



РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

Монография



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Владивостокский государственный университет
экономики и сервиса (ВГУЭС)

**РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
И МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ
РЕГИОНАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО
КАПИТАЛА**

Монография

Владивосток
Издательство ВГУЭС
2020

УДК 378.1:331.108.2
ББК 74.481+65.291.6-21
Р17

Рецензенты:

С.М. Лавлинский, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории математических моделей принятия решений Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН;

А.А. Цхай, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры цифровых технологий и бизнес-аналитики Международного института экономики, менеджмента и информационных систем Алтайского государственного университета, заслуженный работник высшей школы РФ

**Разработка экономико-математических методов
Р17 и моделей развития регионального человеческого
капитала : монография / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк, Е.Д. Емцева, Е.В. Красова, А.А. Красько. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2020. – 152 с.**

ISBN 978-5-9736-0623-7

Данная работа посвящена проблеме выбора оптимальной структуры региональных инвестиций, прямо или косвенно влияющих на развитие человеческого капитала региона. Представлены концептуальная модель развития человеческого капитала региона за счет процесса инвестирования, а также инструментарий, моделирующий цепочку влияний «инвестиции → человеческий капитал региона → социально-экономическое развитие региона» в виде функциональных зависимостей. Предложенные оптимизационные модели позволяют существенно повысить эффективность процесса принятия решений в области развития человеческого капитала региона за счёт оптимального распределения региональных финансовых ресурсов по направлениям инвестирования.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов экономических специальностей, занимающихся исследованиями в области экономико-математического моделирования и стратегического управления развитием человеческого капитала, а также руководителей и специалистов, принимающих решения в системе государственного управления.

УДК 378.1:331.108.2
ББК 74.481+65.291.6-21

ISBN 978-5-9736-0623-7

© ФГБОУ ВО «Владивостокский
государственный университет
экономики и сервиса», оформление,
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
----------------------	----------

Глава 1. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА: ОБОСНОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, АПРОБАЦИЯ..... 12

1.1. Разработка концептуальной модели развития регионального человеческого капитала	12
1.2. Рейтинг субъектов Российской Федерации по величине человеческого капитала в регионе и их кластеризация по показателям регионального человеческого капитала.....	24
1.3. Анализ развития регионального человеческого капитала за счет процесса инвестирования	33
1.4. Оценка влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие.....	39
1.5. Оценка влияния социально-экономического развития российских регионов на их демографическую динамику	49

Глава 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ БЮДЖЕТНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ 54

2.1. Многопериодная оптимизационная модель распределения региональных бюджетных инвестиций для повышения величины регионального человеческого капитала.....	54
2.2. Динамическая модель формирования оптимальной структуры региональных бюджетных инвестиций, способствующей через опережающее развитие	

человеческого капитала достижению стратегических ориентиров социально-экономического развития региона.....	64
2.3. Нечеткая многопериодная оптимизационная модель распределения региональных бюджетных инвестиций для повышения величины регионального человеческого капитала.....	81

Глава 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА РЕГИОНАЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА 90

3.1. Метод формирования оптимального портфеля государственных стратегических проектов на региональном уровне для максимально возможного продвижения по развитию человеческого капитала ..	90
3.2. Метод формирования оптимального портфеля региональных проектов для достижения стратегических ориентиров развития региона.....	102
3.3. Нечеткий метод формирования оптимального портфеля стратегических проектов для достижения целевых ориентиров развития региона.....	123

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 133

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 139

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современной экономики России модели стратегического управления регионом направлены на достижение поставленных в рамках стратегии социально-экономического развития целей и задач за счет рационального использования имеющихся ресурсов. Человеческий капитал является одним из наиболее важных и в то же время достаточно специфичным ресурсом социально-экономического развития, что существенно осложняет оценку эффектов, возникающих при изменении его величины (равно как и измерение самой величины человеческого капитала). При этом особенно важна и специфична роль человеческого капитала в такой открытой сложноструктурированной социально-экономической системе, как регион, достижение стратегических целей и задач развития которого напрямую зависит от его экономически активного населения.

Для современной науки человеческий капитал – многоаспектная экономическая категория, выступающая объектом рассмотрения с позиций множества методологических подходов. Теория человеческого капитала как самостоятельная исследовательская программа прошла путь от рациональной концепции методологического индивидуализма до сложнейшей по своему содержанию теоретической конструкции, всесторонне изучающей механизм влияния человеческого капитала на развитие социально-экономических систем любого уровня. Авторы монографии понимают региональный человеческий капитал как сформированный запас врожденных и приобретенных способностей населения региона (здоровье, знания, навыки, мотивации, талант), рациональное использование которых в соответствующей сфере общественного воспроизводства способствует росту производительности труда и производства в регионе, а также повышению качества жизни населения.

Основными направлениями современной теории человеческого капитала являются стоимостная оценка человеческого капитала,

рационализация использования человеческого капитала и разработка мероприятий по развитию человеческого капитала в сложных социально-экономических системах разного уровня. Значительный вклад в развитие инструментальных средств оценки величины человеческого капитала и эффективности инвестирования в него на различных уровнях внесли такие западные и отечественные ученые, как Т. Витстейн, А.И. Добрынин, Л.И. Дублин, С.А. Дятлов, Р.И. Капелюшников, Дж. Кендрик, А.В. Корицкий, М.М. Критский, О.В. Лосева, А.Дж. Лотка, Я. Минцер, А. Сен, Н.А. Скопинцева, Л. Туроу, М. Фридмен, К.Н. Чигорьев и другие. Вопросами качества жизни населения занимались такие ученые, как Д. Белл, Б.В. Бойцов, М. Бунге, Дж. Гэлбрейт, Ю.В. Крянев, М.А. Кузнецов, Д.С. Львов, М. Ньюэл, А.И. Субетто и другие.

По своему содержанию в научной литературе можно выделить несколько укрупненных групп исследований по проблемам развития человеческого капитала.

К первой группе можно отнести исследования, посвященные методам и моделям количественного оценивания человеческого капитала. Наиболее популярным инструментом для оценки величины человеческого капитала социально-экономической системы является метод, в основе которого лежит оценка индекса развития человеческого потенциала [1]. Инновационный капитал региона оценивается по индикаторам, систематизированным по следующим группам: инновационное ядро региона; институционально-инновационная инфраструктура региона; инновационный капитал в научно-исследовательской сфере [2]. Человеческий капитал региона оценивается по 63 показателям, которые систематизированы по семи укрупненным группам: экономическая деятельность, демографические процессы, физическое здоровье, культура, социальное здоровье, образование, отношение населения к окружающей природной среде [3]. Индекс регионального человеческого капитала оценивается по четырем индикаторам: капитал образования, трудовой капитал, капитал здоровья и социальный капитал [4]. Величина человеческого капитала [5] рассчитывается по регионам Российской Федерации как среднее таких компонент, как демография, образование, труд, наука и социальная культура. Предложен индикатор оценки человеческого капитала индустриального региона, включающий в себя шесть

базовых компонент: здоровье, компетентности, культура, творчество, мотивации и благонадежность [6].

Ко второй группе относятся исследования, посвященные оценке влияния различных направлений инвестирования на развитие человеческого капитала. Проведен анализ влияния изменения качества системы образования в стране на изменение индекса развития человеческого капитала [7]. Проведено исследование взаимосвязи факторов, оказывающих негативное влияние на состояние здоровья населения региона, и человеческого капитала [8]. Проведен анализ влияния частных прямых инвестиций в человеческий капитал региона на изменение производительности труда [9]. Рассмотрено влияние инвестиций, направленных на обеспечение необходимого уровня рождаемости, создание системы подготовки высококвалифицированных специалистов и системы социального обеспечения, на развитие регионального человеческого капитала [10].

К третьей группе можно отнести исследования, посвященные оценке взаимосвязи между человеческим капиталом и развитием стран и регионов. Обоснована важность развития человеческого капитала для экономического роста страны [11]. Приведено обоснование необходимости увеличения удельного веса в российском государственном бюджете расходов на повышение производительности труда для ускорения экономического роста страны [12]. Проведено исследование, в котором показано, что в период 1960–2011 гг. инвестиции в человеческий капитал и динамика производственной специализации являлись решающими факторами экономического роста для развитых стран [13]. Приведено обоснование того, что развитие человеческого капитала является одним из решающих факторов долгосрочного экономического роста, который, в свою очередь, влияет на сокращение бедности [14]. Представлена четкая обратная связь между интенсивностью эксплуатации природных ресурсов и уровнем развития человеческого капитала [15]. Отражено положительное влияние инвестиций, направленных на развитие человеческого капитала оборонного сектора США, на экономический рост страны в целом [16].

Вместе с тем существующий методологический аппарат теории не лишен определенных слабых мест и недостатков, что в итоге снижает эффективность мероприятий по развитию человеческого капитала и сужает возможности роста качества жизни и экономики.

К таким недостаткам можно отнести:

1) используемые методы носят разрозненный характер. Нет взаимосвязанности методов и моделей, направленных на оценку величины человеческого капитала, оценку эффективности инвестиций в человеческий капитал, оценку влияния человеческого капитала на выполнение определенных показателей эффективности деятельности социально-экономической системы;

2) большинство методов и моделей направлено на моделирование развития человеческого капитала на макро- и микроуровнях, и перенести их на мезоуровень по многим позициям без существенной модификации или разработки новых методов и подходов невозможно;

3) проведенные исследования функционально не описывают, во-первых, взаимосвязи между повышением качества жизни населения как основного направления инвестирования в человеческий капитал и изменением величины человеческого капитала, во-вторых, влияние регионального человеческого капитала на ряд важных показателей социально-экономического развития региона;

4) используемые методы не учитывают наличие экономических неопределенностей при принятии стратегических решений (формировании плана стратегических мероприятий).

Таким образом, сегодня можно говорить о дефиците инструментов, которые позволили бы, с одной стороны, оценивать эффективность тех или иных проектов, направленных на развитие человеческого капитала, а с другой – формировать рекомендации по структуре государственных инвестиций. Дальнейшее развитие инструментальной составляющей методологии развития человеческого капитала за счет разработки новых экономико-математических методов и моделей не только внесет вклад в устранение данных пробелов, но и позволит также существенно продвинуться в развитии аппарата теории человеческого капитала.

В работе предприняты обоснование и разработка взаимосвязанных экономико-математических методов и моделей оптимального распределения инвестиций в мероприятия, направленные на прямое или косвенное развитие человеческого капитала региона. Объектом исследования является процесс разви-

тия регионального человеческого капитала на примере российских регионов. Предметом исследования являются экономико-математические методы и модели, описывающие процесс развития регионального человеческого капитала.

Предлагаемый подход заключается в количественной оценке и максимизации степени достижения целевых значений основных индикаторов социально-экономического развития региона за счет формирования оптимального портфеля стратегических мероприятий в области развития человеческого капитала региона. Исследование опирается на полученные результаты при использовании авторских методов и моделей распределения инвестиций в прямое или косвенное (через призму повышения качества жизни населения) развитие человеческого капитала региона. При этом региональный человеческий капитал описывается определенным набором показателей, которые оцениваются количественно, а каждый вид инвестиционных вложений в его развитие в той или иной мере приводит к росту регионального человеческого капитала за счет изменения его показателей. К предлагаемым авторами методам относятся:

1) метод количественного оценивания регионального человеческого капитала, учитывающий всю его многогранность (интеллектуальную, экономическую, научную и др. составляющие);

2) метод количественного оценивания влияния инвестиций в прямое или косвенное развитие человеческого капитала региона на социально-экономическое развитие региона через призму развития регионального человеческого капитала;

3) метод формирования оптимальной структуры распределения инвестиций в развитие человеческого капитала региона с целью максимизации имеющегося регионального человеческого капитала с учетом экономических неопределенностей и неполноты информации при принятии стратегических решений;

4) метод формирования оптимальной структуры распределения инвестиций в развитие человеческого капитала региона с целью максимально возможного продвижения в достижении стратегических целей и задач региона с учетом экономических неопределенностей и неполноты информации при принятии стратегических решений;

5) метод формирования оптимального набора стратегических мероприятий в области развития человеческого капитала региона.

Следует отметить, что под инвестициями в человеческий капитал авторами понимаются вложения не только в образование и здравоохранение – традиционные отрасли формирования человека как носителя фактора производства. Человеческий потенциал объективно сохраняется и развивается посредством таких важных сфер, как жилищно-коммунальное хозяйство, охрана окружающей среды, культура и спорт, городская и сельская инфраструктура, социальная поддержка. Хроническое отставание показателей развития человеческого капитала от их целевых ориентиров в российских регионах свидетельствует о низкой результативности осуществляемых мероприятий как с точки зрения экономического роста, так и с позиций качества жизни населения.

Результаты настоящего исследования докладывались и обсуждались на следующих научных мероприятиях: 25th Eurasia Business and Economics Society (EBES) Conference, May 23–25, 2018, Berlin, Germany; International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies (FarEastCon, 2018), October 2–4, 2018, Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok (Asian-Pacific region), Russia; IV международный магистерский научный Форум «Стимулирование международного сотрудничества в рамках инициативы «Один пояс, один путь»: содействие развитию торгово-экономического сотрудничества Китая и России», сентябрь 18–22, 2018, Харбин, КНР; Международная научно-практическая конференция Института стратегических исследований Республики Башкортостан «Стратегическое развитие субъектов Российской Федерации: федерализация, национальное самосознание, скрытые конкурентные преимущества», декабрь 7, 2018, Уфа, Россия; 29th Eurasia Business and Economics Society (EBES) Conference, October 10–12, 2019, Lisbon, Portugal; Международная научная конференция «New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development-2019» (NSR: BCPED – 2019), MIAS School of Business, Чехия, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 7–8 ноября, 2019, Санкт-Петербург – Прага; Всероссийская науч-

но-практическая конференция Института стратегических исследований Республики Башкортостан «Актуальные проблемы и приоритеты социально-экономического развития региона в условиях цифровой трансформации», декабрь 4–6, 2019, Уфа, Россия; Международная научная конференция «International Scientific Conference on Innovations in Digital Economy: SPBPU IDE-2020», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Россия, 22–23 октября, 2020, Санкт-Петербург; Международная научная конференция «AmurCon 2020», Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Хабаровский государственный университет экономики и права, Россия, 15 декабря, 2020, Биробиджан.

Научное исследование проведено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-010-01010.

Глава 1. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА: ОБОСНОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА, АПРОБАЦИЯ

1.1. Разработка концептуальной модели развития регионального человеческого капитала

За последнее десятилетие проведено большое количество исследований, посвященных проблемам развития регионального человеческого капитала. В большинстве своем в них затрагиваются вопросы оценки интеллектуального капитала региона и повышения качества трудовых ресурсов за счет развития и модификации системы образования на различных ее уровнях и системы здравоохранения. При этом стоит отметить, что по сей день вопрос, касающийся понятийной составляющей развития регионального человеческого капитала, остается открытым, то есть в настоящее время не существует единой и общепринятой трактовки понятия «региональный человеческий капитал». В свою очередь, инструментальная составляющая вопроса также проработана не в полной мере, так как существующие инструменты развития человеческого капитала на мезоуровне носят бессистемный характер, а инструменты, использующиеся на микро- и макроуровне, перенести на уровень регионов практически невозможно (это связано с тем, что, например, аналогов статистических данных, использующихся для количественного оценивания человеческого капитала страны, на уровне регионов не существует). Таким образом, первым шагом в формировании системы взаимосвязанных методов и моделей развития регионального человеческого

го капитала является разработка концептуальной модели, которая позволила бы ответить на три вопроса:

1. Как оценивать величину регионального человеческого капитала (в том числе, какие показатели должны учитываться при расчете интегрального показателя)?

2. Как государственные и частные инвестиции влияют на развитие регионального человеческого капитала?

3. Как региональный человеческий капитал влияет на социально-экономическое развитие региона?

Анализ работ по первому вопросу показал, что в большинстве исследований для оценки человеческого капитала региона используются разнонаправленные статистические данные.

Так, например, наиболее распространенным инструментом для оценки величины человеческого капитала страны или региона является метод ООН, базирующийся на оценке индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП), включающий в себя пять компонент: индекс человеческого капитала; индекс человеческого развития; индекс гендерного развития; индекс гендерного неравенства; индекс многомерной бедности [17]. Стоит отметить исследования О.В. Лосевой, например, инновационный капитал региона [2] оценивается по трем укрупненным группам индикаторов: оценка инновационного ядра региона; оценка институционально-инновационной инфраструктуры региона; инновационный капитал в научно-исследовательской сфере. Отобрано 63 показателя оценки человеческого капитала в регионе, систематизированные по семи укрупненным группам: экономическая деятельность; демографические процессы; физическое здоровье; культура; социальное здоровье; образование; отношение населения к окружающей природной среде [3]. Индекс человеческого капитала региона оценивается по четырем укрупненным индикаторам: капитал образования; трудовой капитал; капитал здоровья; социальный капитал [4]. Рассчитывается оценка человеческого капитала по субъектам России, включающая такие компоненты, как демография, образование, труд, наука и социальная культура [5]. Разработан индикатор оценки человеческого капитала индустриального региона, интегрирующий шесть базовых компонент: здоровье, компетентности, культура, творчество, мотивации и благонадежность [6].

При этом основными отличительными чертами инструментов, описанных выше, являются перечень показателей, по которому осуществляется расчет интегральной оценки регионального человеческого капитала, и модели расчета величины человеческого капитала в регионе. Отметим, что в большинстве работ в качестве основных компонент человеческого капитала выделяются профессионализм, образование, здоровье, наука, инновации, культура (для их расчета используются статистические данные). По-нашему мнению, на втором уровне декомпозиции (компонент регионального человеческого капитала на показатели) происходит определенный сбой, который не позволяет всесторонне оценить региональный человеческий капитал. Так, например, в научной компоненте не в полной мере учитывается деятельность сотрудников научных и образовательных организаций, а именно научные публикации; в профессиональной – эффективность инвестиций в основной капитал и производительность среднего и малого бизнеса; в образовании – доля профессорско-преподавательского персонала, имеющего степень кандидата и доктора наук, в общей численности постоянного населения и др.

Стоит также упомянуть ряд общепринятых инструментов, которые используются для оценки человеческого капитала страны. Например, метод ВЭФ, в рамках которого рассчитывается индекс человеческого капитала, включающий в себя четыре компонента: *capacity, development, deployment и know-how* [18]. Метод, разработанный Всемирным банком, в рамках которого рассчитывается индекс экономики знаний, включающий в себя четыре укрупненные группы показателей: экономического и институционального режима; образования; инноваций; информационных и коммуникационных технологий [19]. Метод Европейской комиссии, где рассчитывается индекс региональной конкурентоспособности, складывающийся из компонент: базовые измерители (институты, макроэкономическая стабильность, инфраструктура, здоровье, базовое образование); измерители эффективности (высшее образование и самообучение, эффективность рынка труда, размер рынка); инновационные измерители (технологическая готовность, сложность бизнеса, инновации) [20].

Отличительные особенности вышеописанных инструментов аналогичны предыдущим. При этом модифицировать их для мезоуровня достаточно сложно. Это связано с тем, что ряд стати-

стических данных, использующихся для исчисления величины человеческого капитала страны, не имеет аналогов на уровне регионов.

Анализ работ по второму вопросу показал, что одним из способов развития регионального человеческого капитала является инвестирование государственных и частных финансовых ресурсов в региональную социально-экономическую среду. В частности, анализируется взаимовлияние повышения качества системы образования в стране и развития человеческого капитала, исследуется влияние факторов, способствующих ухудшению здоровья населения региона [7] (например, массовые заболевания), на накопление человеческого капитала, а также описывается влияние частных прямых инвестиций в человеческий капитал региона на производительность труда индивидов [8]. В ряде случаев рассматривается влияние целенаправленных инвестиций для обеспечения необходимого уровня рождаемости, создания системы подготовки специалистов требуемого уровня, системы социального обеспечения на региональный человеческий капитал [9].

Анализ показал, что несмотря на значительное количество исследований, посвященных проблеме развития человеческого капитала за счет инвестиций в него, в настоящее время не существует общепринятого перечня направлений инвестирования в человеческий капитал на региональном уровне. Более того, в большинстве работ рассматривается влияние совокупных инвестиций в человеческий капитал региона на его развитие, то есть различные направления инвестирования одинаково влияют на развитие регионального человеческого капитала. Также, по мнению авторов, недостаточно внимания уделяется влиянию качества жизни населения в регионе на изменение человеческого капитала (хотя именно качество жизни формирует благоприятную среду жизни населения и, тем самым, приводит, например, к миграционному притоку высококвалифицированных специалистов на территорию региона).

Проведенный анализ работ по третьему вопросу показал, что накопление регионального человеческого капитала напрямую влияет на социально-экономическое развитие региона (например, оценивается влияние показателей [7], описывающих региональный человеческий капитал, на показатель ВРП на душу населения). Кроме того, построена регрессионная модель зависимости

индекса развития человеческого потенциала от ряда показателей социально-экономического развития региона (например, количество докторов на 100 тыс. человек населения, индекс потребительских цен, общее количество преступлений и т.д.) [22] и модели зависимостей ВРП от индекса развития человеческого потенциала для всех субъектов России [23] .

Стоит отметить, что в большинстве работ рассматривается взаимосвязь регионального человеческого капитала и социально-экономического развития региона. При этом в подавляющем большинстве исследований региональный человеческий капитал рассчитывается как индекс развития человеческого потенциала. В связи с этим, сложно оценить какие компоненты человеческого капитала необходимо развивать, чтобы максимально эффективно развивать экономическую и социальную среду региона.

Таким образом, можно говорить о существующем дефиците инструментов, которые можно использовать в качестве базиса для концептуальной модели развития регионального человеческого капитала, и позволяющих:

- оценивать величину регионального человеческого капитала с учетом его многогранности, выраженной в наборе показателей;
- функционально описывать влияние: государственные и частные инвестиции → развитие регионального человеческого капитал → социально-экономическое развитие региона.

