрастов (и в первую очередь трудоспособного), а, следовательно, так же как в агломерациях группы 2 качество жизни не является аттрактивным фактором, то есть внешние мигранты системно для переезда выбирают иные агломерации.

Четвёртый кластер представлен агломерациями: Волгоград, Нижний Новгород, агломерация Самара-Тольятти, Челябинск, Иркутск, Омск, Владивосток, которые характеризуются отрицательной динамикой численности населения как в самих агломерациях, так и в регионах их расположения. Результаты оценок для межрегиональной и международной миграции представлены в таблицах 3.27 и 3.28.

Агломерации данной группы разительно отличаются от других групп общим отрицательным характером взаимосвязи между качеством жизни и динамикой межрегиональных переездов, соответственно, можно заключить, что существующий уровень качества жизни, который действительно в агломерациях данной группы является самым низким[256], оказывается недостаточным для удержания и привлечения населения.

Можно отметить ряд положительных тенденций, способных сгладить отрицательную динамику. Так, во все рассматриваемые периоды существует положительная динамика людей младшей возрастной группы, что свидетельствует об относительной привлекательности данных территорий, расположенных преимущественно в Сибири и на Дальнем Востоке. Для них свойственным является концентрация населения соседних регионов, которые обладают менее развитыми региональными столицами, что привлекает сюда население с детьми в поисках более высокого

[256] https://индекс-городов.рф/#/ (дата обращения 10.06.2024).

уровня социального сервиса. Также следует отметить особенность динамики населения трудоспособного возраста. Если для прочих кластеров более характерен приток населения в стабильный период 2018–2019 гг. и отток в посткризисный период 2020–2023 гг., то для данных агломераций, напротив, мы наблюдаем отток в докризисный период и приток в посткризисный.

Можно заключить, что с развитием новых условий данные агломерации начинают приобретать относительные конкурентные преимущества, что и выражается в привлечении населения.

Таблица 3.27

Закономерности влияния индекса качества жизни на межрегиональные миграционные потоки для агломераций кластера 4

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K –3.55* D_2019 95.84* D_2020 363.26* D_2021 386.34* D_2022 188.76* D_2023 287.62*	94 %	IND_K –3.48* D_2019 82.61* D_2020 476.41* D_2021 320.64* D_2022 160.45* D_2023 362.78*	96 %
Трудоспособный возраст	IND_K –8.34* D_2019 –1073.63* D_2020 339.06* D_2021 417.75* D_2022 245.43* D_2023 223.78*	95 %	IND_K –4.90* D_2019 –935.68* D_2020 547.48* D_2021 –70.67* D_2022 25.49* D_2023 218.76*	97 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K –3.24* D_2019 –25.20* D_2020 206.71* D_2021 231.32* D_2022 109.22* D_2023 159.89*	97 %	IND_K –0.20* D_2019 –110.87* D_2020 –37.30* D_2021 –101.15* D_2022 –113.58* D_2023 –91.21*	96 %

Источник: рассчитано на основе данных [20]

Это можно связать и с относительным развитием медицинской и социальной сферы, и с усилиями по формированию привлекательности в виде специальных мер поддержки для жителей отдалённых регионов. При этом вызывает интерес динамика населения старшего возраста, для женщин наблюдается прирост, тогда как для мужчин отток, что можно связать с ограниченными возможностями по занятости для мужчин, неразвитостью необходимых компонент качества жизни, что стимулирует отток мужского населения старших возрастов.

Таблица 3.28

Закономерности влияния индекса качества жизни на международные миграционные потоки для агломераций кластера 11

Возраст	Женщины		Мужчины	
	Вывод формулы	R^2	Вывод формулы	R^2
Младше трудоспособного	IND_K 0.27* D_2019 52.64* D_2020 105.45* D_2021 200.45* D_2022 54.27* D_2023 –61.64*	92 %	IND_K 0.23* D_2019 132.31* D_2020 136.46* D_2021 206.92* D_2022 48.08* D_2023 –45.54*	98 %
Трудоспособный возраст	IND_K –0.23* D_2019 627.69* D_2020 1451.54* D_2021 1515.08* D_2022 –268.08* D_2023 389.54*	96 %	IND_K 1.23* D_2019 686.31* D_2020 2342.46* D_2021 2409.92* D_2022 –1474.92* D_2023 1359.46*	95 %
Старше трудоспособного возраста	IND_K 0.43* D_2019 309.17* D_2020 405.76* D_2021 329.07* D_2022 –262.34* D_2023 33.67*	95 %	IND_K 0.03* D_2019 136.44* D_2020 166.16* D_2021 164.78* D_2022 –86.50* D_2023 59.25*	97 %