Чтобы оценить влияние государственных и частных инвестиций в регионе на его человеческий капитал необходимо иметь понимание процесса развития регионального человеческого капитала и инструментарий, который позволяет количественно оценить данное развитие. В связи с этим существует потребность в разработке концептуальной модели, позволяющей оценивать развитие регионального человеческого капитала за счет инвестирования в него государственных и частных финансовых средств.

Как отмечалось выше, общепринятого определения регионального человеческого капитала не существует. В связи с этим авторами предлагается использовать следующее определение: региональный человеческий капитал – это сформированный запас врожденных и приобретенных способностей населения региона (здоровье, знания, навыки, мотивации, талант), рациональное использование которых в соответствующей сфере общественного

воспроизводства будет способствовать в конечном итоге росту производительности труда и производства в регионе.

Региональный человеческий капитал как целостная система складывается из определенных компонент. Авторами выделены и обоснованы шесть базовых групп компонент, а именно: уровни профессионализма, образования, научного и инновационного развития, здравоохранения и культуры, что отражено в соответствующих работах [24; 25]. Предлагается следующая система оценки регионального человеческого капитала:

- 1) уровень профессионализма:
 - ВРП / среднесписочная численность работников организации (z_1);
 - ВРП / (число малых предприятий + число средних предприятий) (z_2);
 - ВРП / инвестиции в основной капитал (z_3);
 - среднегодовая численность занятых в экономике / численность безработных (z_4);
 - основные фонды $\times$ коэффициент обновления основных фондов / инвестиции в основной капитал (z_5);
- 2) уровень образования:
 - численность постоянного населения / общая численность детей, оставшихся без попечения родителей (z_6);
 - численность учащихся, получивших аттестат о среднем (полном) общем образовании / численность постоянного населения (z_7);
 - выпуск специалистов государственными и муниципальными образовательными организациями высшего образования / численность постоянного населения (z_8);
 - (выпуск из аспирантуры + $2 \times$ выпуск из докторантуры) / численность постоянного населения (z_9);
- 3) уровень научного развития:
 - численность профессорско-преподавательского состава, имеющего ученную степень кандидата или доктора наук / численность профессорско-преподавательского состава (z_{10});
 - ($2 \times$ число статей в журналах, входящих в Web of Science и Scopus + число публикаций в РИНЦ) / численность профессорско-преподавательского состава (z_{11});
 - число цитирований в РИНЦ / численность профессорско-преподавательского состава (z_{12});

– средневзвешенный импакт-фактор журналов, в которых были опубликованы статьи (z_{13});

– численность персонала с научными разработками / средняя годовая численность занятых в экономике (z_{14});

4) уровень инновационного развития:

– число патентов / численность профессорско-преподавательского состава (z_{15});

– объем научно-технических работ и услуг / ВРП (z_{16});

– объем инновационных товаров, работ и услуг организаций / ВРП (z_{17});

– объем инновационных товаров, работ и услуг организаций / затраты на технологические инновации (z_{18});

5) уровень здравоохранения:

– численность постоянного населения / заболеваемость населения психическими расстройствами и расстройствами поведения (z_{19});

– численность постоянного населения / заболеваемость населения алкоголизмом и алкогольными психозами (z_{20});

– ожидаемая продолжительность жизни (z_{21});

– численность постоянного населения / смертность населения по внешним причинам (z_{22});

– численность зарегистрированных браков / число зарегистрированных разводов (z_{23});

б) уровень культуры:

– (численность зрителей профессиональных театров + численность посетителей музеев) / численность постоянного населения (z_{24});

– численность постоянного населения / зарегистрировано преступлений (z_{25});

– численность постоянного населения / выброшено в атмосферу загрязняющих веществ (от стационарных источников) (z_{26}).

Далее для возможности интегрального использования разнородных показателей проведем их нормировку по следующей формуле:

$$K_{in}(t) = \frac{z_{in}(t) - \min_n(z_{in}(t))}{\max_n(z_{in}(t)) - \min_n(z_{in}(t))}, \quad (1.1)$$

где $z_{in}(t)$ – значение i -го показателя n -го региона в момент времени t , $i = 1, \dots, 26$, $n = 1, \dots, N$ (N – количество исследуемых регионов). Отметим, что если минимальное и максимальное значения совпадают, то для всех регионов значение данного показателя будет равно 1.

Значения $z_{in}(t)$ рассчитываются по статистическим данным из официальных ресурсов федеральных и региональных органов власти.

Таким образом, $K_{in}(t) \in [0; 1]$. Для расчета интегрального показателя значения величины регионального человеческого капитала предлагается использовать следующую формулу взвешенного среднего:

$$R_n(t) = \sum_{i=1}^{26} K_{in}(t) \cdot \alpha_i(t), \quad (1.2)$$

где $\alpha_i(t)$ – коэффициент важности i -го показателя в момент времени t .

Учитывая формулы (1.1) и (1.2), величина регионального человеческого капитала принимает значения от 0 до 1. Введем градацию регионов по уровню человеческого капитала: если $R_n(t) \in (0; 0,2)$ – это регион с крайне низким уровнем человеческого капитала, $R_n(t) \in [0,2; 0,4)$ – с низким, $R_n(t) \in [0,4; 0,6)$ – со средним, $R_n(t) \in [0,6; 0,8)$ – с высоким, $R_n(t) \in [0,8; 1]$ – с очень высоким.

Грамотное управление регионом означает наличие стратегии и программ его социально-экономического развития. Программы и стратегия развития региона носят комплексный характер, направленный, в первую очередь, на удовлетворение запросов базовых стейкхолдеров. При этом население является одним из важнейших стейкхолдеров в регионе. Одним из приоритетных направлений развития региона является накопление и сохранение человеческого капитала. Одна из идей, заложенная в программы и стратегию развития региона, заключается в том, что инвестиции в развитие человеческого капитала должны приводить к развитию социальной и экономической сред региона.

Далее рассмотрим задачу с заданным горизонтом планирования T . В каждый момент времени t , где $t = 0, 1, \dots, T-1$ осуществ-

ляется инвестирование финансовых ресурсов в развитие регионального человеческого капитала.

Под инвестициями в человеческий капитал на региональном уровне понимаются государственные и частные инвестиции, влияющие, как на повышение качества жизни населения региона (косвенное влияние), так и на развитие самого человеческого капитала (прямое влияние). В качестве инвестиций в человеческий капитал региона авторами рассматриваются все инвестиции, напрямую и косвенно влияющие на развитие человеческого капитала. Единицы измерения показателей – тыс. руб./тыс. чел. Перечень направлений инвестирования сформирован на основе действующей классификации расходов бюджета России [26]:

- общегосударственные вопросы (x_1);
- национальная оборона (x_2);
- национальная безопасность и правоохранительная деятельность (x_3);
- национальная экономика (x_4);
- жилищно-коммунальное хозяйство (x_5);
- охрана окружающей среды (x_6);
- образование (x_7);
- культура, кинематография (x_8);
- здравоохранение (x_9);
- социальная политика (x_{10});
- физическая культура и спорт (x_{11});
- средства массовой информации (x_{12}).

Стоит добавить, что существенное влияние на развитие человеческого капитала региона оказывают частные инвестиции по трем направлениям: образование (x_{13}), здравоохранение (x_{14}) и физическая культура и спорт (x_{15}). Однако не существует государственных регуляторов, позволяющих осуществлять контроль и управление потоками частных инвестиций в развитие человеческого капитала.

Каждое направление инвестирования в человеческий капитал региона в той или иной мере приводит к его росту за счет изменения описывающих данный капитал показателей. Отметим, что определенные направления инвестирования влияют на региональный человеческий капитал напрямую, а некоторые способствуют повышению качества жизни населения региона. При этом повышение качества жизни в той или иной степени также приво-

дит к развитию регионального человеческого капитала. В рамках данной работы выделены следующие показатели качества жизни населения региона:

- 1) уровень жизни:
 - объем ВРП на душу населения (y_1);
 - реально располагаемые денежные доходы на душу населения (y_2);
 - расходы на душу населения (y_3);
 - общая сумма социальных выплат (y_4);
 - доля населения с доходами ниже прожиточного минимума (y_5);
 - сумма инвестиций на одного жителя (y_6);
- 2) социальная инфраструктура:
 - протяженность автомобильных дорог (y_7);
 - обеспеченность легковыми автомобилями на душу населения (y_8);
 - количество мобильных телефонов на душу населения (y_9);
 - количество пользователей интернета на душу населения (y_{10});
- 3) состояние здоровья:
 - средняя продолжительность жизни (y_{11});
 - коэффициент младенческой смертности (y_{12});
 - доля людей с инвалидностью в общей численности населения (y_{13});
 - отношение заболеваемости населения психическими расстройствами и расстройствами поведения к общей численности населения (y_{14});
 - отношение заболеваемости населения алкоголизмом и алкогольными психозами, наркоманией и токсикоманией к общей численности населения (y_{15});
- 4) безопасность:
 - количество зарегистрированных преступлений на душу населения (y_{16});
 - количество ДТП на душу населения (y_{17});
- 5) образование:
 - количество мест в детских садах на душу населения (y_{18});
 - количество мест в школах на душу населения (y_{19});
 - количество бюджетных мест в вузах по программе бакалавриата на душу населения (y_{20});

- 6) экономика:
- отношение количества безработных к среднегодовой численности занятых в экономике (y_{21});
 - количество работников с вредными и опасными условиями труда на душу населения (y_{22});
 - средний размер назначенных месячных пенсионных выплат (y_{23});
 - обороты общественного питания на душу населения (y_{24});
- 7) здравоохранение:
- количество больничных коек круглосуточных стационаров на душу населения (y_{25});
 - количество врачей всех специальностей в организациях, оказывающих медицинские услуги населению, на душу населения (y_{26});
- 8) жилье:
- площадь жилья, приходящегося на одного человека (y_{27});
 - средняя стоимость жилья (y_{28});
 - доля собственного жилья (y_{29});
 - удельный вес площади жилищного фонда, оборудованного ванными (душем), канализацией, водопроводом, центральным отоплением (y_{30});
- 9) культура и физическая культура:
- количество театров, библиотек и кинотеатров на душу населения (y_{31});
 - площадь парков, скверов и пляжей на душу населения (y_{32});
 - площадь спортивных площадок на душу населения (y_{33});
- 10) демография:
- отношение численности молодежи к общей численности населения (y_{34});
 - отношение сальдо миграции к общей численности населения (y_{35});
- 11) экология и природно-климатические условия:
- среднегодовая температура (y_{36});
 - среднегодовой уровень осадков (y_{37});
 - отношение выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ к общей численности населения (y_{38});
 - уровень загрязнения воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы (y_{39}).

В свою очередь, развитие человеческого капитала региона качественно влияет на изменение текущей ситуации в регионе (например, рост человеческого капитала приводит к развитию профессиональной компоненты, а, следовательно, к росту производительности труда по различным направлениям деятельности). Таким образом, в нашем исследовании сформирована гипотеза, что развитие регионального человеческого капитала влияет на социально-экономическое развитие региона. В частности, рассматривается его влияние на изменение следующих основных показателей развития региона:

- численность постоянного населения (w_1);
- среднегодовая численность занятых в экономике (w_2);
- среднедушевые денежные доходы (в месяц) (w_3);
- потребительские расходы в среднем на душу населения (в месяц) (w_4);
- среднемесячная заработная плата работников организации (w_5);
- валовой региональный продукт (w_6);
- основные фонды в экономике (на конец года) (w_7);
- инвестиции в основной капитал (w_8);
- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» (w_9);
- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» (w_{10});
- объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (w_{11});
- продукция сельского хозяйства (всего) (w_{12});
- ввод в действие жилых домов (w_{13});
- оборот розничной торговли (w_{14});
- сальдированный финансовый результат деятельности организации (w_{15}).

Развитие региона приводит к формированию благоприятной среды проживания населения, а, следовательно, и к изменению следующих демографических параметров региона:

- среднегодовая численность населения (v_1);
- коэффициент демографической нагрузки (v_2);

- коэффициент младенческой смертности (v_3);
- коэффициент естественного прироста населения (v_4);
- ожидаемая продолжительность жизни при рождении (v_5);
- соотношение браков и разводов (v_6);
- коэффициент миграционного прироста (v_7).

Социально-экономическое развитие прямо и косвенно (на пример, через демографические параметры региона) влияет на рост объемов государственного финансирования и повышение качества жизни в регионе. В результате появляется взаимосвязь регионального человеческого капитала и объема государственного финансирования в человеческий капитал. Графическое представление динамического описания влияния приведено на рис. 1.1.

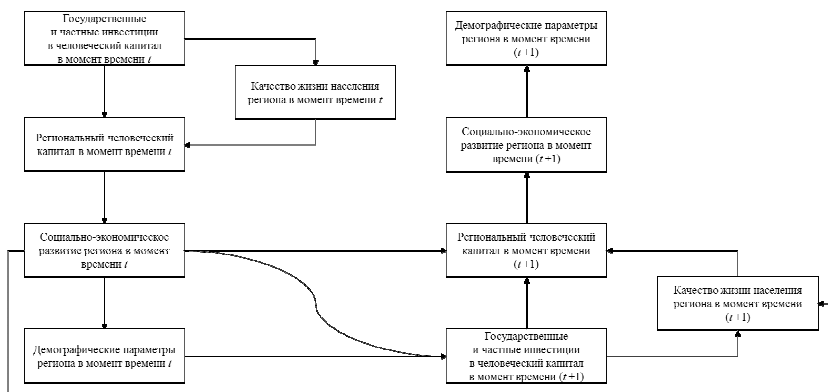


Рис. 1.1. Концептуальная модель развития регионального человеческого капитала

Отметим, что для выделения каналов влияния и их количественного описания необходимо построить эконометрические модели взаимосвязей.

1.2. Рейтинг субъектов Российской Федерации по величине человеческого капитала в регионе и их кластеризация по показателям регионального человеческого капитала

Базовой составляющей концептуальной модели развития регионального человеческого капитала является модель его оценки

вания. Использовать данную модель можно для построения рейтингов регионов по их человеческому капиталу. В качестве примера использования предложенной модели рассмотрим построение рейтинга для регионов Российской Федерации. В рамках текущего раздела были обработаны статистические данные по перечню «показатели человеческого капитала» за 2011–2017 гг. для 81 субъекта Российской Федерации (более 15 000 данных). Используя формулу (1.2) для каждого региона рассчитаны интегральные показатели. Отметим, что в данном примере используются следующие весовые коэффициенты для компонент регионального человеческого капитала, полученные экспертным путем:

- уровень профессионализма – 0,2;
- уровень образования – 0,3;
- уровень научного развития – 0,15;
- уровень инновационного развития – 0,2;
- уровень здравоохранения – 0,1;
- уровень культуры – 0,05.

При этом веса показателей в рамках каждой компоненты равны. Фрагмент полученных результатов представлен в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Фрагмент рейтинга регионов 2011–2017 гг.

Наименование региона	2011		2017	
	Человеческий капитал	Номер в рейтинге	Человеческий капитал	Номер в рейтинге
Алтайский край	0,21	59	0,22	59
Амурская область	0,17	68	0,17	70
Архангельская область	0,19	64	0,21	49
Астраханская область	0,23	49	0,18	62
Белгородская область	0,37	05	0,35	06
Брянская область	0,26	35	0,26	31
Владимирская область	0,26	32	0,25	35
Волгоградская область	0,30	16	0,26	25
Вологодская область	0,17	69	0,21	52

Наименование региона	2011		2017	
	Челове- ческий капитал	Номер в рей- тинге	Челове- ческий капитал	Номер в рейтин- ге
Воронежская область	0,32	11	0,28	24
Забайкальский край	0,19	66	0,15	73
Ивановская область	0,28	24	0,25	40
Иркутская область	0,25	37	0,22	54
Кабардино-Балкарская Республика	0,27	28	0,26	12
Калининградская область	0,22	52	0,18	55

Следует отметить, что тройкой лидеров среди регионов в 2011–2017 гг. являлись Московская и Томская области, Республика Татарстан, а в 2017 г. – Московская область, Республика Дагестан и Новосибирская область. Среди регионов лидеров в 2017 г. относительно 2011 г. только Московская область упрочила свои позиции. На изменение ситуации в Республике Дагестан (с 19 места на 2) повлияло изменение вектора развития региона (например, принятие в 2015 г. новой программы развития образования и т.д.). В свою очередь Новосибирская область вышла на лидирующие позиции (с 8 на 3) благодаря накоплению результатов в образовательной, инновационной и научной средах. При этом ни у одного из регионов значение интегрального показателя не превышает 0,5, это может говорить о том, что данные регионы либо входят в лидеры не более чем по половине показателей регионального человеческого капитала, либо не имеют явных провалов по каким-либо из них.

Анализируя данные по компонентам, можно отметить, что:

– по уровню профессионализма лидерами в 2011 г. являлись Тюменская (значение показателя 0,68), Сахалинская (0,6) и Московская области (0,5), а в 2017 г. – Тюменская (0,61), Московская (0,53) и Сахалинская области (0,52);

– по уровню образования лидерами в 2011 г. являлись Томская область (0,6), Республика Татарстан (0,46) и Курская область (0,43), а в 2017 г. – Республика Адыгея (0,47), Томская (0,41) и Смоленская области (0,39);

– по уровню научного развития лидерами в 2011 г. являлись Московская область (0,76), Томская область (0,58) и Новосибирская область (0,57), а в 2017 г. – Новосибирская (0,73), Нижегородская (0,67) и Томская области (0,61);

– по уровню инновационного развития лидерами в 2011 г. являлись Ульяновская (0,69), Московская (0,57) и Нижегородская области (0,51), а в 2017 г. – Нижегородская (0,59), Московская (0,48) и Ульяновская области (0,47);

– по уровню здравоохранения лидерами в 2011 г. являлись Республика Дагестан (0,87), Республика Северная Осетия – Алания (0,65) и Карачаево-Черкесская Республика (0,65), а в 2017 г. – Республика Дагестан (0,87), Республика Северная Осетия (0,65) и Кабардино-Балкарская Республика (0,59);

– по уровню культуры лидерами в 2011 г. являлись Республика Дагестан (0,53), Кабардино-Балкарская Республика (0,47) и Ярославская область (0,40), а в 2017 г. – Республика Дагестан (0,68), Кабардино-Балкарская Республика (0,54) и Республика Северная Осетия – Алания (0,41).

Отметим, что разбиение на укрупненные группы позволяет выявить наиболее проблемные зоны для того или иного региона. Это в дальнейшем позволит решать текущие проблемы и увеличивать величину регионального человеческого капитала на основе формирования оптимального портфеля стратегических мероприятий, направленных на развитие человеческого капитала.

Для упрощения дальнейшей обработки вышеперечисленных данных и принятия решений по развитию регионального человеческого капитала полезно осуществить разбиение представленной выборки на группы (кластеры). В рамках данной работы кластерный анализ рассматриваемых данных проведен в RStudio, представляющей собой свободную среду разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для языка программирования R. На первом шаге на основе анализа дендрограмм иерархической кластеризации, построенных по значениям 26 показателей развития регионального человеческого капитала за 2011–2017 годы для 81 региона, где в качестве меры близости используется евклидово расстояние, принято решение о разбиении выборки по каждому году на 5 кластеров. Далее методом *k*-средних (алгоритм Хартигана-Вонга) сформированы разбиения выборок на 5 кластеров для каждого исследуемого года. Обосно-

ванность кластеризаций проверялась с помощью критерия Дэвиса-Болдуина, значения которого для разных вариантов кластеризации были от 0,74 до 0,86. Состав кластеров для 2017 года приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Состав кластеров для 2017 года

№ кластера	Содержание кластера
1	Калужская область, Московская область, Нижегородская область, Новосибирская область, Свердловская область, Томская область
2	Кабардино-Балкарская республика, Республика Дагестан, Республика Северная Осетия (Алания), Карачаево-Черкесская Республика
3	Белгородская область, Брянская область, Воронежская область, Краснодарский край, Курская область, Липецкая область, Пензенская область, Пермский край, Республика Адыгея, Республика Башкортостан, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Ростовская область, Рязанская область, Самарская область, Саратовская область, Ставропольский край, Тамбовская область, Тульская область, Ульяновская область
4	Камчатский край, Сахалинская область, Магаданская область, Республика Саха, Тюменская область, Республика Коми
5	Алтайский край, Амурская область, Архангельская область, Астраханская область, Владимирская область, Волгоградская область, Забайкальский край, Ивановская область, Иркутская область, Калининградская область, Кемеровская область, Кировская область, Костромская область, Красноярский край, Курганская область, Мурманская область, Новгородская область, Омская область, Оренбургская область, Орловская область, Приморский край, Псковская область, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Калмыкия, Республика Карелия, Республика Тыва, Республика Хакасия, Смоленская область, Тверская область, Удмуртская Республика, Хабаровский край, Челябинская область, Чувашская Республика, Ярославская область

Самый многочисленный пятый кластер – в него вошли 36 субъектов, самый малочисленный – второй (4 субъекта). Как видно из результатов, нет явной географической закономерности в выделении кластеров, в каждом из них (кроме второго) присутствуют регионы из разных федеральных округов. Для оценки и

выделения взаимосвязей в группах регионов по показателям, была использована описательная статистика.

В таблице 1.3 представлено, по каким показателям каждый кластер занимает лидирующие и отстающие позиции.