Источник: рассчитано автором на основе данных [20]

Для потоков международной миграции характерна положительная взаимосвязь с приростом уровня качества жизни. Это свидетельствует в пользу того, что данные регионы являются привлекательными и параметр качества жизни выступает аттрактором для миграционного притока.

Данные агломерации, с одной стороны, характеризуются более высоким качеством жизни по сравнению с исходными странами проживания потока мигрантов (преимущественно страны бывшего СНГ), с другой стороны, данные агломерации имеют приемлемый уровень стоимости жизни, который существенно выше в агломерациях кластера 1 и 2. Для людей, приезжающих в данные агломерации, есть возможность получить относительно более высокий уровень качества жизни, не неся при этом чрезмерной нагрузки по оплате жизни в новой стране. Это подтверждается тем, что положительная тенденция, которая выражается через коэффициент при переменной качества жизни, усиливается приростами отдельных лет (за редким исключением в отдельные кризисные годы для отдельных групп).

Таким образом, формируется ускоренная тенденция нарастания притока мигрантов в агломерации кластера 4, что в сочетании с тенденцией оттока населения во внутрирегиональной миграции, формирует тенденцию к замещению основного населения мигрантами, что также важно учитывать при дальнейшем развитии данных агломераций.

3.8. Выводы по главе 3

Анализ современных достижений и наработок в области экономики качества позволил:

– сформировать теоретико-методологическую основу для развития исследований качества жизни;

– развернуть проведение общего контекста исследований тематики проекта в разрезе достижения стратегических целей социально-экономического развития Санкт-Петербурга и регионов СЗФО, а именно – показателя качества жизни, как результирующей данного процесса;

– проанализировать социально-экономическое пространство агломераций и качество городской среды как составляющей качества жизни в агломерациях Арктической Зоны Российской Федерации;

– рассмотреть бифуркационные процессы и выявить точки бифуркации пространственного развития, описать методику определения бифуркационных процессов

– реализовать процедуры определения точек бифуркации и структурирования взаимосвязей для агломераций разных типов на примере исследования процессов внутрирегиональной и международной миграции.

Проведенный анализ качества жизни населения Северо-Запада, анализ социально-экономического пространства агломераций и выявление точек бифуркации пространственного развития показали высокую результативность уникальной методологии экономики качества, составляющей концептуальную основу исследования. В дальнейшем это позволит сформировать основу для теоретических моделей и станет базой при подготовке научной и учебной литературы в данной области знания.

Разработаны и зарегистрированы базы данных, предназначенные для расширения области применения статистических методов анализа в связи с проведением классификации точек бифуркации по степени значимости и влиянию на процессы пространственного развития агломераций.

В рамках проведения исследования разработаны унифицированные рекомендации, которые можно применить для модернизации и институционализации инструментария планирования агломерационных пространств в РФ.

Методология экономики качества позволяет осуществлять управление качеством жизни на всех уровнях экономического взаимодействия, применить фундаментальные научные исследования для формирования принципиально нового подхода к оценке качества жизни населения. В этой связи особый интерес результаты исследования могут представлять для администрации городов при определении мероприятий в сфере урбанистики и городского управления, которые окажут интенсивное

положительное влияние на экономическое развитие и повышение качества жизни в городе, повысят уровень удовлетворённости населения.

Перспективным направлением развития исследований на данном этапе является модификация модели качества жизни, разработанной в ИПРЭ РАН. Для этого необходимо формирование блока показателей, направленных на повышение точности оценки качества жизни в условиях многополярного мира, по которым есть опыт расчета у наших коллег в ЦЭМИ РАН. Это показатели национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала. Данные показатели хорошо вписываются в предметную область, ранее определенную нами в исследованиях качества жизни. В концепции экономики качества качество здоровья и качество среды обитания определяют медико-демографические условия, качество проживания и качество взаимодействия – социально-экономическое благополучие, а качество безопасности и качество институтов – комфортность и безопасность.