Таблица 1.3

Показатели, по которым кластер лидирует или отстает

№ кластера	№ показателя, по которому кластер лидирует	№ показателя, по которому кластер отстает
1	Уровень профессионализма (z_3, z_5) Уровень образования (z_8) Уровень научного развития (z_{10}, z_{13}, z_{14}) Уровень инновационного развития (z_{15}, z_{16}) Уровень культуры (z_{24})	Уровень образования (z_7)
2	Уровень образования (z_7) Уровень инновационного развития (z_{18}) Уровень здравоохранения ($z_{19}, z_{20}, z_{21}, z_{22}, z_{23}$) Уровень культуры (z_{25}, z_{26})	Уровень профессионализма (z_1, z_4, z_5) Уровень научного развития (z_{11}) Уровень инновационного развития (z_{16}, z_{17}) Уровень культуры (z_{24})
3	Уровень профессионализма (z_4) Уровень образования (z_6, z_9) Уровень научного развития (z_{11}, z_{12}) Уровень инновационного развития (z_{17})	Уровень профессионализма (z_2)
4	Уровень профессионализма (z_1, z_2)	Уровень профессионализма (z_3) Уровень образования (z_6, z_8, z_9) Уровень научного развития (z_{12}, z_{13}) Уровень инновационного развития (z_{15}, z_{18}) Уровень здравоохранения ($z_{20}, z_{21}, z_{22}, z_{23}$) Уровень культуры (z_{25}, z_{26})
5		Уровень научного развития (z_{10}, z_{14}) Уровень здравоохранения (z_{19})

Анализируя данные табл. 1.3, можно сделать следующие выводы:

1. Кластер № 1 «Научный кластер» включает в себя регионы с развитой научной и инновационной сферами. Так, например:

- в Калужской области располагается наукоград Обнинск, где проводятся исследования в области атомной энергетики, термеханических устройств, космической техники, приборостроения и радиооборудования;

- в Московской области располагаются наукограды оборонного профиля, а именно Жуковский (авиационная техника), Фрязино (СВЧ-электроника), Реутов (ракетное машиностроение), Королев (космическая техника) и т.д.;

- в Новосибирской области располагается наукоград Кольцово, где проводятся исследования в области эпидемиологии, вирусологии, бактериологии, генной инженерии, биотехнологии, экологии и биологической безопасности;

- в Свердловской области располагаются следующие технопарки: «Приборостроение» (Екатеринбург), «Аверон» (Екатеринбург), «ИнтелНедра» (Екатеринбург), «ВМЗ» (Нижний Тагил), «Медтехпарк» (Новоуральск), «Энергия» (Среднеуральск);

- в Томской и Нижегородской областях располагается значительное количество научных организаций и исследовательских подразделений, а также отраслевые НИИ.

Стоит заметить, что данный кластер является отстающим по показателю отношения численности учащихся, получивших аттестат о среднем (полном) общем образовании, к численности постоянного населения. Это связано с тем, что человеческий ресурс регионов, входящих в данный кластер, в большей степени формируется за счет внутренней миграционной подвижности населения, то есть за счет миграции в данные регионы наиболее одаренной и талантливой молодежи из других регионов.

2. Кластер №2 «Экологический кластер» включает регионы с высоким уровнем здравоохранения и культуры, географически располагающиеся в северной части Кавказа. Стоит также отметить, что в данных регионах низкий уровень развития промышленности и загрязнения окружающей среды. Значительная часть территории данных регионов относится к природоохранным зонам (например, Республика Дагестан: Дагестанский государственный заповедник, заказники «Тляратинский», «Самурский»,

«Аграханский» и т.д.; Кабардино-Балкарская Республика: Кабардино-Балкарский высокогорный заповедник, национальный парк «Приэльбрусье» и т.д.; Республика Северная Осетия: Северо-Осетинский заповедник; Карачаево-Черкесская Республика: Кавказский заповедник, Тебердинский государственный заповедник и т.д.). При этом данный кластер является одной из основных точек оттока молодежи в центральные регионы России. Также отметим, что лидерство по показателю отношения объема инновационных товаров, работ и услуг организаций к затратам на технологические инновации связано с крайне низким уровнем затрат по данному направлению.

3. Кластер №3 «Промышленный кластер» включает индустриально-аграрные регионы, которые являются основными «поставщиками» постоянных рабочих мест в стране. В большинстве регионов развито машиностроение, металлургия, энергетика и пищевая промышленность. Так, например, в Белгородской области создан промышленный парк «Северный», в Республике Татарстан функционируют особые экономические зоны «Алабуга» и «Иннополис», в Орловской области реализуется международный лизинговый проект «Пшеница-2000» и т.д. При этом показателем, по которому данный кластер отстает, является отношение ВРП к числу малых и средних предприятий. Это связано с тем, что в данных регионах существует определенная монополия, созданная крупными аграрными и промышленными предприятиями.

4. Кластер №4 «Ресурсный кластер» включает регионы, связанные с добычей и первичной переработкой полезных ископаемых (нефти, газа, угля, бокситов, самоцветов и т.д.). Однако данные регионы относятся к территориям пребывания людей, т.е. в большей степени экономически активное население прибывает в данные регионы для вахтовой работы. Это приводит к минимизации потребностей в развитии образовательного, научного, инновационного и культурного сегментов, о чем и говорят показатели, по которым данный кластер отстает.

5. Кластер №5 – «Малый кластер» – включает регионы, не имеющие явной отраслевой принадлежности, т.е. почти все показатели регионального человеческого капитала находятся на среднем уровне. В большинстве своем в данных регионах получил развитие малый и средний бизнес.

Для выявления устойчивых элементов кластеров (регионов, принадлежащих тому или иному кластеру на протяжении нескольких лет) составлены и проанализированы матрицы переходов регионов из одного кластера в другой для разных лет. В результаты были получены устойчивые ядра кластеров, представленные в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Устойчивые ядра кластеров

№ кластера	Содержание кластера
1	Калужская область, Московская область, Нижегородская область, Новосибирская область
2	Кабардино-Балкарская Республика, Республика Дагестан, Республика Северная Осетия (Алания), Карачаево-Черкесская Республика
3	Белгородская область, Воронежская область, Краснодарский край, Курская область, Пензенская область, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Ростовская область, Рязанская область, Самарская область, Саратовская область, Ставропольский край, Тамбовская область, Ульяновская область
4	Сахалинская область, Магаданская область, Республика Саха, Тюменская область, Республика Коми
5	Алтайский край, Астраханская область, Владимирская область, Ивановская область, Иркутская область, Калининградская область, Кировская область, Костромская область, Красноярский край, Курганская область, Мурманская область, Новгородская область, Омская область, Оренбургская область, Приморский край, Псковская область, Республика Карелия, Республика Хакасия, Смоленская область, Тверская область, Удмуртская Республика, Челябинская область, Чувашская Республика, Ярославская область

Очевидно, что «плавание» регионов из одного кластера в другой связано с множеством факторов, например, новая стратегия социально-экономического развития региона, новые государственные программы, создание на их территориях новых специальных экономических зон и т.д.

Резюмируя вышеизложенное, стоит отметить, что кластер № 1 является лидером по уровню регионального человеческого

капитала (в частности лидером по уровню инновационного и научного развития). На втором месте располагается кластер №3, что связано с тем, что в данном кластере высок уровень образования и профессионализма. На третьем месте находится кластер №5 – имеет средние значения по большинству показателей. На четвертом месте располагается кластер №2 за счет высокого уровня здравоохранения и культуры. На последнем месте располагается ресурсный кластер (кластер №4).

1.3. Анализ развития регионального человеческого капитала за счет процесса инвестирования

Основным инструментом развития человеческого капитала является процесс инвестирования. В силу заведомого ограничения ресурсов необходимо обеспечить сбалансированное и рациональное расходование инвестиционных средств, прямо или косвенно влияющих на развитие человеческого капитала, на всех уровнях (страна, регион, компании). В рамках формирования концептуальной модели развития регионального человеческого капитала необходимо осуществить построение функциональных взаимосвязей: инвестиции в человеческий капитал → показатели регионального человеческого капитала → показатели социально-экономического развития региона. Рассмотрим первую группу взаимосвязей: влияние инвестиций на показатели регионального человеческого капитала.

Первым шагом является формирование аналитического представления того, как региональный человеческий капитал развивается за счет инвестиций в него. Под инвестициями в человеческий капитал понимаются государственные и частные инвестиции, направляемые на повышение качества жизни населения региона и развитие самого человеческого капитала.

За последние годы было проведено значительное количество исследований, посвященных вопросам развития регионального человеческого капитала за счет различных форм и видов инвестирования. Например, описывается развитие человеческого капитала регионов (на примере Северо-Кавказского федерального округа), которое производится за счет разработки комплексного инвестиционного плана, маркетинговой стратегии региона и фор-

мирования государственно-частных партнерств [27], а также создание условий для накопления и развития человеческого капитала в рамках стратегии социально-экономического развития региона на примере республики Татарстан [28]. Кроме того, предложен комплекс мероприятий, позволяющих обеспечить развитие инновационного человеческого капитала на региональном уровне [29] и показано, что развитие человеческого капитала в большей степени зависит от личных вложений (инвестиций в воспроизводство) и уровня жизни в регионе [30]. В ряде источников определены региональные показатели, влияющие на развитие человеческого капитала в аграрно-промышленном комплексе региона [31]. Проанализировано влияние повышения качества системы образования в стране на развитие регионального человеческого капитала [21]. Дана оценка влияния факторов, которые способствуют ухудшению здоровья населения региона, на накопление человеческого капитала [7] и исследуется влияние частных инвестиций в человеческий капитал региона на производительность труда индивидуумов [8].

Анализ научной литературы показал, что в большинстве исследований рассматривается влияние совокупных инвестиций в человеческий капитал региона на его развитие, а, следовательно, не учитывается структура инвестирования и отдельное влияние объемов инвестирования по различным направлениям на развитие регионального человеческого капитала. Это может значительно снижать эффективность использования имеющихся ресурсов. Также недостаточно проработан вопрос влияния качества жизни населения в регионе на изменение человеческого капитала. В силу этого сохраняет актуальность научная задача, связанная с разработкой функциональных зависимостей влияния структуры и объемов инвестиций на развитие регионального человеческого капитала.

В пункте 1.1 ранее были определены показатели регионального человеческого капитала и предложена модель оценки их величин и интегрального показателя. Для построения эконометрических моделей была сформирована база данных по 81 субъекту Российской Федерации за период 2011–2017 гг. по 26 показателям человеческого капитала и 12 показателям инвестирования на региональном уровне по различным направлениям [32]. В результате проведения корреляционного анализа значений показателей

человеческого капитала выявлено наличие мультиколлинеарности факторов. Определитель матрицы парных коэффициентов корреляции, равный $3.77 \cdot 10^{-7}$, близок к нулю. Проведя тест Фаррара-Глобера для проверки значимости отличия определителя матрицы парных коэффициентов от единицы, получено значение $FG_{\text{набл}} = 577$, которое превышает $FG_{\text{крит}} = 368$ при уровне значимости 0,01. Таким образом, гипотеза об отсутствии мультиколлинеарности в массиве факторов человеческого капитала отклоняется.

С целью избавления от мультиколлинеарности и уменьшения количества факторов с сохранением максимальной информации в работе использован метод главных компонент. По методу Кайзера выделено семь главных компонент, которые объясняют 67% дисперсии переменных человеческого капитала, и проведено их вращение по методу «варимакс» с целью получения интерпретируемой матрицы нагрузок. Интерпретация главных компонент путем выделения наборов объясняющих признаков и вычисления коэффициента информативности представлена в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Интерпретация главных компонент

Главные компоненты	Название компоненты	Объясняющие признаки	Индекс информативности
RC ₁	Социальное здоровье населения	Z ₁₉ , Z ₂₀ , Z ₂₂ , Z ₂₃ , Z ₂₅ , Z ₂₆	0,796
RC ₂	Научное развитие	Z ₁₀ , Z ₁₃ , Z ₁₄ , Z ₁₆	0,839
RC ₃	Кадры высшей квалификации	Z ₈ , Z ₉ , Z ₁₁ , Z ₁₂	0,853
RC ₄	Уровень профессионализма	Z ₁ , Z ₂ , Z ₃	0,674
RC ₅	Социальное благополучие	Z ₄ , Z ₆ , Z ₇ , Z ₁₅ , Z ₂₄	0,742
RC ₆	Качество жизни населения, в том числе условий деятельности	Z ₅ , Z ₂₁	0,730
RC ₇	Инновационное развитие	Z ₁₇ , Z ₁₈	0,780

С помощью матрицы факторных нагрузок для каждой главной компоненты выбраны объясняющие признаки с соблюдением следующих условий: значения модулей весовых коэффициентов должны быть больше критического уровня, определенного для каждой компоненты, и каждый признак должен участвовать в формировании только одной главной компоненты. Для каждой компоненты рассчитан индекс информативности:

$$Ku_j = \frac{\sum_{z_r \in P} a_{rj}^2}{\sum_{z_i \in M} a_{ij}^2}, \quad (1.3)$$

где M – множество всех признаков,

P – множество признаков со значимыми весовыми коэффициентами, т.е. участвующие в формировании названия компоненты.

Перед построением регрессионных моделей, функционально описывающих зависимость показателей регионального человеческого капитала от инвестиций на уровне региона, было проведено разбиение регионов на кластеры по значениям показателей человеческого капитала.

Далее строятся эконометрические модели, функционально описывающие зависимость главных компонент показателей регионального человеческого капитала от инвестиций, влияющих прямо и косвенно на его развитие.

Будем использовать модель панельных данных с индивидуальными пространственными эффектами:

$$z_{it} = \alpha_i + X_{it} \cdot \beta + \varepsilon_{it}, \quad i = \overline{1, N}, \quad t = \overline{1, T} \quad (1.4)$$

где i – номер объекта, t – время, α_i – свободный член, β – вектор-столбец коэффициентов размерности $k \times 1$, $X_{it} = (x_{1,it}, x_{2,it}, \dots, x_{k,it})$ – вектор-строка матрицы k объясняющих переменных, ε_{it} – случайные ошибки, независимые одинаково распределенные случайные величины с нулевым математическим ожиданием.

При построении этих зависимостей можно учитывать наличие разрыва во времени (лаг) между осуществлением инвестирования и получением полезного эффекта.

Для выборки в целом и для каждого кластера в отдельности методом BestSubsets построены модели панельных данных трех: сквозные модели, модели с детерминированными и случайными пространственными эффектами. С помощью соответствующих

тестов (тесты Вальда, Хаусмана и Бройша-Пагана) выбраны лучшие из построенных моделей. Ими оказались модели с детерминированными пространственными эффектами.

Выяснилось, что предварительная кластеризация оказывает существенное влияние на результаты моделирования. А именно, изменяются состав значимых предикторов и сила их влияния на результат, а также значения показателей качества моделей.

Так, например, для первой главной компоненты, объясняющей максимальный процент (16%) дисперсии показателей регионального человеческого капитала, модель зависимости от инвестиций без учета кластеризации имеет вид:

$$RC_1 = \alpha_i + 0,0885x_2 + 0,1356x_7 - 0,0704x_8 + 0,0859x_{10} - 0,0887x_{12}.$$

Модель статистически значима: $p\text{-value} = 2,1 \cdot 10^{-7}$ со значимыми коэффициентами при переменных. Небольшой коэффициент детерминации $R^2 = 0,127$ свидетельствует о влиянии неучтенных в модели факторов. Как видно, значение фактора социального здоровья населения увеличивается с ростом инвестиций в национальную безопасность и правоохранительную деятельность, в образование, в социальную политику, а увеличение инвестиций по направлению культура и кинематография, средства массовой информации ведет к уменьшению значения данной главной компоненты. Отрицательное воздействие отдельных направлений инвестирования на главную компоненту связано с тем, что главная компонента является линейной комбинацией показателей регионального человеческого капитала, коэффициенты корреляции с которыми имеют в том числе и отрицательные знаки. Так, например, фактор z_{24} имеет отрицательный коэффициент вхождения в первую главную компоненту, но, очевидно, теоретически напрямую связанный с x_8 и x_{12} , при увеличении которых главная компонента, уменьшаясь, свидетельствует об увеличении фактора z_{24} .

Модели для первой главной компоненты, построенные для каждого кластера в отдельности, представлены в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Результаты моделирования

Название кластера	Модель	p -value	R^2
Научный кластер	$RC_1 = \alpha_i + 0,223x_2 + 0,5335x_7$	$5,79 \cdot 10^{-3}$	0,374
Экологический кластер	$RC_1 = \alpha_i - 2,6973x_4 + 1,1895x_{10} - 0,5635x_{12}$	$1,54 \cdot 10^{-3}$	0,681
Промышленный кластер	$RC_1 = \alpha_i - 0,2756x_3 - 0,2884x_5 + 0,4872x_7 - 0,2460x_9 - 0,1817x_{12}$	$2,23 \cdot 10^{-11}$	0,518
Ресурсный кластер	$RC_1 = \alpha_i + 0,0425x_5$	$4,43 \cdot 10^{-2}$	0,164
Малый кластер	$RC_1 = \alpha_i + 0,0928x_3 + 0,2154x_7$	$4,51 \cdot 10^{-5}$	0,131

Заметим, что процесс кластеризации повлек увеличение коэффициентов детерминации.

Для научного и малого кластеров фактор социального здоровья населения положительно зависит от инвестиций в национальную безопасность и правоохранительную деятельность, и в образование. На данную компоненту для экологического кластера инвестиции в социальную политику оказывают положительное воздействие, а инвестирование национальной экономики и средств массовой информации уменьшают ее значение. Это, как и выше, объясняется тем, что в главную компоненту часть базовых показателей входит с отрицательными коэффициентами, и их увеличение после осуществления инвестиций приводит к уменьшению значения главной компоненты. Для промышленного кластера, так же как и для научного, проявляется положительное влияние инвестиций в национальную безопасность, правоохранительную деятельность и в образование, а инвестиции в жилищно-коммунальное хозяйство, здравоохранение и средства массовой информации понижают значение рассматриваемой компоненты. Для регионов ресурсного кластера выявлено значимое влияние только одного направления инвестиций – это в жилищно-коммунальное хозяйство.

Аналогичные зависимости построены для всех главных компонент для каждого кластера [25].

Оценка влияния инвестиций на развитие регионального человеческого капитала – важная научно-практическая задача национального и регионального менеджмента, приобретающая особую значимость в условиях усиления дифференциации страны по социально-экономическим признакам. Анализ научной литературы показал большое количество подходов к моделированию взаимосвязи между инвестициями и развитием человеческого капитала.

Анализ результатов исследования позволяет сделать вывод о целесообразности применения кластерного анализа для моделирования показателей человеческого капитала. Действительно, предварительная кластеризация регионов РФ позволила повысить качество моделей рассматриваемых индикаторов человеческого капитала, а также осуществить дифференцированный подход в выявлении объясняющих переменных.

1.4. Оценка влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие

Целью текущего раздела исследования является оценка влияния развития человеческого капитала на динамику социально-экономических процессов на примере российских регионов. Иными словами, рассмотрим вторую группу функциональных взаимосвязей в рамках формирования концептуальной модели развития регионального человеческого капитала. Основной гипотезой здесь является тезис о том, что региональный человеческий капитал оказывает значимое влияние на происходящие в регионах социально-экономические процессы, при этом, существует прямая связь между уровнем развития человеческого капитала и эффективностью социально-экономического развития территорий.

Следует отметить, что проблема влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие вот уже много лет остается одной из самых популярных тем экономической науки. По данным Всемирного банка, в настоящее время человеческий капитал в развитых странах формирует более двух третей общественного богатства. Теоретические и статистические исследования подтверждают, что в современных западных экономиках дос-

тижение высокого уровня жизни и устойчивых темпов экономического роста происходит благодаря накоплению и эффективно-му использованию человеческого капитала, складывающемуся из многих компонент – образования, здравоохранения, качества жизни, экологии и т.д. В России накопление и использование человеческого капитала положены в основу многих государственных целевых программ, причем, сегодня региональная составляющая реализации человеческого потенциала выходит на первый план. Органическая взаимосвязь и взаимообусловленность развития человеческого капитала и траектории социально-экономического развития проявляется в том, что человеческий капитал создает условия для совершенствования, ускорения и повышения эффективности всех других компонентов экономического развития, что дает отдачу в виде роста объемов производства и качества жизни, наполнении федерального и региональных бюджетов и т.д.