Модифицированную модель оценки качества жизни отличают изменения, которые ориентированы на учет потенциальных возможностей государства, определенных его национальной силой, заключенной в экономическом потенциале, институтах и культуре. Для комплексной характеристики текущего уровня развития социо-эколого-экономической системы страны и эффективности использования ее потенциала, предложено применять индикатор национальной безопасности (содержит данные о ресурсной базе развития, экономике и производстве, уровне жизни, финансовых показателях, вооруженных силах, науке и инновациях, отдельный блок – кибербезопасность), без которой сложно говорить о долговременном улучшении качества жизни в стране. Третья важнейшая компонента – демографический потенциал страны, методологически объединяет такие характеристики, как воспроизводство населения, его активность, образовательный уровень и другие показатели.

Показатели национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала в совокупности дают воз-

можность оценить потенциальную устойчивость экономики к внешним воздействиям и внутренним возмущениям, которые способны оказывать влияние на качество жизни на продолжительном интервале времени. В экономике знаний неотъемлемым элементом исследований данного направления становится прогнозирование, обеспеченное необходимыми информационными ресурсами и технологиями.

3.9. Приложение А

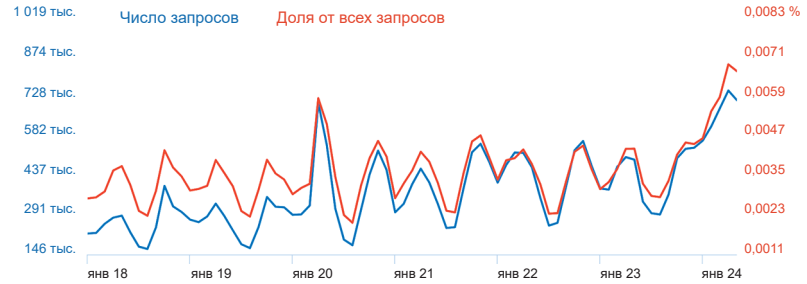


Рис. П.1. Динамика поисковых запросов, содержащих лемму «миграция»

Источник: составлено на основе данных [17]

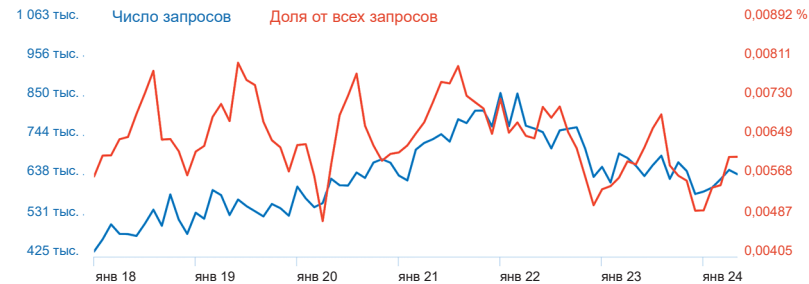


Рис. П.2. Динамика поисковых запросов, содержащих лемму «переезд»

Источник: составлено на основе данных [17]



Рис. П.3. Динамика поисковых запросов, содержащих лемму «доход»

Источник: составлено на основе данных [17]



Рис. П.4. Динамика поисковых запросов, содержащих лемму «зарплата»

Источник: составлено на основе данных [17]

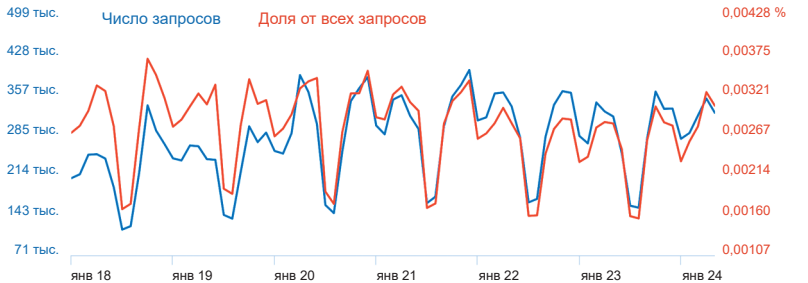


Рис. П.5. Динамика поисковых запросов, содержащих лемму «инновации»

Источник: составлено на основе данных [17]



Рис. П.6. Динамика поисковых запросов, содержащих лемму «эффективность»

Источник: составлено на основе данных [17]

3.10. Список источников к главе 3 (пп. 1–6)

1. Окрепилов В. В. Экономика качества: создание и перспективы развития / Инновации молодежной науки : Тезисы докладов всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием, Санкт-Петербург, 22–26 апреля 2024 года. – Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2024. – С. 4–5. – EDN RTJMZA.

2. Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Моделирование качества жизни Санкт-Петербурга и регионов Северо-Запада // Экономика и математические методы. – 2024. – Т. 60, № 3. – С. 54–69. – DOI 10.31857/S0424738824030052. – EDN BNNAXS.

3. Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Моделирование и оценка качества жизни в макрорегионах России на основе методологии экономики качества // Пространственная экономика. 2023. Том 19. № 4. С. 170–186. https//dx.doi.org/10.14530/se.2023.4.170-186.

4. Макаров В. Л., Окрепилов В. В., Бахтизин А. Р. (2023). Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров. М. : ЛЕНАНД. 416 с. ISBN: 978-5-9710-6284-4.

5. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Национальная стратегическая сила стран, международная торговля и экономическая успешность стран в нестабильном мире // Стратегирование: теория и практика. – 2023. – Т. 3, № 3(9). – С. 277–297. – DOI 10.21603/2782-2435-2023-3-3-277-297. – EDN JOBJHC.

6. Бахтизин А. Р. Моделирование и оценка национальной силы // Ежегодная Всероссийская конференция «Россия – большая семья больших семей. Многодетность как новая норма» : Сборник материалов, Международный мультимедийный пресс-центр Медиагруппы «Россия сегодня», 25 апреля 2024 года. – Москва : Институт демографической политики им. Д. И. Менделеева, 2024. – С. 111–116. – EDN MGIBTJ.

7. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Ильин Н. И., Сушко Е. Д. Национальная безопасность России // Экономические стратегии. – 2020. – Т. 22, № 5(171). – С. 6–23. – DOI 10.33917/es-5.171.2020.6-23. – EDN UJOAYT.

8. БД Качество жизни (База данных для построения модели качества жизни). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021622426. Российская Федерация / В. В. Окрепилов, А. Д. Шматко, Н. Л. Гагулина ; заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем региональ-

ной экономики Российской академии наук». – № 20221622426 ; заявка № 2021622344 от 28.10.2021 ; опубл. 09.11.2021. – 1 с.

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024620609 Российская Федерация. Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Свердловской области) : № 2024620293 : заявл. 31.01.2024 : опубл. 07.02.2024 / В. В. Окрепилов, Н. Л. Гагулина, Н. А. Рослякова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук. – EDN AOSTQO.

10. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024620908 Российская Федерация. Таблицы пространственного распространения экономических ресурсов (на примере высокотехнологичных предприятий Ленинградской области) : № 2024620275 : заявл. 31.01.2024 : опубл. 28.02.2024 / В. В. Окрепилов, А. Д. Шматко, Н. Л. Гагулина, Н. А. Рослякова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук. – EDN SKRPVQ.

11. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024626333 Российская Федерация. Показатели качества жизни и миграции населения в агломерациях Европейской части Арктической зоны РФ : заявл. 11.12.2024 : опубл. 24.12.2024 / В. В. Окрепилов, Н. Л. Гагулина, Р. А. Гресь ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем региональной экономики Российской академии наук. – EDN KOEPDJ.

12. Окрепилов В. В., Гресь Р. А. Качество городской среды как составляющая качества жизни в агломерациях Арктической зоны Российской Федерации // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2024. – № 4(79). – С. 76–87. – DOI 10.52897/2411-4588-2024-4-76-87. – EDN BCZDWR.

13. Красулина О. Ю. Качество жизни населения, проживающего и работающего в Арктике // Арктическое пространство России в XXI веке: факторы развития, организация управления : монография / под редакцией В. В. Ивантера. СПб. : Наука, 2016. С. 421–440.

14. Документы – Правительство России. Указ Президента Российской Федерации от 16.01.2017 г. № 13 «Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года» URL: http://government.ru/docs/all/110051/.

15. Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Развитие исследований качества жизни населения Северо-Запада на основе применения методологии

экономики качества // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. № 2 (73), 2023. С. 81–89. DOI: 10.52897/2411-4588-2023-2-81-89.