Теоретические и методологические вопросы изучения взаимосвязи социально-экономического развития и человеческого капитала начали активно прорабатываться во второй половине XX в. такими известными учеными, как Г. Беккер, Т. Шульц, М. Фридмен, М. Спенс и другие [33–36]. Вопросам устойчивого роста на основе макроэкономических моделей с человеческим капиталом посвящены известные работы Э. Денисона, Дж. Кендрика, П. Ромера, Р. Лукаса и других [37–39]. Современный период характеризуется наличием большого числа исследований, посвященных широкому кругу вопросов, рассматривающих человеческий капитал как значимый и самостоятельный фактор общественного производства. Так, оценка влияния человеческого капитала на результативность функционирования социально-экономической системы на микро- и мезоуровне осуществлялась в работах [40–44], на макроуровне – в работах [45–49]. Усилиями таких российских ученых, как Л.Б. Бреслав, Ю. Васильчик, Е.С. Гвоздева, А.И. Добрынин, С.А. Дятлов, А.В. Комарова, А.В. Корицкий, Б.А. Корнейчук, Ю.А. Корчагин, Б.С. Лисовик, Е.Д. Цыренова, и ряда других специалистов были сформированы концептуальные основы теории человеческого капитала применительно к российским условиям и российским территориям. В частности, на основе эмпирического анализа и использования экономико-математических методов отечественными учеными оценено влияние человеческого капитала на различные социально-экономические

процессы, происходящие в России. Результаты [45] показывают высокую экономическую значимость вклада образовательной компоненты человеческого капитала в формирование доходов населения. Модели Л.С. Ямиловой и Л.С. Нигматуллиной также отражает значимость высшего профессионального образования в процессе формирования доходов населения (на примере Республики Башкортостан): рост первого на 1% приводит к росту доходов на 0,91% [50]. Результаты Коноваловой С.В. выявляют в качестве главного и значимого фактора регионального роста человеческий капитал, рассматриваемый через параметры расходов консолидированного бюджета на образование и среднемесячной номинальной заработной платы работников предприятий: «увеличение расходов бюджета на образование на 1% приводит к росту ВРП на душу занятого в экономике населения на 0,37%, а среднемесячной заработной платы работников – на 0,68%» [51]. Е.С. Гвоздева и Т.А. Штерцер делают выводы о том, что человеческий капитал имеет для регионального развития такое же значение, как и физический капитал, одновременно являясь более значимым фактором, чем природные ресурсы [46]. В работах А.В. Комаровой человеческий капитал играет значимую и существенную роль, поскольку «рост ВРП на четверть определялся направленными инвестициями в образование, здравоохранение и культурную жизнь» [48–49]. В исследовании Н.М. Габдуллина выявлена «положительная связь между показателями образования и здравоохранения и уровнем ВРП на душу населения по всем федеральным округам, причем, уровень ВРП на душу населения и инвестиции в составные части человеческого капитала находятся в прямой зависимости» [52]. Изучение взаимосвязи инвестиций в человеческий капитал и уровня социально-экономического развития стран мира позволило сделать вывод о том, что «на степень развития национальных экономик наибольшее влияние оказывает фактор инвестиций в инновационный потенциал и в капитал благосостояния, а также фактор государственных инвестиций в капитал образования» [53]. Целый ряд текущих исследований прикладного характера косвенно подтверждают гипотезу о значимом положительном влиянии различных компонент развития человеческого капитала на различного рода социальные и технологические процессы, протекающие в регионах. Исследование [54] показывает высокую степень взаимосвязи

общего уровня развития человеческого капитала и развития электронного бизнеса, в котором главным фактором прогресса выступают навыки использования информационно-коммуникативных технологий (ИКТ-компетенции). Вместе с тем примененный в [45] рейтинговый метод анализа на основе сопоставительных ранговых оценок с использованием показателей, отражающих элементы и факторы развития человеческого капитала, говорит о невысоком потенциале формирования компонентов человеческого капитала отдельных территорий на современном этапе. Авторский инструмент количественной оценки влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие регионов, представленный в [23] на примере ЦФО, позволил сделать вывод о том, что непосредственное влияние человеческого потенциала на уровень развития регионов относительно мало. Реальное влияние, учитывающее изменения фондоотдачи и производительности труда, представляется значительно большим. Немаловажным в современной науке является исследование обратной связи – зависимости уровня развития человеческого капитала от параметров социально-экономического развития, подтверждающих тезис об ускоренном развитии различных составляющих человеческого потенциала в результате повышения качества жизни, развития институциональной и социальной инфраструктур [55–56]. Согласно самым последним данным, условия жизнедеятельности и репродукции человеческого капитала в российских регионах имеют значительную дифференциацию как по уровню развития, так и по степени сбалансированности различных компонент, которые оказывают разнонаправленное влияние на прирост количественной составляющей человеческого капитала [57].

Многочисленность проведенных исследований и существенная разница в их результатах говорят о том, что развитие человеческого капитала – процесс сложный. Ни одна из предложенных специалистами моделей не дает исчерпывающих ответов на вопросы, касающиеся влияния человеческого капитала на социально-экономические процессы и явления.

Моделирование оценки влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие российских регионов отражено в нашей работе [58]. Для разработки эконометрической модели оценки влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие региона важным является существенное

уменьшение количества целевых критериев модели при сохранении содержащейся в них информации. Методом главных компонент для системы показателей социально-экономического развития построены пять главных компонент, объясняющих 76% дисперсии переменных. Рассматривались варианты без вращения и с вращением с целью получения более удобной для интерпретации матрицы нагрузок. По результатам проведенного анализа для дальнейших исследований были выбраны компоненты без вращения. Индекс информативности рассчитан по формуле (1.3). Интерпретация главных компонент согласно матрице нагрузок представлена в табл. 1.7. Индекс информативности показывает, насколько выбранный для интерпретации каждой главной компоненты состав переменных надёжен. Таким образом, например, для первой главной компоненты значениями указанных в табл. 1.7 объясняющих признаков её состав определяется на 92%. Границей индекса информативности, по которому при различных вариантах вращения отбирались значимые для главных компонент признаки было 0,6 [23].

Таблица 1.7

Интерпретация главных компонент

Главные компоненты	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5
Название компоненты	Уровень экономического развития региона	Благо- состоя- ние на- селения	Уровень производ- ства и рас- пределения электро- энергии, газа и воды	Уровень производи- тельности сельскогохо- зяйственной отрасли региона	Уровень обраба- тывающего произ- водства региона
Объясняющие признаки	$w_3, w_6, w_7, w_8, w_{10}, w_{12}, w_{15}, w_{17}$	$w_1, w_2, w_4, w_{11}, w_{14}$	w_5, w_9, w_{12}, w_{16}	w_4, w_5, w_9, w_{13}	w_4, w_5, w_9, w_{11}
Индекс информативности	0,92	0,64	0,64	0,78	0,69

Для каждого кластера методом BestSubsets построены линейные (1.5) и нелинейные модели (1.6) панельных данных зависи-

мости главных компонент показателей уровня социально-экономического развития от главных компонент регионального человеческого капитала следующих типов: сквозные модели, модели с детерминированными пространственными эффектами. Кроме того, были построены модели указанных типов с учетом запаздывания влияния предикторов на один год. Общий вид используемых моделей представлен формулами (1.5, 1.6).

$$PC_{it} = \alpha_i + RC_{it}\beta + RC_{i(t-1)}\gamma + \varepsilon_{it}, i = \overline{1, I}, t = \overline{1, T}, \quad (1.5)$$

$$\ln(PC_{it}) = \ln(\alpha_i) + \ln(RC_{it})\beta + \ln(RC_{i(t-1)})\gamma + \varepsilon_{it}, i = \overline{1, I}, t = \overline{1, T}, \quad (1.6)$$

где i – номер объекта, t – время, α_i – свободный член, β, γ – вектор-столбцы коэффициентов, $RC_{it} = (RC_{1,it}, \dots, RC_{k,it})$, $RC_{i(t-1)} = (RC_{1,i(t-1)}, \dots, RC_{s,i(t-1)})$ – вектор-строки матриц объясняющих переменных, ε_{it} – случайные ошибки, независимые одинаково распределенные случайные величины с нулевым математическим ожиданием. Выяснилось, что предварительная кластеризация оказывает существенное влияние на результаты моделирования: изменяются состав значимых предикторов и сила их влияния на результат, а также значения показателей качества моделей.

Результаты наиболее качественных из рассмотренных типов моделей для первой главной компоненты, объясняющей максимальный процент (35%) дисперсии показателей уровня социально-экономического развития, построенные по каждому кластеру в отдельности, представлены в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Результаты моделирования первой главной компоненты

Название кластера	p-value	R^2	A
Научный кластер	$2,4 \cdot 10^{-8}$	0,862	2,66
Экологический кластер	0,00083	0,820	5,99
Промышленный кластер	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,645	14,3
Ресурсный кластер	$3,5 \cdot 10^{-5}$	0,737	7,11
Малый кластер	$< 2,2 \cdot 10^{16}$	0,528	8,83

При этом модель для научного кластера имеет вид:

$$PC_1 = \alpha_i - 0,4529RC_{1t} - 0,2637RC_{2(t-1)} + 0,4752RC_{5t} - 0,1307RC_{6(t-1)} .$$

Модель для экологического кластера имеет вид:

$$PC_1 = \alpha_i + 0,1997RC_{1t} + 0,2728RC_{1(t-1)} - 0,1913RC_{3t} + \\ + 0,2240RC_{4t} - 0,1282RC_{7(t-1)} .$$

Модель для промышленного кластера имеет вид:

$$PC_1 = -0,2026 + 0,1966RC_{2t} + 0,4570RC_{4t} + 0,1898RC_{6t} + 0,0994RC_{7t} .$$

Модель для ресурсного кластера имеет вид:

$$PC_1 = \alpha_i + 1,1052RC_{3(t-1)} + 1,0555RC_{4t} - 0,3423RC_{7t} .$$

Модель для малого кластера имеет вид:

$$PC_1 = \alpha_i + 0,2026RC_{2t} - 0,2205RC_{3t} + 0,1256RC_{4t} - \\ - 0,1365RC_{4(t-1)} - 0,0591RC_{6(t-1)} .$$

Для всех кластеров лучшими оказались линейные модели с точки зрения p -value, коэффициента детерминации R^2 и средней по всем регионам кластера ошибки аппроксимации A . Для промышленного кластера предпочтительна сквозная модель панельных данных, а для остальных кластеров – модели с детерминированными индивидуальными эффектам и с учетом запаздывания, оценки которых для i -того региона в модели обозначены α_i .

Отметим, что для регионов разных кластеров на первую главную компоненту, характеризующую уровень экономического развития, значимое влияние оказывают различные главные компоненты совокупности показателей регионального человеческого капитала. Так, например, в экологическом кластере предикторами модели первой главной компоненты являются факторы социального здоровья населения в нынешний и предыдущий год, повышения квалификации и ВРП, а также фактор инноваций с запаздыванием в один год.

В научном кластере значимое влияние на рассматриваемую компоненту оказывают факторы социального здоровья и благополучия населения в настоящий период, факторы научной деятельности и качества условий жизни населения за прошлый год.

Для промышленного кластера с точки зрения используемых показателей качества моделирования получена менее качественная модель, об этом свидетельствует ошибка аппроксимации, превышающая 10%. Данная модель сквозной регрессии включает в качестве экзогенных переменных фактор научной деятельности, фактор ВРП, фактор социального благополучия и фактор инноваций без запаздывания.

Для регионов малого кластера первая главная компонента показателей социально-экономического развития зависит от факторов научной деятельности, повышения квалификации, ВРП в настоящий период и факторов социального благополучия и качества условий жизни населения в предыдущем году.

В ресурсном кластере в модели главной компоненты в качестве предикторов выявлены факторы ВРП и инноваций со значениями за нынешний год и фактор повышения квалификации – за прошлый год.

Вторая главная компонента объясняет 19% дисперсии показателей уровня социально-экономического развития. Наиболее качественными из рассмотренных типов моделей для этой главной компоненты оказались модели линейной сквозной регрессии. Качество моделей, построенных по каждому кластеру в отдельности, представлены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Результаты моделирования второй главной компоненты

Название кластера	<i>p-value</i>	R^2	<i>A</i>
Научный кластер	$1,5 \cdot 10^{-11}$	0,921	4,44
Экологический кластер	$6,2 \cdot 10^{-10}$	0,939	5,45
Промышленный кластер	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,620	8,63
Ресурсный кластер	$4,8 \cdot 10^{-4}$	0,707	15,3
Малый кластер	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,675	13,15

При этом модель для научного кластера имеет вид:

$$PC_2 = 1,0188 + 0,6448RC_{1t} - 0,5566RC_{2t} + 1,4770RC_{1(t-1)} - \\ - 0,3570RC_{3(t-1)} - 0,7110RC_{4(t-1)} - 0,4507RC_{7(t-1)}.$$

Модель для экологического кластера имеет вид:

$$PC_2 = 0,16047 + 0,5480RC_{1t} - 0,6065RC_{5t} + 0,4887RC_{4(t-1)}.$$

Модель для промышленного кластера имеет вид:

$$PC_2 = 0,3291 + 0,4750RC_{5t} + 1,1178RC_{4(t-1)} - 0,4375RC_{5(t-1)} + 0,1434RC_{7(t-1)}.$$

Модель для ресурсного кластера имеет вид:

$$PC_2 = 0,4606 + 0,9033RC_{1t} - 0,4835RC_{4t} + 0,1231RC_{6t} + \\ + 0,1880RC_{7t} - 0,0807RC_{3(t-1)} - 0,1192RC_{6(t-1)}.$$

Модель для малого кластера имеет вид:

$$PC_2 = 0,1694 + 0,5051RC_{1t} + 0,6361RC_{5t} + 0,3409RC_{3(t-1)} - 0,1983RC_{4(t-1)}.$$

Для второй главной компоненты во всех кластерах лучшими оказались сквозные линейные модели. Для регионов разных кластеров на вторую главную компоненту, характеризующую благосостояние населения, значимое влияние оказывают различные главные компоненты совокупности показателей регионального человеческого капитала.

В научном кластере предикторами модели являются факторы социального здоровья населения в нынешний и предыдущий годы, фактор научного развития, а также факторы инновационного развития, квалификации кадров и уровня профессионализма с запаздыванием в один год. Наибольшую степень влияния оказывает фактор социального здоровья населения в предыдущем году (коэффициент при факторе равен 1,477).

В экологическом кластере значимое влияние на вторую компоненту оказывают факторы социального здоровья и социального благополучия населения в настоящий период, фактор уровня профессионализма за прошлый год.

Для промышленного кластера модель сквозной регрессии включает в качестве значимых переменных фактор социального благополучия за прошлый и настоящий периоды, фактор

уровня профессионализма и инновационного развития с запаздыванием.

Для регионов ресурсного кластера вторая главная компонента показателей социально-экономического развития зависит от социального здоровья населения, уровня профессионализма и инновационного развития в настоящий период, от фактора качества жизни и условий труда в настоящий и прошлый периоды, а также от прошлого значения фактора, отвечающего за кадры высшей квалификации.

В малом кластере в модели второй главной компоненты в качестве предикторов выявлены факторы социального здоровья и благополучия населения со значениями за нынешний год и факторы повышения квалификации и профессионализма кадров за прошлый год.

При разработке мероприятий, направленных на повышение социально-экономического развития региона за счет изменения уровня человеческого капитала, следует учитывать выявленную дифференциацию региональных кластеров с точки зрения моделирования этого взаимодействия.

Кроме того, можно отметить некоторые особенности, присущие объектам всех или большинства кластеров. Например, для четырех кластеров из пяти на первую главную компоненту, характеризующую уровень экономического развития региона, значительное влияние оказывает компонента, отвечающая за уровень профессионализма. Вторая главная компонента, отражающая уровень благосостояния населения, зависит от уровня профессионализма с запаздыванием для регионов всех кластеров, кроме ресурсного, в котором это влияние сказывается в тот же период времени. Компонента, интерпретируемая как социальное здоровье населения, влияет на компоненту уровня экономического развития региона в научном и экологическом кластерах, а на компоненту благосостояния населения во всех, кроме промышленного кластера.

Так как главные компоненты подверглись предварительному нормированию по размаху и центрированию по минимуму, можно говорить о сравнении силы влияния факторов на результат. В научном кластере наиболее сильное влияние на компоненту уровня социального развития влияет компонента социального благополучия, а на компоненту благосостояния населения – ком-

понента социального здоровья с запаздыванием в один год. В экологическом кластере эти сильно влияющие компоненты меняются местами относительно первых двух главных компонент показателей уровня социально-экономического развития. В промышленном кластере компонента уровня социального развития и компонента благосостояния населения подвержены наибольшему воздействию со стороны компоненты уровня профессионализма в настоящий и прошлый период соответственно. Ресурсный кластер характеризуется большей зависимостью первых главных компонент социально-экономического развития от сложившейся в прошлом году ситуации с кадрами высшей квалификации. В малом кластере по силе влияния на эти компоненты лидируют компонента, отвечающая за квалифицированные кадры, и компонента, характеризующая уровень социального здоровья населения, соответственно.

Кроме того, можно сравнить силу влияния компонент показателей регионального человеческого капитала на компоненты показателей социально-экономического развития. Так, например, при сравнении силы влияния компоненты социального здоровья населения (RC_1) на компоненту уровня экономического развития региона (PC_1), можно заметить, что для научного кластера это влияние в два раза больше, чем для экологического. Наиболее сильное влияние компонента уровня социального здоровья региона (PC_1) оказывает на компоненту благосостояния населения (RC_2) в ресурсном кластере, а тем временем в промышленном кластере это влияние слабее в два раза.

1.5. Оценка влияния социально-экономического развития российских регионов на их демографическую динамику

Планирование и управление человеческими ресурсами всегда должны опираться на достоверную информацию об их состоянии и о факторах, оказывающих на них влияние. Демографические процессы в значительной степени определяют уровень человеческого капитала, а, значит, и выступают одним из факторов устойчивого развития региона. Цель текущего раздела исследования – оценить влияние социально-экономического развития российских регионов на динамику демографических процессов. Отдельные

аспекты моделирования взаимосвязи социально-экономической и демографической динамик представлены в наших работах [59; 60]. Основной гипотезой является тезис о том, что социально-экономическая ситуация в регионах оказывает определяющее влияние на протекающие в них демографические процессы, а степень и характер этого влияния можно выявить с помощью соответствующей эконометрической модели.

Анализ научной разработанности данного вопроса показывает отсутствие единых критериев оценки влияния социально-экономического развития на демографические процессы региона и, соответственно, большое расхождение результатов моделирования. Методологические вопросы оценки взаимосвязи социально-экономического развития и демографических процессов начали активно исследоваться во второй половине XX в. В настоящее время математическое моделирование демографических процессов в российских регионах затрагивает следующие основные аспекты исследований:

- оценку влияния конкретных социально-экономических показателей на базовые демографические параметры стран и регионов [61–62];

- интегральную оценку влияния социально-экономических факторов на демографические процессы стран и регионов. Ряд исследований устанавливают достаточно тесные связи между социально-экономическими и демографическими показателями [63–64], а некоторые исследования указывают на косвенный и неоднозначный характер влияния экономического развития на динамику и структуру населения [65];

- оценку влияния демографических факторов на социально-экономическое развитие и качество жизни населения, а также оценку взаимного влияния экономической и демографической составляющих регионального развития на разных уровнях [3; 66–68].

Информационной базой для моделирования в данном разделе являются данные Федеральной службы статистики РФ «Регионы России» [69]. Были отобраны 7 демографических и 18 социально-экономических показателей и сформирована база данных по 81 субъекту Российской Федерации за период 2011–2017 гг. В группу демографических показателей входят численность населения, коэффициенты естественного и миграционного прирос-

тов, ожидаемая продолжительность жизни, коэффициент демографической нагрузки, уровень младенческой смертности и соотношение браков и разводов. Группа социально-экономических показателей включает параметры, характеризующие объем ВРП на душу населения, структуру регионального производства, объем реальных инвестиций в экономику, объем и структуру денежных доходов населения, уровень инфляции и объем бюджетных поступлений. Выбор данной совокупности показателей основан на перечне базовых индикаторов оценки уровня социально-экономического развития субъектов РФ, разработанной Советом по изучению производительных сил Министерства экономического развития и торговли РФ [70].

Обработка сформированной базы панельных данных осуществлялась в среде R. Учитывая существенную дифференциацию регионов России по демографическим признакам, для повышения качества построения эконометрических моделей методами кластерного анализа проведено разделение регионов на группы. На основе анализа дендрограммы иерархической кластеризации, построенной по значениям семи демографических показателей за 2017 год, где в качестве меры близости используется евклидово расстояние, принято решение о разбиении выборки на три кластера. Методом k-средних сформированы три кластера, состоящие из 61, 16 и 4-х регионов. В последний кластер вошли: г. Москва, Московская область, г. Санкт-Петербург и Краснодарский край. Проверена обоснованность этой кластеризации с помощью критерия Дэвиса-Болдина, значение которого равно 0,82.

Для каждого кластера методами регрессионного анализа построены функциональные зависимости демографических параметров регионального человеческого капитала от показателей экономического развития. Общая спецификация используемых моделей панельных данных имеет вид (1.4).

Методом BestSubsets построены модели панельных данных трех типов зависимости демографических показателей от социально-экономических факторов: сквозные модели, модели с детерминированными и случайными пространственными эффектами. С помощью соответствующих тестов (тесты Вальда, Хаусмана и Бройша-Пагана) выбраны лучшие из построенных моделей,

которыми оказались модели с детерминированными эффектами. Модели построены как по данным всей совокупности (81 регион), так и для каждого кластера. При этом, модели, построенные для кластеров, имеют лучшее качество по сравнению с общей моделью, т.к. коэффициенты детерминации для них больше.

В ходе исследования выяснилось, что предварительная кластеризация изменяет состав множества ключевых предикторов демографических показателей. В частности, кластеризация изменила состав ключевых предикторов для показателя ожидаемой продолжительности жизни (табл. 1.10).

Таблица 1.10

**Объясняющие факторы моделей показателей
ожидаемой продолжительности жизни**

Номер кластера	Предикторы
Кластер № 1	$w_1, w_6, w_9, w_{12}, w_{13}$
Кластер № 2	$w_3, w_4, w_6, w_{13}, w_{17}$
Кластер № 3	w_{15}
Общая модель	$w_1, w_3, w_6, w_{12}, w_{13}, w_{17}$

Анализ характеристик качества построенных моделей позволяет сделать вывод о целесообразности индивидуального подхода для каждого кластера, т.е. о необходимости предварительной кластеризации. Так, общая модель показателя ожидаемой продолжительности жизни региона, построенная для данных регионов, имеет вид:

$$v_5 = \alpha_i + 0,1057w_1 + 0,4274w_3 + 0,1757w_6 + 0,1501w_{12} + 0,0916w_{13} + 0,0915w_{17}.$$

Для регионов первого, второго и третьего кластеров модели указанного показателя имеют вид:

$$v_5 = \alpha_i + 0,4303w_1 + 0,3273w_6 - 0,0242w_9 + 0,1797w_{12} + 0,0490w_{13},$$

$$v_5 = \alpha_i + 0,3590w_3 + 0,3403w_4 + 0,2369w_6 + 0,4965w_{13} + 0,2730w_{17},$$

$$v_5 = \alpha_i + 0,3555w_{15}.$$

Кластеризация уменьшила среднюю относительную ошибку аппроксимации модели показателя ожидаемой продолжительности

сти жизни для регионов первого кластера на 15%, для регионов третьего кластера на 29%, но ошибка моделирования y_5 для второго кластера возросла на 27% по сравнению с ошибкой модели для данных регионов без кластеризации.

Следует отметить, что выявленные в результате моделирования зависимости демографических показателей от набора социально-экономических факторов могут использоваться как самостоятельно, для оценки влияния социально-экономического развития на демографические процессы, так и для последующих исследований факторов формирования и развития человеческого капитала российских регионов.

Глава 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ БЮДЖЕТНЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

2.1. Многопериодная оптимизационная модель распределения региональных бюджетных инвестиций для повышения величины регионального человеческого капитала

Вопросы, связанные с процессами оптимизации структуры финансовых ресурсов по направлениям вложений, имеют большое практическое значение в ходе инновационного развития территорий. В настоящее время российские регионы руководствуются четкими сценариями своего развития, в которых обозначены целевые социально-экономические ориентиры. В первую очередь, речь идет о «Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года», «Стратегии пространственного развития Российской Федерации до 2025 года» и целой системы национальных проектов и программ [71; 72]. Разработка и совершенствование методов формирования оптимальной структуры инвестиционных расходов региональных бюджетов позволит сделать меры господдержки более адресными и эффективными, а целевые показатели – более достижимыми.

В настоящее время наиболее приоритетными направлениями инвестирования в человеческий капитал России являются образование и здравоохранение, так как именно эти сферы определяют базовый уровень жизнеспособности населения. Значимость ука-

занных сфер как со стороны государственных, так и со стороны частных инвестиций объясняется получением в них достаточно высокой нормы прибыли. Однако динамика объемов инвестиций и их экономический эффект в региональном разрезе не соответствует требуемым показателям инновационного развития, что свидетельствует о низкой результативности осуществляемых инвестиций. Традиционно недоинвестированными и слабыми с точки зрения эффективности остаются жилищно-коммунальное хозяйство, охрана окружающей среды, культура и спорт, городская и сельская инфраструктура, социальная поддержка и другие направления финансирования, которые в западной литературе получили название «социально ответственных инвестиций» [73].

В современной научной литературе по теме оптимизации осуществления инвестиций в целях развития человеческого капитала (ИЧК) можно выделить ряд направлений исследований:

1. Оценка роли человеческого капитала и ИЧК в общем социально-экономическом развитии стран и регионов. Предметом исследований здесь является место человеческого капитала в современном общественно-воспроизводственном процессе, взаимосвязь между ИЧК и ключевыми параметрами экономического роста. Так, российский академик А.Г. Аганбегян обосновывает роль человеческого капитала и экономики знаний как основного источника экономического роста. Низкую степень интеграции инвестиций в основной и человеческий капитал он рассматривает в качестве основной причины череды депрессий и стагнаций в российской экономике 2010-х гг. [11]. При этом рецессивные признаки особенно ярко проявляют себя на региональном уровне [68]. Анализ данных по странам ОПЕК в конце XX – начале XXI вв. показывает, что развитие человеческого капитала стало решающим фактором долгосрочного экономического роста, значительно повлияв при этом на сокращение бедности в этих странах [14]. Анализ данных по США за период 1949–2014 гг. отражает положительное влияние инвестиций, сделанных оборонным сектором страны в человеческий капитал, на накопление человеческого капитала и экономический рост страны в целом [16].

2. Совершенствование структуры инвестиций в региональный человеческий капитал с точки зрения сокращения территориальной социально-экономической дифференциации. Несмотря на различия исходных условий и богатую страновую специфику,

исследования ряда стран демонстрируют существенное влияние инвестиций в человеческий капитал на сглаживание социального неравенства, уменьшение межрегиональной экономической дифференциации [74–76]. Изучив результаты исследований по китайским провинциям за различные периоды XX и XXI вв. [77; 78], нам представляется значимым для практики вывод о том, что чем слабее развита территория, тем сильнее влияние человеческого капитала на социально-экономическое развитие региона.

3. Определение ключевых направлений инвестиций в человеческий капитал. Большинство исследований традиционно отводит главную роль образовательной и профессиональной составляющим и обосновывают рост доли данных сфер в национальных инвестиционных расходах. В частности, работы [75; 76] увязывают социально-экономическое развитие субъектов РФ (и их дифференциацию) с обобщающими индикаторами образования. Статья [79] анализирует региональный опыт инвестирования в человеческий капитал за счет динамики вложений в сферы образования и здравоохранения. Работы [74; 80] рассматривают влияние человеческого капитала на региональный экономический рост посредством инвестиций в образование и НИОКР, статья [81] – посредством здоровья и профессиональных компетенций. В исследовании [82] не учитываются научная и инновационная составляющие человеческого капитала, а в [83] учитываются только эти составляющие.

Ключевыми направлениями инвестиций в человеческий капитал в работе [10] выступают обеспечение уровня рождаемости, создание системы подготовки специалистов высшей квалификации и социального обеспечения населения. В исследовании [84] проведен анализ влияния изменения качества системы среднего и высшего образования в стране на изменение индекса развития человеческого капитала, который описан в [82]. В работе [8] выявлена взаимосвязь факторов, которые оказывают негативное влияние на состояние здоровья населения, и человеческого капитала.

Ряд авторов небезосновательно считают, что инвестиций только в образование и здоровье недостаточно, и предлагают расширить направления вложений в такие сферы, как культура, благосостояние (инфраструктурная обеспеченность), НИОКР, деятельность организаций отдыха, развлечений и спорта, а также в окружающую среду [53; 85]. В работе [86] разработана новая

комплексная мера инвестиций в человеческий капитал как альтернатива традиционной системе оценок, основанной на образовании. Исследование [87] раскладывает человеческий капитал на социальную и коммерческую составляющие, специфицируя каждую из них в области предпринимательства.

Вместе с тем, следует признать, что в научной литературе до сих пор ощущается нехватка опыта исследований влияния всего комплекса различных по направлениям инвестиций в человеческий капитал с учетом их синергетического эффекта. На сегодняшний день практически доказана существенная положительная роль ИЧК в развитии регионов, но наиболее актуальным сейчас является переориентация исследований в сторону совершенствования структуры ИЧК для достижения регионами параметров развития человеческого капитала, заданными главными программными документами страны.

Основные аспекты разрабатываемой динамической оптимизационной модели распределения финансовых ресурсов для максимального продвижения по развитию регионального человеческого капитала отражены в нашей работе [88]. Рассмотрим задачу выбора оптимальной структуры распределения инвестиций в человеческий капитал и качество жизни по направлениям инвестирования и годам с горизонтом планирования T для достижения максимально возможного уровня человеческого капитала региона. В каждый момент времени t , где $t = 0, 1, \dots, T-1$ осуществляется инвестирование финансовых ресурсов в развитие регионального человеческого капитала.

Как отмечалось ранее, региональный человеческий капитал как целостная система складывается из определенных компонент. В концептуальной модели, описанной в п. 1.1, выделено шесть базовых групп компонент и предложены 26 показателей для оценки регионального человеческого капитала. Каждому региону поставим в соответствие вектор-функцию:

$$Z_n(t) = (z_{1n}(t), \dots, z_{In}(t)), n=1, \dots, N. \quad (2.1)$$

где $z_{in}(t)$ – уровень i -й характеристики человеческого капитала n -го региона в момент времени t ; I – количество показателей, описывающих развитие регионального человеческого капитала; N – количество регионов.

В пункте 1.1 были обозначены 12 направлений инвестирования в человеческий капитал.

Для функционального описания влияния инвестиций на показатели человеческого капитала построены эконометрические зависимости следующего вида:

$$z_{in}(t+1) = p_i \left(\begin{matrix} z_{in}(t), x_{1n}(t), \dots, x_{jn}(t), x_{1n}(t-1), \dots, \\ x_{jn}(t-1), x_{1n}(t-2), \dots, x_{jn}(t-2) \end{matrix} \right), \quad (2.2)$$

где $x_{jn}(t)$ – объем инвестиций по j -му направлению инвестирования в момент времени t ; j – номер направления инвестирования, $j = 1, 2, \dots, J$.

При построении данных зависимостей учитывалось наличие разрыва во времени (лаг) между осуществлением инвестирования и получением полезного эффекта.

В стратегиях и программах социально-экономического развития региона в рамках стратегических целей и задач задаются целевые значения результирующих показателей развития человеческого капитала на рассматриваемом горизонте планирования. Обозначим целевые значения z_{in} .

Степень достижения i -й цели для n -го региона в момент времени t определяется по следующей формуле:

$$K_{in}(t) = \frac{z_{in}(t)}{\hat{z}_{in}}, \quad t = 0, 1, \dots, T. \quad (2.3)$$

Интегральный показатель достижения целей по развитию человеческого капитала региона:

$$IHC_n(t) = \sum_{i=1}^1 (\alpha_i(t) \times K_{in}(t)), \quad (2.4)$$

где $\alpha_i(t)$ – весовой коэффициент, характеризующий важность i -го показателя развития человеческого капитала в момент времени t .

Под структурой инвестиций будем понимать следующую вектор-функцию:

$$d_n(t) = (d_{1n}(t), \dots, d_{jn}(t)), \quad d_{jn}(t) = \frac{x_{jn}(t)}{R_n(t)}, \quad (2.5)$$

где $R_n(t)$ – общий объем инвестиций в качество жизни и человеческий капитал n -го региона в момент времени t .

Для построения модели сделаем ряд предположений относительно процесса развития человеческого капитала:

1) ежегодные объемы инвестиций по каждому направлению имеют ограничения снизу $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_J)$ и сверху $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_J)$;

2) если один период в модели равен году, то каждый показатель человеческого капитала за период не может очень существенно измениться, т.е. относительный прирост показателя ограничен сверху и снизу;

3) степени достижения целевых значений на конце горизонта планирования, то есть в момент времени T не должны значительно отличаться от целевых значений.

Таким образом, формирование оптимальной структуры инвестиций в области развития регионального человеческого капитала предлагается осуществлять, используя следующую модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} IHC_n(t) = \sum_{i=1}^I (\alpha_i(t) \times K_{in}(t)) \rightarrow \max, \\ K_{in}(t) = \frac{z_{in}(t)}{\hat{z}_{in}}, \\ z_{in}(t+1) = p_i \left(\begin{array}{l} z_{in}(t), x_{1n}(t), \dots, x_{Jn}(t), x_{1n}(t-1), \dots, \\ x_{Jn}(t-1), x_{1n}(t-2), \dots, x_{Jn}(t-2) \end{array} \right), \\ x_{Jn}(t) = d_{Jn}(t) \times R_n(t), \\ \sum_{j=1}^J d_{Jn}(t) \leq 1, \\ \alpha_j \leq d_{Jn}(t) \leq \beta_j, n = 1, \dots, N, \\ \delta_i \leq \frac{z_{in}(t+1) - z_{in}(t)}{z_{in}(t)} \leq \gamma_i, n = 1, \dots, N, \\ p_i \leq K_{in}(T) \leq q_i, n = 1, \dots, N. \end{array} \right.$$

где $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_J)$, $\bar{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_J)$ – ограничения снизу и сверху на объем инвестиций по каждому направлению; $\bar{\delta} = (\delta_1, \dots, \delta_I)$, $\bar{\gamma} = (\gamma_1, \dots, \gamma_I)$ – ограничения снизу и сверху на относительное изменение каждого показателя человеческого капитала за один период времени; $\bar{p} = (p_1, \dots, p_I)$, $\bar{q} = (q_1, \dots, q_I)$ – ограничения снизу и сверху на степень достижения целевого значения каждого показателя человеческого капитала.

Переменными модели, по которым проводится оптимизация, являются ежегодные доли инвестиций по отдельным направлениям инвестирования $d_1(t), \dots, d_{15}(t)$, $t = 0, 1, \dots, T$.

Далее рассмотрим пример формирования оптимальной структуры инвестиций в развитие человеческого капитала и повышение качества жизни на примере Приморского края.

В качестве исходных данных взяты показатели развития человеческого капитала и объемы инвестиций по направлениям для Приморского края за 2011–2017 гг. В пункте 1.2 проведена кластеризация регионов Российской Федерации по показателям человеческого капитала. Приморский край вошел в «Малый» кластер.

Рассмотрим оптимизацию структуры инвестиций с горизонтом планирования три года ($T = 3$). Целевые значения показателей развития человеческого капитала задаются следующим образом:

$$\hat{z}_{in} = 1,15 \times z_{in}(0), \quad (2.6)$$

где $z_{in}(0)$ – значение i -го показателя для Приморского края в 2017 г.

Вектора ограничений, используемые в модели (6), зададим следующим образом:

1) векторы $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_J)$ и $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_J)$, представляющие ограничения снизу и сверху на объёмы инвестиций по направлениям, представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Нижние и верхние границы объёма годовых государственных инвестиций по направлениям (тыс. руб. / тыс. чел.)

Переменные объёма инвестиций	Нижняя граница	Верхняя граница
x_1	950	2774
x_2	10	18
x_3	549	4063
x_4	3807	16 428
x_5	2619	10 379

Окончание табл. 2.1

Переменные объёма инвестиций	Нижняя граница	Верхняя граница
x_6	21	94
x_7	1456	18 061
x_8	31	2223
x_9	3246	15 020
x_{10}	4470	16 651
x_{11}	407	2589
x_{12}	72	295

Указанные в таблице 2.1 границы рассчитаны на основе выборочных средних x_{cp} и выборочных среднеквадратических отклонениях σ , найденных по статистическим данным для Приморского края за 2011–2017 гг.: $\alpha_j = x_{cp} - 3\sigma$, $\beta_j = x_{cp} + 3\sigma$;

2) нижние и верхние границы относительных изменений показателей регионального человеческого капитала за один период времени установлены следующим образом: а) для показателей групп «профессионализм», «образование», «научное развитие», «здравоохранение», «культура» δ_i и γ_i равны 0,7; б) для показателей группы «инновационное развитие» равны 1,5. Отличие для группы «инновационное развитие» связано с возможностью более значительного изменения показателей за год в связи с существенно меньшей инерционностью этих показателей;

3) исходя из того, чему равны степени достижения показателей человеческого капитала в момент времени $t = 0$, ограничения снизу на степень достижения целевого значения каждого показателя для всех групп установим 0,75; ограничения сверху для показателей группы «инновационное развитие» установим равным 3, а для всех остальных показателей равным 1,5. Это связано с соображением о том, что желателен не очень значительный разброс степеней достижения целевых значений.

Ниже представлены результаты оптимизации структуры финансовых ресурсов по предлагаемой модели развития регионального человеческого капитала с описанными выше ограничениями на горизонте планирования $T = 3$. Рассмотрены два сценария: а) инерционный, при котором во все моменты времени $t = 0, \dots, T-1$

сохраняется структура инвестиций, бывшая в момент времени $t = -1$; б) оптимизационный, при котором используется оптимальная структура инвестиций, рассчитанная по модели. Объем инвестиций для обоих сценариев каждый год увеличивается на 5%.

На рисунке 2.1 представлены интегральный показатель достижения целей по развитию человеческого капитала региона $ИНС_n(t)$ и степени достижения аналогичных интегральных показателей по всем базовым группам компонент человеческого капитала при инерционном и оптимизационном сценариях в момент времени $T = 3$.

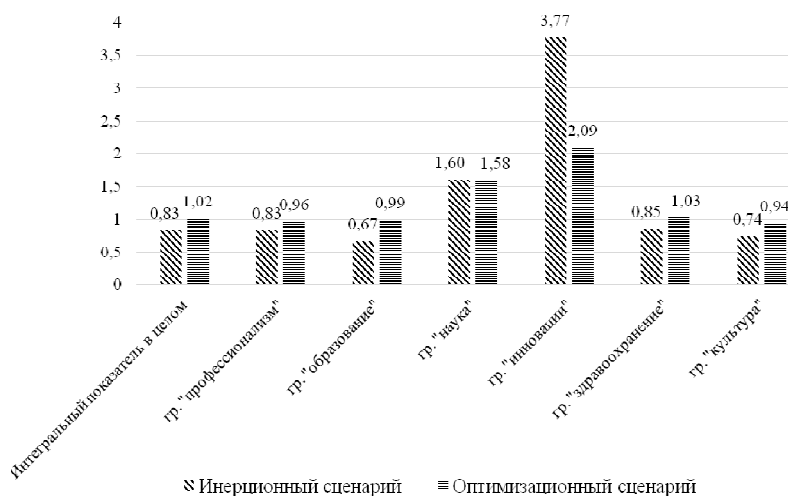


Рис. 2.1. Интегральные показатели степени достижения целей при инерционном и оптимизационном сценариях в конечной точке горизонта планирования (в целом и для базовых групп показателей)

В конечный момент времени $T = 3$ интегральный показатель степени достижения целей $ИНС_n(t)$ при оптимизации равен 1,01, в то время как при инерционном сценарии можно достичь только 0,83. В момент времени $t = 0$ уровень достижения цели равен 0,77. Достижение целевых значений показателей не распределено равномерно по группам как при оптимизационном, так и при инерционном сценарии.

Стоит отметить, что при оптимизации структура инвестиций изменяется по годам. На рисунке 2.2 приведено сравнение структуры инвестиций для оптимизационного сценария (в моменты времени $t = 0$, $t = 1$, и $t = 2$) со структурой инвестиций при инерционном сценарии.

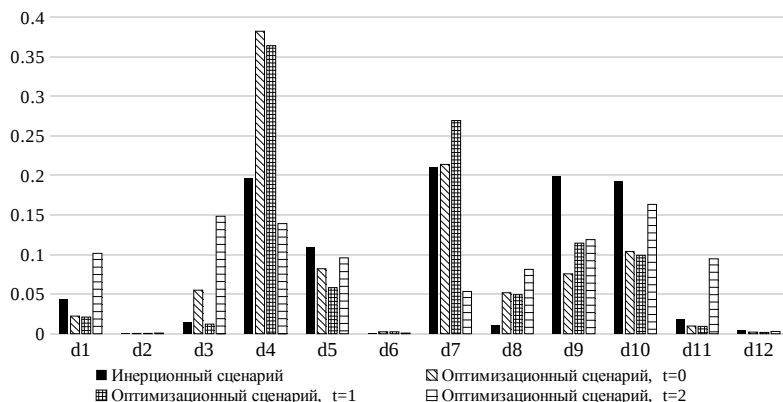


Рис. 2.2. Динамика структуры инвестиций по направлениям для оптимизационного и инерционного сценариев

Как видно из рис. 2.2, доли направлений инвестирования в общей сумме инвестиций (переменные d_j , соответствующие направлениям инвестирования x_j) при инерционном сценарии могут либо иметь значительные отличия от структуры инвестиций при оптимизационном сценарии, либо не сильно отличаться от него. При этом структура инвестиций при оптимизационном сценарии не является статичной и различается в каждый отдельный момент времени t .

К примеру, доля инвестиций в национальную экономику (d_4) при инерционном сценарии равна 0,19, а при оптимизационном сценарии меняется от 0,37 до 0,13. Вложения в образование (d_7) при инерционном сценарии составляют 0,21 от общего объема инвестиций, при оптимизационном сценарии меняются в первый год от 0,21 до 0,27 и далее снижаются до 0,053. Доля инвестиций в здравоохранение (d_9) стабильно увеличивается от 0,075 до 0,118 к третьему году.

На основе построенной модели можно сделать вывод, что в долгосрочной перспективе достижению целевых показателей бу-

дет способствовать более равномерная структура инвестиций по направлениям. Наряду с образованием и здравоохранением целесообразно наращивать инвестиции по другим направлениям, в первую очередь, в вопросы общегосударственной важности (переменная x_1), национальную безопасность и охрану общественного порядка (x_3), а также в социальную политику (x_{10}): рост доли этих направлений в общем объеме инвестирования наглядно виден на рис. 2.2.

2.2. Динамическая модель формирования оптимальной структуры региональных бюджетных инвестиций, способствующей через опережающее развитие человеческого капитала достижению стратегических ориентиров социально-экономического развития региона

Конечный эффект от инвестиций в человеческий капитал на региональном уровне выражается в увеличении конкурентоспособности экономики региона, росте валового регионального продукта и повышении уровня жизни населения. Различные методологические аспекты оценки сквозного влияния определенных направлений инвестирования на развитие человеческого капитала, а через него – на конкретные параметры социально-экономического развития территорий стали предметом ряда исследований в мировой научной литературе. Часть исследований подтверждает синергетический эффект взаимодействия различного рода инвестиций, в частности, инвестиций в основной и человеческий капитал. Так, по мнению российского академика А.Г. Аганбегяна, вложения в основной и человеческий капиталы – два взаимосвязанных и взаимообусловленных источника социально-экономического роста страны [11]. Китайские ученые в работе [89] находят, что темпы роста ВВП Китая положительно коррелируют с динамикой инвестиций и в основной, и в человеческий капиталы, при этом, эффект влияния прямых иностранных инвестиций существенно усиливается благодаря человеческому капиталу. Исследование [90] показывает, что влияние человеческого капитала на экономический рост Китая преимущественно косвенное и проявляется через инвестиции в физический капитал. Более того, чем

сильнее это влияние, тем выше риск усиления межрегионального социально-экономического неравенства в стране. В статье [91] в качестве причины снижения темпов экономического роста США определяется двукратное сокращение показателя совокупной факторной производительности страны, отражающей синергетический эффект взаимодействия физического и человеческого капиталов в производственных процессах. В свою очередь, усиление роли инвестиций в физический капитал оборачивается резким ростом неравенства в распределении доходов в американском обществе. Следует отметить, что упомянутые в пункте 2.1 социальное неравенство и дифференциация территорий по качеству жизни – важный компонент, посредством которого анализируется влияние ИЧК на социально-экономическое развитие регионов и определяется эффективность структуры инвестиций в человеческий капитал. Так, в статье [74] повышение эффективности накопления регионального человеческого капитала является основной рекомендацией для смягчения территориального экономического неравенства в Республике Корея.

В целом, большая часть изученных источников в качестве индикатора эффективности инвестирования в человеческий капитал определяют фактические темпы роста ВВП (ВРП) на душу населения либо другие обобщенные характеристики экономического роста, т.е. применяется позитивный анализ. С позиций стратегического планирования недостатком позитивного анализа является невозможность определить целевую эффективность национальных инвестиций, учитывающую целевые ориентиры социально-экономического развития. В этом случае сложно совершенствовать структуру инвестиций так, чтобы максимально продвинуться по пути развития человеческого капитала, обеспечив достижение заданных параметров экономического роста.