16. A/RES/71/313: Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development. – URL: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_71_313.pdf (дата обращения 09.10.2023).

17. Росстат – Национальный набор показателей ЦУР : официальный сайт. – Москва, 2023. – URL: https://rosstat.gov.ru/sdg/national (дата обращения 09.10.2023).

18. Дынкин А. А., Миловидов В. Д. Наука дальновидности: как преуспеть в стратегическом прогнозировании и планировании // Проблемы прогнозирования. 2023. № 3. С. 6–23. DOI: 10/47711/0868-6351-198-6-23.

19. Широв А. А., Белоусов Д. Р., Блохин А. А., Гусев М. С., Клепач А. Н., Узяков М. Н. Россия 2035: новое качество национальной экономики. Проблемы прогнозирования. 2024. № 2. С. 6–20. DOI: 10.47711/0868-6351-203-6-20.

20. Будаева К.В., Климанов В. В. Эволюция разработки и содержания документов регионального стратегического планирования в России // Региональная экономика: теория и практика. 2014. № 40 (367). С. 52–61.

21. Невская Н. А. Государственное экономическое планирование в России: история и современность // Известия УрГЭУ. 2015. № 1(57). С. 53–60.

22. Бушенева Ю. И. Циклическая модель и карта оценки предиктивного потенциала развития прогнозно-плановой методологии // Управленческое консультирование. 2020. № 11. С. 49–62. DOI: 10.22394/1726-1139-2020-11-49-62.

23. Бушенева Ю. И. Оценка соответствия региональной стратегии федеральным ориентирам на примере Ленинградской области // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т. 13, № 3. С. 59–70. DOI: http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-3-59-70.

24. Бушенева Ю. И. Проблема декомпозиции показателей Единого плана по достижению национальных целей развития Российской Федерации в региональной экономической политике // Общество: политика, экономика, право. 2023. № 6. С. 118–1254. https://doi.org/10.24158/pep.2023.6/16.

25. Князева Е. Г., Самков К. Н. От результативности к эффективности финансирования государственных программ субъектов Российской

Федерации // Journal of New Economy. 2023. Т. 24. № 2. С. 6–27. DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-2-1. EDN: ZOLTPL.

26. Метелева Е. Р. Совершенствование деятельности по стратегированию социально-экономического развития в регионе посредством укрепления взаимосвязи прогнозирования и стратегического планирования // Известия Байкальского государственного университета. 2021. № 3. С. 285–295. DOI: 10.17150/2500-2759.2021.31(3).285-295.

27. Бушенева Ю. И. Диагностическая карта как инструмент оценки патологий государственных прогнозов и планов // Вестник Удмуртского университета. Серия экономика и право. 2022. Т. 32, № 1. С. 7–16. DOI: 10.35634/2412-9593-2022-32-1-7-16.

28. Подгорская С. В., Мирошниченко Т. А. Экспертная оценка реализации государственной программы комплексного развития сельских территорий: региональный аспект // Учет и статистика. 2023. Т. 20, № 3. С. 29–38. https://doi.org/10.54220/1996.2023.60.79.004.

29. Оруч Т. А. Региональные аспекты планирования в системе государственного стратегического управления // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. Т. 13. № 2. С. 80–91. DOI: http://doi.org/10.18287/2542-0461-2022-13-2-80-91.

30. Кожина Е. В., Сергеева К. И. Доступность бюджетных инвестиций для регионов при программно-целевом подходе к формированию бюджетов (на примере муниципальных образований Архангельской области) // Арктика и Север. 2023. № 52. С. 87–99. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2023.52.87.

31. Набиев Р. А., Лунева Т. В., Батыров Т. Р. Совершенствование элементов программно-целевого управления социально-экономическим развитием регионов (на примере Астраханской области) // Экономика и предпринимательство. 2023. № 8. С. 288–293.

32. Бровчак С. В., Скопинцева М. Е. Методические подходы к формированию показателей государственных программ Российской Федерации // Путеводитель предпринимателя. 2024. Т. 17. № 1. С. 19–26. https://doi.org/10.24182/2073-9885-2024-17-1-19-26.