Рассмотрим разработку метода формирования на горизонте планирования T оптимальной структуры (по направлениям инвестирования и годам) государственных инвестиций, способствующих достижению стратегических ориентиров социально-экономического развития региона через опережающее развитие человеческого капитала региона. По сути, предлагается формализация концептуальной модели, предложенной в разделе 1.1, в виде задачи математического программирования на основе представления каналов влияния в виде построенных функциональных

зависимостей. Алгоритм решения данной задачи представлен в нашей работе [92]. Уточним цепочку каналов влияния, представленную в пункте 1.3, исходя из цели моделирования: структура и объемы инвестиций по разным направлениям инвестирования в качество жизни и человеческий капитал региона → показатели регионального человеческого капитала → продвижение по достижению стратегических целей и задач социально-экономического развития региона. Оптимизация структуры инвестиций даст максимально возможное продвижение по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития.

Рассмотрим многопериодный динамический процесс, в котором время $t=0, 1, \dots, T-1$. В каждый момент времени t осуществляется инвестирование финансовых ресурсов, влияющих на развитие регионального человеческого капитала напрямую или опосредованно.

Информация о показателях развития регионального человеческого капитала и инвестициях в его развитие представлена в п. 1.1. Показатели социально-экономического развития региона также приведены в п. 1.1.

Для функционального описания влияния инвестиций на показатели социально-экономического развития региона в п. 1.3 и 1.4 построена двухуровневая система эконометрических зависимостей:

- влияние инвестиций на показатели человеческого капитала;
- влияние показателей человеческого капитала на показатели социально-экономического развития.

Как отмечалось ранее, при построении зависимостей первого уровня для устранения мультиколлинеарности и снижения размерности задачи будем следовать следующей схеме: 1) построим главные компоненты для системы показателей человеческого капитала; 2) построим эконометрические зависимости главных компонент человеческого капитала от инвестиций.

Построенные модели панельных данных зависимости главных компонент показателей регионального человеческого капитала от инвестиций имеют следующий вид:

$$RCZ_{ln}(t) = g_l \begin{pmatrix} RCZ_{ln}(t-1), x_{1n}(t-1), \dots, x_{Jn}(t-1), \\ x_{1n}(t-2), \dots, x_{Jn}(t-2), x_{1n}(t-3), \dots, \\ x_{Jn}(t-3) \end{pmatrix}, \quad (2.7)$$

где $RCZ_{ln}(t)$ – l -я главная компонента человеческого капитала для n -го региона в момент времени t ; l – номер главной компоненты, $l=1, \dots, L$.

Каждому региону поставим в соответствие вектор-функцию:

$$W_n(t) = (w_{1n}(t), w_{2n}(t), \dots, w_{Kn}(t)), \quad (2.8)$$

где $w_{kn}(t)$ – значение k -го показателя социально-экономического развития n -го региона в момент времени t ; K – количество показателей, описывающих социально-экономическое развитие.

Построенные модели панельных данных зависимости показателей социально-экономического развития от главных компонент человеческого капитала имеют следующий вид:

$$w_{kn}(t+1) = f_k(w_{kn}(t), RCZ_{1n}(t), \dots, RCZ_{Ln}(t)). \quad (2.9)$$

В стратегиях и программах социально-экономического развития региона в рамках стратегических целей и задач задаются целевые значения результирующих показателей социально-экономического развития на рассматриваемом горизонте планирования. Обозначим данные значения w_{kn} .

Степень достижения k -й цели для n -го региона в момент времени t :

$$D_{kn}(t) = \frac{w_{kn}(t)}{\hat{w}_{kn}}, \quad (2.10)$$

Интегральный показатель достижения целей социально-экономического развития региона:

$$ISE_n(t) = \sum_{k=1}^K (v_k(t) \times D_{kn}(t)), \quad \sum_{k=1}^K v_k(t) = 1, \quad (2.11)$$

где $v_k(t)$ – весовой коэффициент, характеризующий важность k -й цели социально-экономического развития региона в момент времени t .

Коэффициенты $v_k(t)$ определяются экспертно с использованием вербальных оценок и учетом уровней компетентности экспертов. Вербальные оценки дефазифицируются методом среднего максимума.

В данной модели под структурой инвестиций будем понимать вектор-функцию (2.5).

Для построения модели используем ряд предположений относительно процесса развития человеческого капитала, представленные в п. 2.1.

Таким образом, формирование оптимальной структуры инвестиций, позволяющей в максимальной степени продвигаться по достижению интегрального показателя развития региона на основе опережающего развития человеческого капитала предлагается осуществлять, используя следующую модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} ISE_n(T) = \sum_{k=1}^K v_k(T) \cdot D_{kn}(T) \rightarrow \max, \\ D_{kn}(t) = \frac{w_{kn}(t)}{\hat{w}_{kn}}, w_{kn}(t+1) = f_k(w_{kn}(t), RCZ_{1n}(t), \dots, RCZ_{Ln}(t)), \\ t = 0, \dots, T-1, \\ RCZ_{ln}(t) = g_l \left(\begin{array}{c} RCZ_{ln}(t-1), x_{1n}(t-1), \dots, x_{jn}(t-1), \\ x_{1n}(t-2), \dots, x_{jn}(t-2), x_{1n}(t-3), \dots, \\ x_{jn}(t-3) \end{array} \right) \\ x_{in}(t) = d_{in}(t) \cdot R_n(t), \sum_{i=1}^I d_i(t) \leq 1, t = 0, \dots, T-1, \\ \alpha_i \leq d_{in}(t) \leq \beta_i, n = 1, \dots, N, t = 0, \dots, T-1, \\ -\varphi_k \leq \frac{w_{kn}(t+1) - w_{kn}(t)}{w_{kn}(t)} \leq \psi_k, t = 0, \dots, T-1, \\ -\delta_l \leq \frac{RCZ_{ln}(t+1) - RCZ_{ln}(t)}{RCZ_{ln}(t)} \leq \gamma_l, n = 1, \dots, N, t = 0, \dots, T-1, \\ p_k \leq D_{kn}(T) \leq q_k, n = 1, \dots, N. \end{array} \right.$$

где $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_M)$, $\bar{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_M)$ – ограничения снизу и сверху на объем инвестиций по каждому направлению; $\bar{\gamma} = (\gamma_1, \dots, \gamma_L)$, $\bar{\delta} = (\delta_1, \dots, \delta_L)$ – ограничения снизу и сверху на относительное изменение каждой главной компоненты человеческого капитала за один период времени; $\bar{\varphi} = (\varphi_1, \dots, \varphi_K)$, $\bar{\psi} = (\psi_1, \dots, \psi_K)$ – ограничения снизу и сверху на относительное изменение каждого показателя социально-экономического развития за один период времени; $\bar{p} = (p_1, \dots, p_K)$, $\bar{q} = (q_1, \dots, q_K)$ – ограничения снизу и сверху на сте-

пень достижения целевого значения каждого показателя человеческого капитала.

Отметим, что при вычислении главных компонент в моменты времени $t=1, 2, 3$ значения с лагом 2 и 3 берутся из ретроспективных данных.

Переменными модели, по которым проводится оптимизация, являются ежегодные доли инвестиций по отдельным направлениям инвестирования $d_1(t), \dots, d_{12}(t)$, $t = 0, 1, \dots, T$.

Рассмотрим пример формирования оптимальной структуры региональных инвестиций, позволяющей в максимальной степени продвигаться по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития региона на основе опережающего развития человеческого капитала на примере Приморского, Забайкальского и Алтайского краев и Белгородской области.

В качестве исходных данных из открытых источников взяты статистические данные по показателям развития человеческого капитала, объемам инвестиций по направлениям и социально-экономическому развитию для регионов Российской Федерации за 2011–2017 гг. В соответствии с проведенной кластеризацией Приморский и Забайкальский края вошли в кластер «малый», который включает регионы с доминированием малого и среднего бизнеса и показателями развития регионального человеческого капитала на среднем уровне. Белгородская область и Алтайский край входят в «промышленный», включающий индустриально-аграрные регионы, которые являются основными «поставщиками» постоянных рабочих мест в стране. В регионах этого кластера существует определенная монополия, созданная крупными аграрными и промышленными предприятиями.

Для зависимостей главных компонент показателей регионального человеческого капитала от лаговых показателей инвестиций методом Best Subsets построены модели панельных данных трех типов: сквозные модели, модели с детерминированными и случайными пространственными эффектами. С помощью тестов Вальда, Хаусмана и Бройша-Пагана выбраны лучшие из построенных моделей, которыми оказались модели с детерминированными пространственными эффектами. Для проверки гипотез о значимости уравнений использовался подход, базирующийся на понятии минимального уровня значимости или p -значения (p -value), которое может рассматриваться в качестве минимально возможной ошибки I рода.

Модели вида (2.7) семи главных компонент для кластера «малый» представлены в табл. 2.2. Из таблицы видно, что наборы значимых экзогенных переменных для главных компонент различаются как по переменным, так и по временным слоям, с которых они берутся.

Таблица 2.2

**Результаты моделирования главных компонент
человеческого капитала**

Главная компонента	Модель	p-value	R ²
RCZ_{1n}^t	$RCZ_{1n}^t = 0,17 + 1,08 \cdot RCZ_{1n}^{t-1} - 1,85 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^t -$ $- 1,77 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12n}^t + 3,40 \cdot 10^{-5} \cdot x_{13n}^{t-1} +$ $+ 2,70 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,95
RCZ_{2n}^t	$RCZ_{2n}^t = 9,30 \cdot 10^{-2} + 9,08 \cdot 10^{-1} \cdot RCZ_{2n}^{t-1} +$ $+ 3,45 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^t - 3,80 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,95
RCZ_{3n}^t	$RCZ_{3n}^t = 1,35 \cdot 10^{-1} + 9,70 \cdot 10^{-1} \cdot RCZ_{3n}^{t-1} +$ $+ 2,60 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^t + 4,40 \cdot 10^{-4} \cdot x_{15n}^t -$ $- 5,07 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^{t-1} + 5,06 \cdot 10^{-5} \cdot x_{14n}^{t-1} -$ $- 6,80 \cdot 10^{-4} \cdot x_{15n}^{t-1} - 9,40 \cdot 10^{-5} \cdot x_{3n}^{t-2} +$ $+ 3,48 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,91
RCZ_{4n}^t	$RCZ_{4n}^t = -1,50 \cdot 10^{-1} + 9,80 \cdot 10^{-1} \cdot RCZ_{4n}^{t-1} -$ $+ 5,07 \cdot 10^{-5} \cdot x_{9n}^t - 3,30 \cdot 10^{-5} \cdot x_{10n}^t +$ $+ 1,60 \cdot 10^{-4} \cdot x_{14n}^t + 1,08 \cdot 10^{-4} \cdot x_{3n}^{t-2} +$ $+ 5,90 \cdot 10^{-5} \cdot x_{9n}^{t-2} - 2,20 \cdot 10^{-4} \cdot x_{14n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,86
RCZ_{5n}^t	$RCZ_{5n}^t = 1,76 \cdot 10^{-1} + 9,84 \cdot 10^{-1} \cdot RCZ_{5n}^{t-1} -$ $- 7,80 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^t - 8,80 \cdot 10^{-5} \cdot x_{8n}^t -$ $- 3,20 \cdot 10^{-4} \cdot x_{14n}^{t-1} + 7,60 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^{t-2} +$ $+ 3,30 \cdot 10^{-4} \cdot x_{13n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,90

Главная компонента	Модель	p-value	R ²
RCZ_{6n}^t	$RCZ_{6n}^t = 2,10 \cdot 10^{-1} + 9,99 \cdot 10^{-1} \cdot RCZ_{6n}^{t-1} -$ $-1,50 \cdot 10^{-5} \cdot x_{4n}^t + 1,40 \cdot 10^{-4} \cdot x_{13n}^t -$ $-5,09 \cdot 10^{-4} \cdot x_{15n}^{t-1} + 4,40 \cdot 10^{-5} \cdot x_{7n}^{t-1} -$ $-6,80 \cdot 10^{-5} \cdot x_{9n}^{t-1} - 1,10 \cdot 10^{-4} \cdot x_{3n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,81
RCZ_{7n}^t	$RCZ_{7n}^t = -0,30 \cdot 10^{-1} + 9,80 \cdot 10^{-1} \cdot RCZ_{7n}^{t-1} -$ $-3,30 \cdot 10^{-4} \cdot x_{1n}^t - 2,80 \cdot 10^{-4} \cdot x_{8n}^t +$ $+7,02 \cdot 10^{-4} \cdot x_{12n}^t + 4,20 \cdot 10^{-4} \cdot x_{14n}^t -$ $-1,70 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15n}^t + 2,90 \cdot 10^{-4} \cdot x_{1n}^{t-1} -$ $-4,60 \cdot 10^{-4} \cdot x_{14n}^{t-1} + 1,80 \cdot 10^{-3} \cdot x_{15n}^{t-1} +$ $+1,96 \cdot 10^{-4} \cdot x_{8n}^{t-2}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,86

Для описания влияния уровня человеческого капитала на социально-экономическое развитие региона построены эконометрические зависимости вида (2.9). Для построения использовалось открытое программное обеспечение R. Наиболее качественные из рассмотренных типов моделей для нескольких показателей для кластера «малый» приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Фрагмент результатов моделирования показателей социально-экономического развития региона (СЭР)

Показатель СЭР	Модель	p-value	R ²
w_{1n}^t	$w_{1n}^t = 0,78 + 0,09 \cdot RCZ_{2n}^t + 0,04 \cdot RCZ_{4n}^t -$ $-0,01 \cdot RCZ_{5n}^t + 0,01 \cdot RCZ_{1n}^{t-1} -$ $-0,03 \cdot RCZ_{6n}^{t-1} - 0,02 \cdot RCZ_{7n}^{t-1}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,75

Показатель СЭР	Модель	p-value	R ²
w_{2n}^t	$w_{2n}^t = 0,58 - 0,14 \text{ } RCZ_{1n}^t + 0,13 \text{ } RCZ_{2n}^t -$ $- 0,12 \text{ } RCZ_{3n}^t + 0,08 \text{ } RCZ_{4n}^t +$ $+ 0,22 \text{ } RCZ_{1n}^{t-1} - 0,08 \text{ } RCZ_{2n}^{t-1} +$ $+ 0,19 \text{ } RCZ_{3n}^{t-1} + 0,03 \text{ } RCZ_{5n}^{t-1}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,72
w_{3n}^t	$w_{3n}^t = \alpha_i + 2,20 \cdot 10^{-16} \text{ } RCZ_{3n}^t - 0,04 \text{ } RCZ_{5n}^t -$ $- 0,02 \text{ } RCZ_{6n}^t + 0,04 \text{ } RCZ_{1n}^{t-1} +$ $+ 0,04 \text{ } RCZ_{2n}^{t-1}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,84
w_{4n}^t	$w_{4n}^t = 0,52 + 0,03 \text{ } RCZ_{2n}^t + 0,01 \text{ } RCZ_{5n}^t -$ $- 0,05 \text{ } RCZ_{3n}^{t-1} - 0,02 \text{ } RCZ_{7n}^{t-1}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$	0,65
w_{5n}^t	$w_{5n}^t = \alpha_i - 0,43 \text{ } RCZ_{1n}^t + 0,56 \text{ } RCZ_{2n}^t -$ $- 0,15 \text{ } RCZ_{5n}^t + 0,12 \text{ } RCZ_{6n}^t +$ $+ 0,27 \text{ } RCZ_{7n}^t + 0,29 \text{ } RCZ_{3n}^{t-1} -$ $- 0,41 \text{ } RCZ_{6n}^{t-1} - 0,23 \text{ } RCZ_{7n}^{t-1}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,48
w_{6n}^t	$w_{6n}^t = \alpha_i + 0,02 \text{ } RCZ_{3n}^t + 0,01 \text{ } RCZ_{4n}^t -$ $- 0,01 \text{ } RCZ_{5n}^t + 0,02 \text{ } RCZ_{2n}^{t-1} +$ $+ 0,02 \text{ } RCZ_{3n}^{t-1} - 0,01 \text{ } RCZ_{7n}^{t-1}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,81
w_{7n}^t	$w_{7n}^t = \alpha_i + 0,01 \text{ } RCZ_{1n}^t - 0,01 \text{ } RCZ_{2n}^t +$ $+ 0,24 \text{ } RCZ_{3n}^t + 0,01 \text{ } RCZ_{4n}^t +$ $+ 0,01 \text{ } RCZ_{3n}^{t-1} - 0,01 \text{ } RCZ_{5n}^{t-1}$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,74

Для кластера «малый» предпочтительными оказались модели с детерминированными индивидуальными эффектами, а для кластера «промышленный» – в основном сквозные модели панельных данных. С точки зрения *p*-value, коэффициента детерминации и средней по всем регионам кластера ошибки аппроксимации лучшими являются линейные модели.

В качестве примера проведем анализ моделей, представленных в табл. 2.2 и 2.3. При рассмотрении моделей главных компонент отметим:

1) государственные инвестиции в национальную оборону, жилищно-коммунальное хозяйство, физическую культуру и спорт не оказывают существенного влияния на главные компоненты в «малом» кластере;

2) государственные инвестиции в образование и частные инвестиции в образование, здравоохранение, физическую культуру и спорт оказывают максимальное влияние на главные компоненты в «малом» кластере.

Обе закономерности можно объяснить особенностью регионов. Как отмечалось ранее, в них преобладает малый и средний бизнес и показатели человеческого капитала находятся на среднем уровне. Это приводит к необходимости рационализировать использование частных ресурсов компаний при ограниченных объемах государственного инвестирования.

В свою очередь, все главные компоненты влияют на изменение показателей социально-экономического развития регионов в «малом» кластере.

Стоит отметить, что для трёх показателей социально-экономического развития (w_5 , w_{10} , w_{14}) не удалось построить достаточно значимых регрессий. Наиболее вероятно, что на эти переменные используемые главные компоненты человеческого капитала не оказывают существенного влияния. Поэтому, чтобы не исказить результаты моделирования, было принято решение о неиспользовании этих переменных в интегральном показателе социально-экономического развития.

Отметим наличие дифференциации перечня предикторов модели (и их коэффициентов) в зависимости от специфики кластера.

Для выбранных регионов рассмотрим оптимизацию структуры инвестиций с горизонтом планирования три года ($T = 3$). Целевые значения показателей развития человеческого капитала зададим следующим образом:

$$\hat{w}_{kn} = 1,15 \cdot w_{kn}(0), \quad (2.12)$$

где $w_{kn}(0)$ – значение k -го показателя в 2018 г.

Векторы ограничений, используемые в оптимизационной модели, имеют следующий вид:

1) векторы $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_I)$ и $\bar{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_I)$, представляющие ограничения снизу и сверху на объёмы инвестиций по направлениям для Приморского края, представлены в табл. 2.1;

2) нижние и верхние границы относительных изменений главных компонент регионального человеческого капитала за один момент времени для данного примера имеют вид $\bar{\delta} = (0, \dots, 0)$, $\bar{\gamma} = (1, \dots, 1)$;

3) исходя из того, чему равны степени достижения показателей человеческого капитала в момент времени $t=0$, ограничения снизу на степень достижения целевого значения каждого показателя для всех групп установим 0,75; ограничения сверху – 1,5.

Ниже представлен фрагмент результатов по оптимизации структуры финансовых инвестиционных ресурсов по предлагаемой модели достижения стратегических ориентиров социально-экономического развития региона с описанными выше ограничениями на горизонте планирования $T = 3$ (табл. 2.4).

Таблица 2.4

Фрагмент результатов распределения государственных инвестиций по направлениям инвестирования и годам

Наименование региона	Период	x_1	x_2	x_3	x_4	...
Приморский край	$t=1$	3,6 %	0,0 %	3,9 %	20,6 %	...
	$t=2$	3,3 %	0,0 %	0,5 %	38,2 %	...
	$t=3$	3,0 %	0,0 %	0,5 %	14,6 %	...
Забайкальский край	$t=1$	2,9 %	0,1 %	2,0 %	21,9 %	...
	$t=2$	5,0 %	0,1 %	1,0 %	13,8 %	...
	$t=3$	3,5 %	0,1 %	1,0 %	13,5 %	...
Белгородская область	$t=1$	1,7 %	0,0 %	4,3 %	42,0 %	...
	$t=2$	1,7 %	0,0 %	0,3 %	40,5 %	...
	$t=3$	1,7 %	0,0 %	0,3 %	28,7 %	...
Алтайский край	$t=1$	1,1 %	0,0 %	5,6 %	26,4 %	...
	$t=2$	1,6 %	0,1 %	0,5 %	37,7 %	...
	$t=3$	1,4 %	0,0 %	0,5 %	14,7 %	...

Далее рассмотрены два сценария:

а) инерционный, данные для которого берутся из региональных законопроектов о бюджете;

б) оптимизационный, при котором используется оптимальная структура инвестиций, рассчитанная по модели (сумма затратной части бюджета аналогична сумме при инерционном сценарии).

На рисунке 2.3 представлен график максимальных отклонений на временном интервале объемов инвестиций по направлениям при оптимизационном сценарии от объемов инвестиций при инерционном сценарии.

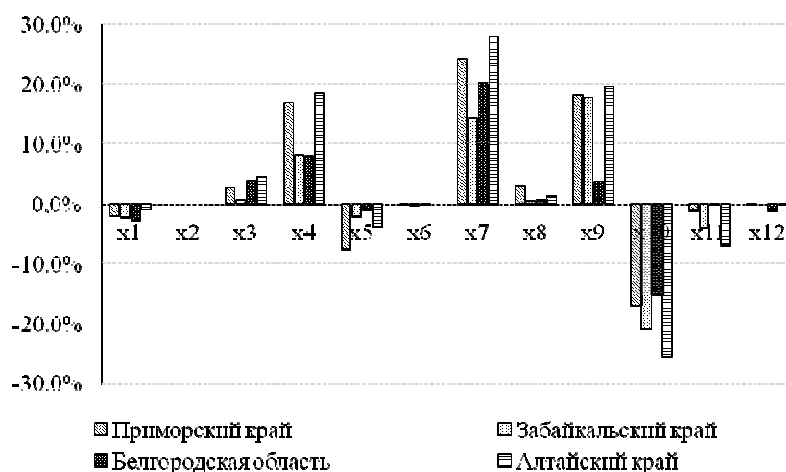


Рис. 2.3. График отклонений объема инвестиций при оптимизационном сценарии от инерционного сценария

Анализируя результаты (рис. 2.3), стоит отметить следующее:

– для Приморского края максимальное отклонение объемов инвестирования в положительную сторону наблюдается для трех направлений – образование (x_7), здравоохранение (x_9) и национальная экономика (x_4) (изменение на 24,1% ($T=2$), 18,1% ($T=3$) и 16,9% ($T=1$) соответственно). Максимальное сокращение объемов инвестирования наблюдается для двух направлений – социальная политика (x_{10}) и жилищно-коммунальное хозяйство (x_5) (изменение на -17,2% ($T=3$) и -7,6 % ($T=1$) соответственно);

– для Забайкальского края максимальное увеличение объемов инвестирования в положительную сторону наблюдается для трех направлений – здравоохранение (x_9), образование (x_7) и национальная экономика (x_4) (изменение на 17,7% ($T=3$), 14,3% ($T=3$) и 8,1% ($T=3$) соответственно). Максимальное сокращение объемов инвестирования наблюдается для направления – социальная политика (x_{10}) (изменение на –20,8% ($T=3$));

– для Белгородской области максимальное увеличение объемов инвестирования в положительную сторону наблюдается для двух направлений – образование (x_7) и национальная экономика (x_4) (изменение на 20,1% ($T=3$) и 8,0% ($T=1$) соответственно). Максимальное сокращение объемов инвестирования наблюдается для направления – социальная политика (x_{10}) (изменение на –15,2% ($T=3$));

– для Алтайского края максимальное увеличение объемов инвестирования в положительную сторону наблюдается для трех направлений – образование (x_7), здравоохранение (x_9) и национальная экономика (x_4) (изменение на 27,9% ($T=3$), 19,6% ($T=2$) и 18,3% ($T=1$) соответственно). Максимальное сокращение объемов инвестирования наблюдается для направления – социальная политика (x_{10}) (изменение на –25,6% ($T=3$)).

Таким образом, можно сделать вывод о высокой эффективности таких направлений, как образование, здравоохранение и национальная экономика. Данные направления оказывают всестороннее влияние на развитие человеческого капитала и через его повышение на большинство показателей социально-экономического развития регионов. Максимальное сокращение объемов инвестирования для всех регионов отмечается по одному направлению инвестирования – социальная политика. Это говорит об инвестировании значительного объема финансовых ресурсов, которые являются неэффективными с точки зрения продвижения по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития регионов.

На рисунке 2.4 представлен график отклонений степеней достижения целевых значений показателей социально-экономического развития регионов при оптимизационном сценарии от инерционного в момент времени $T=3$.

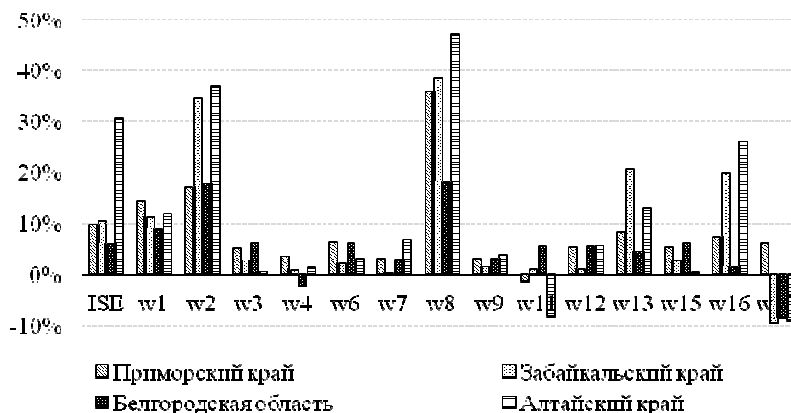


Рис. 2.4. Отклонения степеней достижения целевых значений показателей социально-экономического развития

Анализируя данные, графически представленные на рисунке 2.4, отметим следующее:

– для Приморского края значение интегрального показателя (ISE_n^3) при оптимизационном сценарии на 9,7% выше, чем при инерционном и станет равным 1,08. Улучшение более чем на 10 % при оптимизационном сценарии (в сравнении с инерционным) наблюдается для следующих показателей:

1) «доля занятого населения в рабочей силе» (w_1) на 14,2% (равен 0,80);

2) «среднедушевые денежные доходы, соотношенные с величиной прожиточного минимума» (w_2) на 17,2% (равен 1,16);

3) «инвестиции в основной капитал на душу населения» (w_8) на 35,8% (равен 1,04).

Происходит незначительное ухудшение для показателя «объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» на душу населения» (w_{11}) на 1,3% (равен 1,47);

– для Забайкальского края значение интегрального показателя (ISE_n^3) при оптимизационном сценарии на 10,3% выше, чем при инерционном и станет равным 1,06. Улучшение более

чем на 10% при оптимизационном сценарии (в сравнении с инерционным) наблюдается для таких показателей, как:

1) «доля занятого населения в рабочей силе» (w_1) на 11,2% (равен 1,05);

2) «среднедушевые денежные доходы, соотнесенные с величиной прожиточного минимума» (w_2) на 34,6% (равен 1,51);

3) «инвестиции в основной капитал на душу населения» (w_8) на 38,6% (равен 0,47);

4) «продукция сельского хозяйства на душу населения» (w_{13}) на 20,5% (равен 1,25);

5) «удельный вес безубыточных (включая прибыльные) организаций» (w_{16}) на 19,7% (равен 1,62).

Стоит также отметить, что происходит ухудшение для показателя «доходы консолидированных бюджетов субъектов РФ на душу населения» (w_{17}) (изменение на 9,6 % (равен 0,81));

– для Белгородской области значение интегрального показателя (ISE_n^3) при оптимизационном сценарии на 5,9% выше, чем при инерционном и станет равным 0,95. Улучшение более чем на 10 % при оптимизационном сценарии (в сравнении с инерционным) наблюдается для таких показателей, как:

1) «среднедушевые денежные доходы, соотнесенные с величиной прожиточного минимума» (w_2) на 17,8% (равен 0,88);

2) «инвестиции в основной капитал на душу населения» (w_8) на 18,1% (равен 0,67).

Стоит также отметить, что происходит ухудшение для показателей:

1) «доля потребительских расходов в общем объеме доходов населения» (w_4) на 2,3% (равен 0,84);

2) «доходы консолидированных бюджетов субъектов РФ на душу населения» (w_{17}) на 8,5% (равен 1,16);

– для Алтайского края значение интегрального показателя (ISE_n^3) при оптимизационном сценарии на 30,6% выше, чем при инерционном и станет равным 0,93. Улучшение более чем на 10 % при оптимизационном сценарии (в сравнении с инерционным) наблюдается для таких показателей, как:

1) «доля занятого населения в рабочей силе» (w_1) на 11,8% (равен 0,94);

2) «среднедушевые денежные доходы, соотнесенные с величиной прожиточного минимума» (w_2) на 37,0% (равен 0,99);

3) «инвестиции в основной капитал на душу населения» (w_8) на 47,1% (равен 0,19);

4) «продукция сельского хозяйства на душу населения» (w_{13}) на 13,1% (равен 0,78);

5) «удельный вес безубыточных (включая прибыльные) организаций» (w_{16}) на 26,0% (равен 0,68).

Происходит ухудшение для показателей:

1) «объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Обрабатывающие производства» на душу населения» (w_{11}) на 8,2% (равен 1,12);

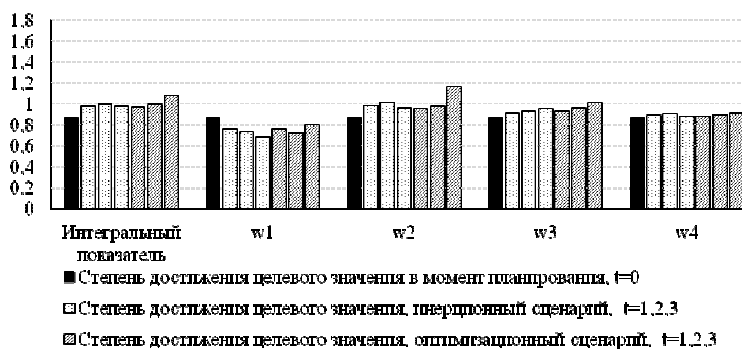
2) «доходы консолидированных бюджетов субъектов РФ на душу населения» (w_{17}) на 9,0% (равен 1,06).

Стоит также отметить, что по некоторым показателям имеется отрицательная тенденция по сравнению с инерционным сценарием. Однако, с одной стороны, данные отклонения не существенны, с другой стороны, они не приводят к негативным последствиям (т.е. целевые значения по большинству показателей достигаются).

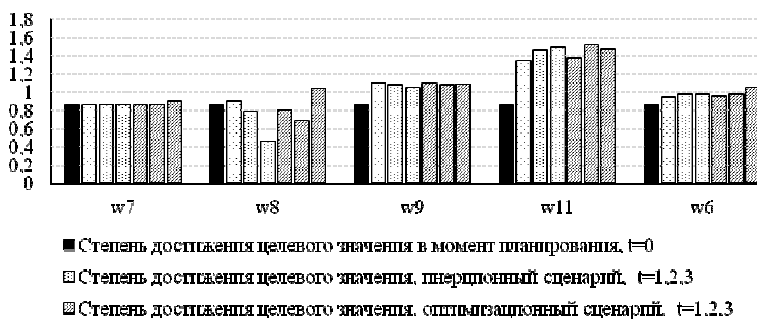
По ряду показателей при заданном объеме инвестирования достичь целевых значений показателей социально-экономического развития не является возможным. Это может говорить о необходимости либо корректировки целевых ориентиров развития региона, либо увеличения объема государственных финансовых ресурсов.

Далее в качестве примера на рис. 2.5 приведена динамика изменения показателей для двух сценариев для Приморского края.

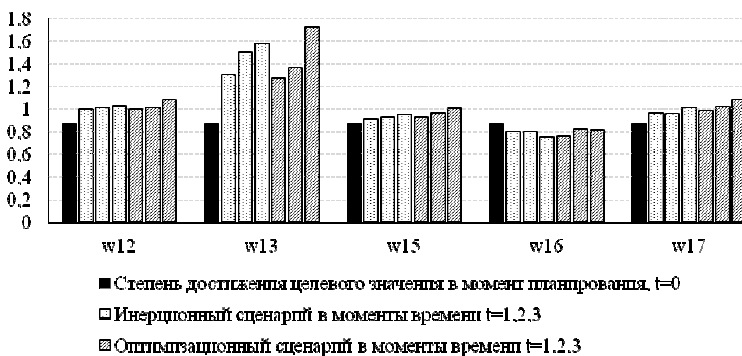
Анализируя данные рис. 2.5, можно сделать выводы для Приморского края о наличии положительной динамики с более высокими темпами роста при оптимизационном сценарии по сравнению с инерционным. Таким образом, можно говорить о повышении эффективности при планировании структуры государственных инвестиций с использованием авторской оптимизационной модели.



a



б



в

Рис. 2.5. Динамика изменения показателей социально-экономического развития регионов при различных сценариях: *a* – для интегрального показателя и показателей 1–4; *б* – для показателей 6–9, 11; *в* – для показателей 12, 13, 15–17

2.3. Нечеткая многопериодная оптимизационная модель распределения региональных бюджетных инвестиций для повышения величины регионального человеческого капитала

В пункте 2.1 была описана четкая многопериодная оптимизационная модель распределения региональных бюджетных инвестиций для повышения величины регионального человеческого капитала. Актуализируем ряд ограничений для данной модели и рассмотрим задачу в нечеткой постановке, как отражено в [93].

Объем инвестиций в развитие человеческого капитала в момент времени t ограничен суммарным бюджетом региона $R_n(t)$:

$$\sum_{j=1}^{12} x_{jn}(t) \leq R_n(t). \quad (2.13)$$

Отметим, что объем бюджета определяется органами государственной власти.

Предположим, что ежегодные темпы роста объемов государственных инвестиций по каждому направлению имеют ограничения снизу $\bar{a} = (a_1, \dots, a_{12})$, связанные с необходимым минимальным объемом финансовых средств для поддержания созданной на предыдущем этапе среды, и сверху $\bar{b} = (b_1, \dots, b_{12})$, связанные с максимально возможным объемом финансовых средств для освоения:

$$a_j \leq \frac{x_{jn}(t)}{x_{jn}(t-1)} \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, 12. \quad (2.14)$$

Как отмечалось ранее в п. 2.1, частные инвестиции относятся к нерегулируемым финансовым потокам, направляемым на развитие человеческого капитала. Однако для построения модели сделаем предположение, что ежегодные темпы роста объемов частных инвестиций по направлениям ограничены снизу $\bar{c} = (c_{13}, c_{14}, c_{15})$ и сверху $\bar{d} = (d_{13}, d_{14}, d_{15})$:

$$c_j \leq \frac{x_{jn}(t)}{x_{jn}(t-1)} \leq d_j, \quad j = 13, 14, 15. \quad (2.15)$$

Дополним модель предположениями относительно процесса развития человеческого капитала:

– если один период в модели равен одному году, то большинство показателей человеческого капитала за данный период не может существенно измениться, то есть относительный прирост показателя ограничен снизу $\bar{e} = (e_1, \dots, e_I)$ и сверху $\bar{f} = (f_1, \dots, f_I)$:

$$e_i \leq \frac{z_{in}(t+1) - z_{in}(t)}{z_{in}(t)} \leq f_i, \quad i = 1, \dots, I; \quad (2.16)$$

– степени достижения целевых значений на конце горизонта планирования (в момент времени T) не должны значительно отличаться от целевых значений, то есть отклонения показателей человеческого капитала региона от целевых значений имеют ограничения снизу $\bar{g} = (g_1, \dots, g_I)$ и сверху $\bar{h} = (h_1, \dots, h_I)$:

$$g_i \leq \frac{z_{in}(T)}{\hat{z}_{in}} \leq h_i, \quad i = 1, \dots, I. \quad (2.17)$$

Стоит заметить, что значения параметров модели a_j , b_j , c_j , d_j , e_i , f_i , g_i , h_i и α_i определяются на основании экспертных оценок. Достаточно сложным является задание данных значений в виде чёткого числа. Эксперту проще формулировать данные значения в виде вербальной оценки, учитывая личные представления и ощущения (исходя из их природы, опыта эксперта и формулировки проблемы). Одним из способов такого упрощения задачи для эксперта является применение нечетко-множественного подхода. Поэтому в качестве оценок значений коэффициентов целевой функции и ограничений модели воспользуемся вербальными оценками, преобразованными в нечеткие трапециевидные числа.

В качестве примера рассмотрим нечётко-множественное представление двух переменных. Для лингвистической переменной $Y = \langle \text{минимальный} / \text{максимальный темп роста объемов государственных инвестиций по направлению инвестирования} \rangle$ терм-множество можно записать как $V(y) = \{\text{около } 0; \text{около } 0,5; \text{около } 1; \text{около } 1,5; \text{около } 2\}$. Функции принадлежности задаются в виде нечетких чисел:

- $W(\text{около } 0) = \{0; 0; 0,1; 0,5\}$;
- $W(\text{около } 0,5) = \{0; 0,4; 0,6; 1\}$;
- $W(\text{около } 1) = \{0,5; 0,9; 1,1; 1,5\}$;
- $W(\text{около } 1,5) = \{1; 1,4; 1,6; 2\}$;
- $W(\text{около } 2) = \{1,5; 1,9; 2; 2\}$.

На рисунке 2.6 приведены соответствующие функции принадлежности трапецидального вида.

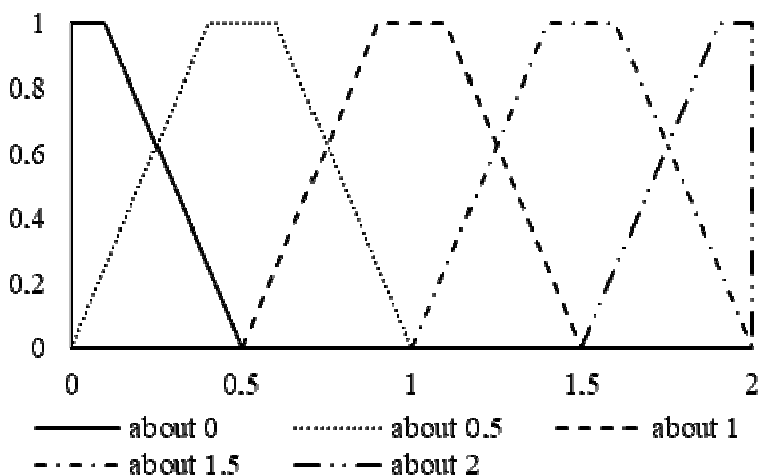


Рис. 2.6. Система трапециевидных функций принадлежности на носителе [0; 2]

Для лингвистической переменной $Y = \langle \text{важности показателя человеческого капитала} \rangle$ терм-множество можно записать как $V(y) = \{\text{очень низкая; низкая; ниже среднего; средняя; выше среднего; высокая; очень высокая}\}$. Функции принадлежности задаются в виде нечетких чисел:

- $W(\text{очень низкая}) = \{0; 0; 1; 3\}$;
- $W(\text{низкая}) = \{1; 3; 3; 4\}$;
- $W(\text{средняя}) = \{4; 5; 5; 6\}$;
- $W(\text{высокая}) = \{6; 7; 7; 9\}$;
- $W(\text{очень высокая}) = \{7; 9; 10; 10\}$.

Для оставшихся параметров модели нечеткость определяется аналогичным образом.

Отметим, что для определения значений параметров модели проводится индивидуальный экспертный опрос, основанный на использовании мнений независимых друг от друга экспертов и позволяющий определить значения показателей в заданном диапазоне. В том случае, когда проводится опрос двух и более экспертов, существует необходимость консолидации их мнений. Для

консолидации мнений экспертов при ответе на вопрос воспользуемся следующей формулой:

$$\bar{r} = \sum_{q=1}^Q r^q \cdot v(s^q), \quad (2.18)$$

где r^q – оценка значения параметра данная q -м экспертом; $v(s^q)$ – функция важности респондента; s^q – оценка уровня компетенции q -го эксперта при оценке значения параметра r ; Q – количество опрашиваемых экспертов.

В качестве функции важности респондента выберем следующую:

$$v(s^q) = \frac{s^q}{\sum_{q=1}^Q s^q}. \quad (2.19)$$

Данная функция означает «сглаживание» оценок экспертов пропорционально поставленным оценкам компетентности. Выбор же возрастающей, выпуклой вниз функции приводит к увеличению важности мнений более компетентных специалистов.

Для определения коэффициентов важности показателей человеческого капитала, необходимо произвести нормировку оценок следующим образом: консолидированную оценку важности i -го показателя разделить на сумму всех консолидированных оценок важности показателей.

Таким образом, модель формирования оптимального распределения государственных инвестиций, напрямую или косвенно влияющих на развитие регионального человеческого капитала, примет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} IHC_n(T) = \sum_{i=1}^I \left(\alpha_i \times \frac{z_{1n}(T)}{\hat{z}_{1n}} \right) \rightarrow \max, \\ z_{in}(t+1) = p_i(z_{in}(t), x_{1n}(t), \dots, x_{jn}(t), x_{1n}(t-1), \dots, x_{jn}(t-1), x_{1n}(t-2), \dots, x_{jn}(t-2)), \\ \sum_{j=1}^{12} x_{jn}(t) \leq R_n(t), a_j \leq \frac{x_{jn}(t)}{x_{jn}(t-1)} \leq b_j, \\ c_j \leq \frac{x_{jn}(t)}{x_{jn}(t-1)} \leq d_j, e_i \leq \frac{z_{1n}(t+1) - z_{1n}(t)}{\hat{z}_{in}(t)} \leq f_i, g_i \leq \frac{z_{1n}(T)}{\hat{z}_{1n}} \leq h_i. \end{array} \right.$$

Переменными модели, по которым проводится оптимизация, являются ежегодные объемы инвестиций по отдельным направлениям инвестирования $x_{in}(t), \dots, x_{jn}(t)$, $t = 1, \dots, T$.

Предложенная модель представляет собой задачу нечеткого программирования в связи с тем, что большинство коэффициентов зависимостей, определяющих целевую функцию, и параметров ограничений являются нечеткими числами. В связи с этим необходимо разработать метод нахождения решения данной нечеткой задачи по формированию оптимального портфеля региональных стратегических проектов. Будем использовать подход, представленный в работах [13; 26]. Идея подхода состоит в сведении нечеткой оптимизационной модели к четкой путем преобразования нечетких неравенств для целевой функции и ограничений в четкие на заданных уровнях достоверности.

Зададим уровни достоверности λ_{IHC} , λ_R , λ_a , λ_b , λ_e , λ_f , λ_g , λ_h для целевой функции и ограничений соответственно. Имеем следующую систему соотношений:

$$\left\{ \begin{array}{l} v \rightarrow \max, \quad N \sum_{\tilde{z}_{in}} \frac{z_{in}}{\tilde{z}_{in}} (v, v, \infty, \infty) \geq \lambda_{IHC}, \\ N \sum_{z_{in}(t)} (R_n) \geq \lambda_R, \quad N \frac{x_{jn}(t)}{x_{jn}(t-1)} (b_j) \geq \lambda_b, \quad N \frac{-x_{jn}(t)}{x_{jn}(t-1)} (-a_j) \geq \lambda_a, \\ N \frac{z_{in}(t+1) - z_{in}(t)}{z_{in}(t+1)} (e_i) \geq \lambda_e, \quad N \frac{-z_{in}(t+1) - z_{in}(t)}{z_{in}(t+1)} (-f_i) \geq \lambda_f, \\ N \frac{z_{in}}{\tilde{z}_{in}} (g_i) \geq \lambda_g, \quad N \frac{-z_{in}}{\tilde{z}_{in}} (-h_i) \geq \lambda_h. \end{array} \right.$$

Здесь $N_A(B) > \lambda$ означает, что число A удовлетворяет ограничению B с уровнем достоверности λ .