33. Шабунова А. А., Теребова С. В., Леонидова Г. В. Динамика модернизационного развития регионов России: научно-технологические дисбалансы на фоне общественного прогресса // Проблемы прогнозирования. 2023. № 1. С. 53–64. DOI: 10.47711/0868-6351-196-53-64.

34. Окрепилов В.В., Коршунов И. В. (2024). Управление развитием агломерации в условиях множества конкурирующих целей: задачи и решения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 17. № 1. С. 60–78. DOI: 10.15838/esc.2024.1.91.3.

35. Стратегии пространственного развития Российской Федерации. Утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 № 207-р.

36. Тарасова О. В., Седипкова С. В., Солдатенко Е. В. (2023) Результаты и эффективность работы государственного сектора в регионах Северо-Западного федерального округа // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. № 3(74). С. 56–69. DOI: 10.52897/2411-4588-2023-3-56-69.

37. Коми обогнала соседей в рейтинге по качеству жизни. БНК СМИ: «Информационное агентство “Север-Медиа”» (2024) (https://www.bnkomi.ru/data/news/168474/).

38. Губернатор Архангельской области назвал главные достижения 2013 года // АиФ Архангельск (https://arh.aif.ru/money/1082390).

39. Социально-экономическое положение Вологодской области в январе-мае 2022 года. Доклад. Вологда : Вологдастат. 2022. С. 69. 97 с.

40. Санкт-Петербург в 2022 году. (2022) / Петростат. СПб., 2023. 247 с.

41. Ленобласть теперь шестая в России по качеству жизни (12.02.2024) // 47 новостей из Ленинградской области (https://47news.ru/articles/245474/).

42. Окрепилов В. В. Применение методологии экономики качества в интересах регионального развития // Устойчивое развитие: перед лицом глобальных вызовов : сборник материалов конференции. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2023. С. 193–199.

43. Окрепилов В. В. Многоуровневая система управления качеством как инструмент модернизации экономики России // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2014. № 1(187). С. 9–19.

44. Окрепилов В. В. Устойчивое развитие административно-территориальных образований на основе экономики качества // Инновации. 2014. № 1(183). С. 3–7.

45. Окрепилов В. В., Гагулина Н. Л. Анализ и моделирование оценки качества жизни в экономике регионов на концептуальной основе экономики качества // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 2 (69). С. 100–105. https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-100-105

46. Попова Л. Н., Михайлова А. В. Управление факторами повышения качества жизни населения (на примере Арктической зоны Российской Федерации) // Фундаментальные исследования. 2016. № 4. С. 662–667.

47. Красулина О. Ю. Качество жизни населения, проживающего и работающего в Арктике // Арктическое пространство России

в XXI веке: факторы развития, организация управления : Монография / Под редакцией В. В. Ивантера. СПб. : ООО Издательский дом «Наука», 2016. С. 421–440.

48. Овчинников О. В., Орлова В. В. Качество жизни как объект исследования. Особенности в Арктике // Вестник науки Сибири. 2018. № 4 (31). С. 70–81.

49. Игнатова О. А., Меньшикова Л. И., Ирха Л. А., Мордовский Э. А. Оценка качества жизни населения Арктических территорий Архангельской области // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16, № 2. С. 309–314. DOI 10.22138/2500-0918-2019-16-2-309-314.

50. Бобылев Н. Г., Сергунин А. А. Принципы стратегического планирования устойчивого развития российских арктических городов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Экономика. Социология. Культурология. 2019. № 2(14). С. 7–15. DOI 10.25587/SVFU.2019.14.40141.

51. Пилясов А. Н. Города российской Арктики: сравнение по экономическим индикаторам // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2011. № 4. С. 64–69.

52. Деменев А. Г., Шубина Т. Ф., Шубина П. В., Ненашева М. В., Макулин А. В., Тарасов И. А. Опыт общественного участия в планировании комфортной городской среды на примере Архангельской области // Арктика и Север. 2018. № 33. С. 91–117. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2018.33.91

53. Руссова О. Н., Смак Т. С., Тарасов И. А. Оценка комфортности городской среды как фактор социального самочувствия городских жителей Архангельской области // Арктика и Север. 2020. № 41. С. 236–247. DOI: 10.37482/issn2221-2698.2020.41.236

54. Юдашкин В. А. Современное состояние и стратегии развития малых городов Российской Арктики // Пространственное развитие малых городов: социальные стратегии и практики : [монография] / М. Ф. Черныш, В. В. Маркин [и др.] ; отв. ред. М. Ф. Черныш, В. В. Маркин ; предисл. М. К. Горшков ; ФНИСЦ РАН. М. : ФНИСЦ РАН, 2020. с. 340–360.

55. Торопушина Е. Е. Оценка уровня развития социальной инфраструктуры в регионах Севера и Арктики России // Всероссийский экономический журнал ЭКО. 2016. № 6 (504). С. 101–111.

56. Индекс качества городской среды. Минстрой РФ. URL: https://индекс-городов.рф/#/ (дата обращения: 01.10.2024).

57. База данных показателей муниципальных образований. URL: https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/ (дата обращения 15.10.2024).

58. Гресь Р. А. Качество городской среды в Ленинградской области в период 2018–2021 годов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2023. № 1. С. 50–65. doi: 10.5922/gikbfu-2023-1-4.

59. Концепция Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/85fb48440f79df778539e0b215af5345/koncepciya_strategii_prostranstvennogo_razvitiya_rf_na_period_do_2030_goda.pdf (дата обращения 20.10.2024).

60. Окрепилов В. В., Коршунов И. В. Управление развитием агломерации в условиях множества конкурирующих целей: задачи и решения // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2024. Т. 17. № 1. С. 60–78. DOI: 10.15838/esc.2024.1.91.3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наш мир стремительно меняется. Под воздействием текущих событий эта расхожая фраза обретает сегодня конкретное содержание, связанное с окончанием эпохи глобализма и переходом к полицентричности в организации международной жизни. Заметно утрачивают влияние прежние центры силы, прежде всего – Европейский союз, разрушена гегемония США, развивается перераспределение приоритетных векторов развития в сторону стран Азии и Юга планеты.

Формирование новых международных отношений, основанных на принципах равноправия и взаимовыгодного сотрудничества, происходит вокруг ядра стран, составляющих основу объединения БРИКС, куда входят страны с крупнейшим населением и высокой динамикой экономического развития, такие как Китай и Индия. Важнейшую роль в этом объединении, как и в Шанхайской организации сотрудничества (ШОС) играет Россия, которая успешно противостоит политике санкций и решает свои экономические проблемы во взаимодействии с надежными партнерами, выстраивая стратегию дальнейшего развития страны.

Эти процессы нашли отражение в исследованиях, приведенных в данной монографии, в том числе раскрывающих принципы моделирования интегральных индексов, таких, как показатели национальной силы, национальной безопасности и демографического потенциала. Вызывает, в частности, особый интерес представленный в монографии расчет интегральных индексов национальной безопасности, исходя из трех возможных сценариев динамики мировой хозяйственной системы, и определение диапазонов допустимых значений для рассматриваемого набора показателей, выход за пределы которых влечет за собой риски национальной безопасности. Тем самым приведенные результаты исследований дают основу для уточнения параметров долгосрочного народнохозяйственного прогнозирования с учетом предупреждения рисков в развитии страны.

Динамика современного бытия диктует необходимость определения степени воздействия внешнего мира на качество жизни не только в масштабах страны, но и в её конкретном регионе. В монографии выделены экзогенные факторы воздействия на качество жизни, подверженные геополитическим трансформациям на региональном уровне. Это новый, предлагаемый нами исследовательский инструмент, с помощью которого существующие методики оценки качества жизни могут быть улучшены.

Столь же актуальными являются исследования, касающиеся демографического потенциала. Россия, как и значительное число других стран, сталкивается со снижением рождаемости, старением населения, усилением миграционных потоков и дисбалансами в возрастной и трудовой структурах. Все эти процессы формируют вызовы, которые затрагивают экономику, безопасность, здравоохранение, рынок труда, образование и другие сферы.

Проведенное исследование предлагает применять интегральный индекс демографического потенциала, который позволяет ориентироваться, в первую очередь, на качественные характеристики населения и путем выверенной демографической политики совершенствовать условия труда, быта, здравоохранения, продления активного долголетия, освоения населением современных цифровых технологий для включения в полезную трудовую деятельность.

Особая ценность монографии в том, что в ней представлены уникальные возможности суперкомпьютерных технологий, которые позволяют реализовывать предлагаемые методы и модели в полном объеме и обеспечивают их практическое применение для поддержки управленческих решений.

Данная монография, как и прежние совместные исследования авторов, нацелена на стремление совершенствовать научные подходы к оценке социально-экономических процессов, содействовать выработке эффективных программ развития экономики и социальной сферы на всех уровнях управления.

Повышение качества жизни населения как важнейшая цель государственной политики нуждается в системной научной поддержке. В ближайшей перспективе в центр научных исследований

предстоит вынести проблемы укрепления национальной и личной безопасности граждан, устойчивости социально-экономического развития страны и регионов, повышения комфортности условий труда и жизни людей.

Развитие цифровых технологий позволяет с высокой степенью надежности моделировать возможные сценарии развития событий в экономике и социальной сфере. При этом решающим фактором остаётся успешная практическая реализация намеченных планов и принятых стратегий.

Макаров Валерий Леонидович
Окрепилов Владимир Валентинович
Бахтизин Альберт Рауфович

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Монография

Компьютерная верстка *А. А. Новиковой*
Дизайн обложки *О. А. Костюшенко*

Подписано в печать 15.01.2026. Формат 60×90/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 24,75. Тираж 300. Заказ 0079.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре
Политехнического университета.
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.
Тел.: (812) 552-77-17; 540-40-14



Валерий Леонидович Макаров

Доктор физико-математических наук, кандидат экономических наук, академик РАН. В 1985–2017 гг. – директор, с 2017 г. – научный руководитель Центрального экономико-математического института РАН, научный руководитель Отделения теоретической экономики и математических исследований и лаборатории экспериментальной экономики ЦЭМИ РАН.

Декан факультета экономической теории Государственного академического университета гуманитарных наук (с 1996 г.), директор Высшей школы государственного администрирования МГУ имени М. В. Ломоносова (с 2006 г.), заведующий кафедрой прикладных проблем экономико-математического моделирования МГУ, главный редактор журнала «Экономика и математические методы», один из организаторов, первый ректор (1992—2004 гг.) и президент (с 2004 г.) Российской экономической школы, член Совета Никитского клуба, профессор ГУ–ВШЭ, входит в редколлегию журнала «Economic Change and Restructuring» (США).

В 2002–2008 гг. – академик-секретарь Отделения общественных наук РАН. Входил в состав Президиума РАН. Ныне член Комиссии РАН по научной этике. Награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом «За заслуги перед Отечеством» IV, III и II степеней, орденом «Знак Почета», орденом Дружбы народов. Лауреат премии Совета Министров СССР. Дважды удостоен премии РАН имени Л. В. Канторовича.



Владимир Валентинович Окрепилов

Доктор экономических наук, профессор, академик РАН. Научный руководитель Института проблем региональной экономики РАН. Президент Метрологической академии России. Член Международной академии качества.

Создатель и руководитель направления экономической науки – экономики качества, основанной на применении инструментов стандартизации, метрологии и управления качеством для обеспечения эффективности устойчивого развития и повышения качества жизни населения. На основе фундаментальных исследований разработана уникальная модель управления качеством на всех уровнях управления, в том числе не имеющая аналогов национальная система управления качеством. Под его руководством разработана и запатентована методика оценки качества жизни, обеспеченная базой данных «БД Качество жизни (База данных для построения модели качества жизни)» с закрепленным правом интеллектуальной собственности.



Альберт Рауфович Бахтизин

Доктор экономических наук, профессор РАН, профессор ВАК РФ, член-корреспондент РАН, директор Центрального экономико-математического института РАН, заведующий кафедрой математических методов анализа экономики экономического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

Обладатель профессиональных сертификатов корпорации Microsoft различного уровня (Microsoft Certified Professional, Microsoft Certified Application Developer, Microsoft Certified Solution Developer).

Совместно с В. Л. Макаровым разработал теорию построения и комплекс агент-ориентированных моделей для суперкомпьютеров, а также осуществил запуск крупномасштабной агент-ориентированной модели социально-экономической системы России на суперкомпьютерах «Ломоносов» (МГУ им. М. В. Ломоносова) и «Тяньхэ-2» (Гуанчжоу, Китай). Результаты этой работы были отмечены в качестве важнейших результатов деятельности РАН.