Это условие эквивалентно следующему неравенству:

$$\min_x \max (1 - \mu_A(x), \mu_B(x)) > \lambda, \quad (2.20)$$

где $\mu_Y(x)$ – функция принадлежности нечеткого числа Y .

В частности, пусть суммарный по всем направлениям инвестирования объем финансовых средств выделяемых из бюджета n -го региона в момент времени t является трапециевидным не-

чётким числом $\sum x_{jn}(t) = (z_1, z_2, z_3, z_4)$ и ограничение сверху на суммарный объём затрат бюджета имеет нечёткое представление $R_n(t) = (0, 0, v_3, v_4)$. Тогда нечёткое ограничение $N_{\sum x_{jn}(t)}(R_n) \geq \lambda_R$ равносильно:

$$[(1 - \lambda_R) z_3 + \lambda_R z_4] \leq \lambda_R v_3 + (1 - \lambda_R) v_4. \quad (2.21)$$

В том случае, если рассматривается треугольное нечеткое число, то для решения задачи его необходимо преобразовать в трапециевидное, разбив его вершину на два значения, например, $(a_1, a_2, a_3) = (a_1, a_2, a_2, a_3)$.

Подобным образом нечёткие неравенства представляются в виде чётких неравенств, и тем самым приходим к чёткой задаче математического программирования, для решения которой применяются типовые пакеты программ численной оптимизации.

Рассмотрим пример формирования оптимальной структуры инвестиций, позволяющей в максимальной степени продвигаться по достижению целевых значений показателей развития человеческого капитала региона на примере Приморского края, Забайкальского края и Белгородской области.

Для выбранных регионов рассмотрим оптимизацию структуры инвестиций с горизонтом планирования три года ($T = 3$). Целевые значения показателей человеческого капитала зададим по формуле (2.6).

По результатам экспертного опроса получены вербальные оценки значений коэффициентов важности α_i , которые преобразованы в нечеткие числа: $\alpha_1 = \{0,03; 0,04; 0,04; 0,06\}$, ..., $\alpha_{24} = \{0; 0,02; 0,02; 0,03\}$.

Фрагмент консолидированных значений ограничений модели представлен в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Фрагмент значения ограничений модели

Нижнее	Значение	Верхнее	Значение
a_1	$\{0; 0,3; 0,5; 0,6\}$	b_1	$\{1,1; 1,8; 1,9; 2,5\}$
...	...	...	...

Нижнее	Значение	Верхнее	Значение
a_{12}	{0; 0,4; 0,5; 0,6}	b_{12}	{1,1; 1,4; 1,6; 1,9}
c_{13}	{0,8; 0,9; 0,9; 1}	d_{13}	{1,1; 1,2; 1,3; 1,4}
...	...	...	...
c_{15}	{0,8; 0,9; 1; 1,1}	d_{15}	{1,1; 1,2; 1,2; 1,4}
e_1	{0; 0,1; 0,2; 0,3}	f_1	{0,7; 0,9; 1; 1,1}
...	...	...	...
e_{24}	{0; 0,2; 0,2; 0,3}	f_{24}	{0,6; 1; 1,1; 1,2}
g_1	{0,8; 0,9; 1; 1,1}	h_1	{1,3; 1,4; 1,5; 1,6}
...	...	...	...
g_{24}	{0,7; 0,9; 1; 1,1}	h_{24}	{1,3; 1,4; 1,5; 1,6}

В рамках исследования суммарный бюджет для рассматриваемых регионов определяется по формуле:

$$R_n(t) = 1,1 \cdot R_n(t-1), \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (2.22)$$

Ниже представлены результаты оптимизации структуры финансовых инвестиционных ресурсов по модели с описанными выше ограничениями на горизонте планирования. Для нахождения решения модели следуя подходу, представленному в [23], нечеткая задача математического программирования сводится к четкой путем преобразования нечётких неравенств для целевой функции и ограничений в чёткие на заданных уровнях достоверности. Для рассматриваемого примера уровень достоверности равен 0,95. Чёткая задача решается численно стандартными методами в среде MS Excel.

На рисунке 2.7 представлены данные по распределению суммарных государственных финансовых ресурсов, напрямую или косвенно влияющих на развитие человеческого капитала региона, за период планирования (то есть за три года) для рассматриваемых регионов.

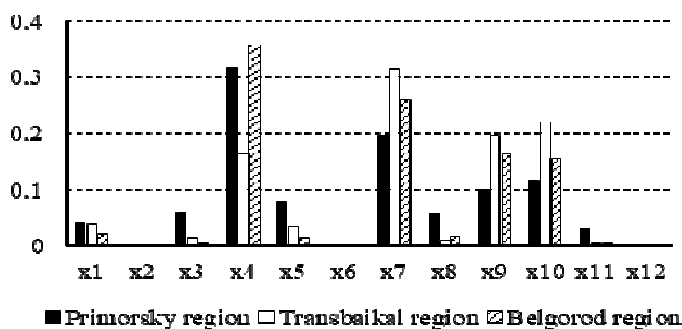


Рис. 2.7. Структура государственных инвестиций

Анализируя результаты, можно отметить, что максимальным влиянием на развитие регионального человеческого капитала в целом обладают такие направления, как национальная экономика, образование, здравоохранение и социальная политика. Так, например, в Приморском крае по данным направлениям для максимально возможного продвижения по достижению целевых значений показателей развития человеческого капитала необходимо инвестировать более 70% от суммарного объема бюджетных средств за весь период планирования. В Забайкальском крае – около 90%. В Белгородской области – более 90%.

На рисунке 2.8 представлен результат по достижению целевых значений показателей развития регионального человеческого капитала, систематизированных по шести укрупненным группам, при полученных распределениях государственных инвестиций.

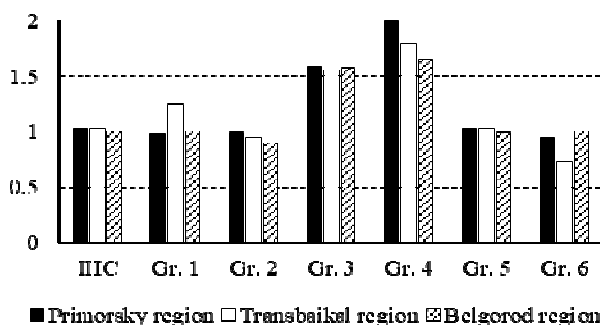


Рис. 2.8. Степени достижения целевых значений показателей развития человеческого капитала

Таким образом, стоит отметить, что максимально возможные значения интегрального показателя при полученных структурах государственных инвестиций составят для Приморского края – 1,03, Забайкальского края – 1,02, Белгородской области – 1. При этом по рис. 2.8 можно заметить недостижение целевых значений по ряду групп показателей развития регионального человеческого капитала:

- для Приморского края по группам 1 «Уровень профессионализма» (степень достижения 0,97) и 6 «Культура» (степень достижения 0,94);

- для Забайкальского края по группам 2 «Уровень образования» (степень достижения 0,94) и 6 «Культура» (степень достижения 0,73);

- для Белгородской области по группе 2 «Уровень образования» (степень достижения 0,89).

Это связано, с одной стороны, с особенностью развития человеческого капитала самих регионов, с другой стороны, значение ряда показателей развития человеческого капитала в момент времени $t=0$ имело достаточно высокие значения, следовательно, учитывая эффект насыщения, повышение значений данных показателей на 1 пункт требует значительно большего объема государственных инвестиций.

Глава 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО НАБОРА РЕГИОНАЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА

3.1. Метод формирования оптимального портфеля государственных стратегических проектов на региональном уровне для максимально возможного продвижения по развитию человеческого капитала

Новые вызовы, стоящие перед экономикой и социальной средой территорий, необходимость повышения конкурентоспособности регионов говорят о постоянном росте актуальности решения задач по оптимизации осуществления инвестиций в человеческий капитал. Если рассматривать данные вызовы с точки зрения региональной экономической политики, то следует отметить насущную потребность в реализации мер, направленных на создание максимально благоприятных условий, с одной стороны, для привлечения на территории высококвалифицированных специалистов и талантливой молодежи, с другой стороны, для их удержания и полноценного раскрытия их человеческого потенциала. Стоит учитывать и тот факт, что хозяйствующие субъекты – предприятия и люди, осуществляющую свою деятельность на территории региона, также прямо или косвенно развивают человеческий капитал региона. В связи с тем, что развитие человеческого капитала региона – это многоаспектный и трудно контролируемый процесс в рамках сложной социально-экономической системы, необходимо разрабатывать и использо-

вать такие инструменты регионального управления, которые позволяют:

- в рамках стратегических приоритетов региона выявить оптимальные пути достижения целевых показателей развития человеческого капитала, определить сильные и слабые места в процессе его развития;

- определить ресурсные потребности как для развития социально-экономической инфраструктуры, так и для осуществления прорывных проектов в части развития человеческого капитала;

- оптимизировать распределение проектов по направлениям, а также определить рациональную структуру инвестиций, направляемых в проектную деятельность по направлениям и периодам;

- рационально распределить инвестиции между частными и государственными средствами;

- сформировать наилучший план мероприятий в части развития человеческого капитала и, в результате, улучшить показатели, отражающие уровень человеческого капитала в регионе.

Решению указанных задач способствует создание методов и моделей формирования оптимального портфеля региональных стратегических проектов для максимально возможного продвижения по развитию человеческого капитала. Данные методы соответствуют общемировой тенденции решения оптимизационных задач в стратегических экономических исследованиях, которая проявляется в поиске траектории устойчивого роста стран и их территорий в условиях заданных приоритетов. При этом, для российских территорий ведущими государственными программными документами предполагается схема устойчивого роста за счет прорывных социальных, экономических и научно-технологических проектов, обеспечивающих устойчивый рост благосостояния и конкурентоспособности каждого человека, каждой семьи и всего общества [71; 72; 94].

Отметим, что в широком ряде работ, посвященных экономическому развитию территорий, управление, в том числе проектное, человеческим капиталом выступает в качестве основы для стратегического рывка. Анализ результатов исследований, сделанных в разные периоды времени, отражает все более тесную связь между реализацией проектов с участием интеллектуального капитала (одной из форм человеческого капитала) и устойчивым

социально-экономическим развитием [95]. Управленческие воздействия на социо-эколого-экономическую безопасность региона нацелены на развитие человеческого капитала как главного фактора жизнеспособности проблемного региона [96]. Исследование на примере стран Африки показывает, что управление развитием человеческого капитала и основанным на нем повышением производительности труда является определяющим фактором конвергенции стран африканского континента в перспективе до 2060 г. [97]. По результатам эмпирического исследования в Китае развитие провинций с низким уровнем человеческого капитала возможно только при условии реализации проектов в социальной сфере, а сам человеческий капитал расценен как ядро региональной экономики в стране [98]. Исследование [99] также на примере Китая показывает, что социальный капитал, близкий по своей сути к категории человеческого капитала, вносит ощутимый вклад в реструктуризацию сельских регионов страны и определяет уровень обеспеченности сельского населения на современном этапе.

Очевидно, что влияние реализации проектов на развитие человеческого капитала большинство ученых связывает с образованием и здравоохранением, рост которых в общих инвестиционных расходах регионов вполне обоснован и ожидаем, особенно в развивающихся странах. Работа [100] раскрывает механизм взаимодействия человеческого капитала и регионального развития через реализацию инвестиционных проектов в секторах образования и здравоохранения слаборазвитых стран. Исследование эмпирически доказывает, что эффективное воспроизводство человеческого капитала существенно зависит от предложения услуг в данных секторах, деятельность которых в свою очередь зависит от макроэкономической политики государства. Комплексное исследование измерения человеческого капитала 195 стран и территорий за 1990–2016 гг. основывается на показателях ожидаемой продолжительности жизни, уровня образования и состояния здоровья, т.е. затрагивает преимущественно классические сферы человеческого капитала [101]. Считаем целесообразным расширить области формирования человеческого капитала и для оптимизации регионального управленческого воздействия учитывать все направления государственных стратегических проектов, воздействующих на человеческий капитал прямо или косвенно.

В рамках текущего раздела произведем модификацию модели, описанной в п. 2.1.

Рассмотрим многопериодный процесс. В каждый момент времени t в рамках регионального бюджета осуществляется инвестирование финансовых ресурсов с целью достижения целевых значений показателей развития человеческого капитала региона. Инвестирование осуществляется по 12 направлениям, приведенным в п. 1.1. При этом часть инвестиций направляется на поддержание уже созданной региональной инфраструктуры (процессная деятельность региона), а часть направляется на реализацию проектов (проектная деятельность региона). Стоит также заметить, что ряд региональных проектов реализуется не только за счет государственных региональных бюджетных финансовых ресурсов, но и за счет частных (в данном случае лицом принимающим решения является региональный орган власти, ответственный за распоряжение государственными региональными бюджетными финансовыми ресурсами). Более того, некоторые проекты, обладающие региональным уровнем значимости, реализуются за счет частных инвестиционных средств. При этом, независимо от источника финансирования данные проекты оказывают прямое или косвенное влияние на развитие регионального человеческого капитала.

Для функционального описания влияния инвестиций на показатели развития регионального человеческого капитала способом, аналогичным описанному в [88], для расширенной базы данных построены эконометрические зависимости (2.2).

При этом в рамках данного раздела объем инвестиций по r -му направлению инвестирования рассчитывается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} x_{jn}(t) &= \hat{x}_{jn}(t) + \tilde{x}_{jn}(t) + \tilde{\tilde{x}}_{jn}(t) = \\ &= \sum_{r=1}^{R_j} \left((C_{jn}^r(t) + \tilde{C}_{jn}^r(t)) \cdot y_{jn}^r(t) \right) + \beta_{jn} \cdot x_{jn}(t-1) + \\ &+ \left(\gamma_{jn} \cdot \tilde{\tilde{x}}_{jn}(t-1) - \sum_{r=1}^{R_j} \tilde{\tilde{C}}_{jn}^r(t) \cdot y_{jn}^r(t) \right), \end{aligned} \quad (3.1)$$

где $x_{jn}(t)$ – объем государственных региональных бюджетных инвестиций, направляемых по j -му направлению в n -м регионе в

момент времени t на проектную деятельность; $\tilde{x}_{jn}(t)$ – объем государственных региональных бюджетных инвестиций, направляемых по j -му направлению в n -м регионе в момент времени t на процессную деятельность; $\tilde{x}_{jn}(t)$ – объем частных инвестиций, направляемых по j -му направлению в n -м регионе в момент времени t на проектную деятельность; $C_{jn}^r(t)$ – объем государственных региональных бюджетных инвестиций, направляемых на реализацию r -го проекта в рамках j -го направления инвестирования в n -м регионе в момент времени t ; $\tilde{C}_{jn}^r(t)$ – объем частных инвестиций, направляемых на реализацию r -го проекта в рамках j -го направления инвестирования в n -м регионе в момент времени t ; $y_{jn}^r(t)$ – переменная оптимизации, принимающая значения 0 или 1 (где $y_{jn}^r(t)=1$, если r -й проект в рамках j -го направления n -го региона включен в портфель, и 0 в противном случае); β_{jn} – коэффициент, характеризующий потребность в государственных региональных бюджетных инвестициях для осуществления процессной деятельности по j -му направлению в n -м регионе, $\beta_{jn} \geq 0$ (определяется экспертно); γ_{jn} – коэффициент, характеризующий изменение объема частных финансовых ресурсов по j -му направлению в n -м регионе, $\gamma_{jn} \geq 0$ (определяется экспертно); R_j – количество проектов в рамках j -го направления инвестирования.

Стоит отметить, что ряд проектов предполагает финансирование на протяжении определенного периода, однако, в рамках данной модели инвестиции в проект учитываются одномоментно в заключительный момент времени финансирования проекта (момент запуска проекта в эксплуатацию).

Отметим, что объем государственных региональных бюджетных инвестиций, напрямую или косвенно влияющих на развитие регионального человеческого капитала, в момент времени t ограничен суммарным бюджетом региона $R_n(t)$:

$$\sum_{j=1}^J \left(\sum_{r=1}^{R_j} C_{jn}^r(t) \cdot y_{jn}^r(t) \right) + \beta_{jn} \cdot x_{jn}(t-1) \leq R_n(t). \quad (3.2)$$

Отметим, что объем бюджета определяется органами государственной власти.

Предположим, что ежегодные темпы роста объемов инвестиций по каждому направлению имеют ограничения снизу $\bar{a} = (a_1, \dots, a_J)$, связанные с необходимым минимальным объемом финансовых средств для поддержания созданной на предыдущем этапе среды, и сверху $\bar{b} = (b_1, \dots, b_J)$, связанные с максимально возможным объемом финансовых средств для освоения:

$$a_j \leq \frac{x_{jn}(t)}{z_{jn}(t-1)} \leq b_j, \quad j = 1, 2, \dots, J. \quad (3.3)$$

Дополним модель предположениями относительно процесса развития человеческого капитала:

– если один период в модели равен одному году, то большинство показателей развития человеческого капитала региона за данный период не может существенно измениться, то есть относительный прирост показателя человеческого капитала ограничен снизу $\bar{c} = (c_1, \dots, c_I)$ и сверху $\bar{d} = (d_1, \dots, d_I)$:

$$c_i \leq \frac{z_{in}(t+1) - z_{in}(t)}{z_{in}(t)} \leq d_i, \quad i = 1, \dots, I; \quad (3.4)$$

– степени достижения целевых значений в момент времени T не должны значительно отличаться от целевых значений, то есть отклонения значений показателей человеческого капитала региона от целевых значений имеют ограничения снизу $\bar{e} = (e_1, \dots, e_I)$ и сверху $\bar{f} = (f_1, \dots, f_I)$:

$$e_i \leq \frac{z_{in}(T)}{z_{in}} \leq f_i, \quad i = 1, \dots, I. \quad (3.5)$$

Таким образом, формирование оптимального портфеля проектов, напрямую или косвенно влияющих на развитие регионального человеческого капитала, предлагается осуществлять, используя следующую оптимизационную модель:

$$\left\{ \begin{aligned}
& IHC_n(T) = \sum_{i=1}^I \left(\alpha_{in}(T) \cdot \frac{z_{in}(T)}{\hat{z}_{in}} \right) \rightarrow \max, \\
& \sum_{i=1}^I \alpha_{in}(t) = 1, t = 0, 1, \dots, T, \\
& z_{in}(t) = g_i \left(\begin{array}{c} z_{in}(t-1), x_{1n}(t-1), \dots, x_{jn}(t-1), x_{1n}(t-2), \dots, x_{jn}(t-2), \\ x_{1n}(t-3), \dots, x_{jn}(t-3) \end{array} \right), \\
& x_{jn}(t) = \sum_{r=1}^{R_j} \left((C_{jn}^r(t) + \tilde{C}_{jn}^r(t)) \cdot y_{jn}^r(t) \right) + \beta_{jn} \cdot x_{jn}(t-1) + \left(\gamma_{jn} \cdot \tilde{x}_{jn}(t-1) - \sum_{r=1}^{R_j} \tilde{C}_{jn}^r(t) \cdot y_{jn}^r(t) \right), \\
& \sum_{j=1}^J \left(\sum_{r=1}^{R_j} C_{jn}^r(t) \cdot y_{jn}^r(t) \right) + \beta_{jn} \cdot x_{jn}(t-1) \leq R_n(t), \\
& a_j \leq \frac{x_{jn}(t)}{z_{jn}(t-1)} \leq b_j, j = 1, 2, \dots, J, c_i \leq \frac{z_{in}(t+1) - z_{in}(t)}{z_{in}(t)} \leq d_i, i = 1, 2, \dots, I, \\
& e_i \leq \frac{z_{in}(T)}{z_{in}} \leq f_i, i = 1, 2, \dots, I.
\end{aligned} \right.$$

В качестве переменных модели используются булевы переменные $y_{jn}^r(t)$. Решение модели находится методом простых итераций с использованием пакета Global Optimization Toolbox для MatLab. Найденные решения позволяют сформировать план мероприятий («дорожную карту») в области развития человеческого капитала региона.

В качестве примера рассмотрим задачу формирования оптимального портфеля стратегических проектов, напрямую или косвенно влияющих на развитие человеческого капитала, для Приморского края на заданном горизонте планирования 3 года ($T = 3$). Решение данной задачи позволит достигнуть максимально возможного значения интегрального показателя, учитывающего степени достижения целевых значений показателей развития регионального человеческого капитала.

В таблице 3.1 приведен пример мероприятий и их стоимости для направления «Образование» ($j = 10$) для Приморского края. Отметим, что набор мероприятий и их стоимости приведены в таких документах, как закон о бюджете региона, региональные государственные программы, стратегии социально-экономического и инвестиционного развития региона и т.д.

Таблица 3.1

**Фрагмент перечня мероприятий
по направлению «Образование»**

Наименование мероприятия	Источник финансирования	Объемы финансирования по моментам времени, тыс. руб.		
		1	2	3
1. Дошкольное образование				
Капитальный ремонт зданий и благоустройство территорий муниципальных образовательных организаций, оказывающих услуги дошкольного образования (в среднем на 1 школу)	Государственный Региональный бюджет	2089,5	2194,0	2,303,7
	Частный	313,4	329,1	345,6
...	...	...	...	...
2. Общее образование				
Стипендии губернатора Приморского края для одаренных детей (по результатам проведения конкурсного отбора)	Государственный Региональный бюджет	5760,0	5817,6	5875,8
	Частный	0,0	0,0	0,0
...	...	...	...	...
3. Дополнительное образование детей				
Создание детского технопарка «Кванториум»	Государственный Региональный бюджет	14 609,6	15 047,9	15 499,3
	Частный	451,8	465,4	479,4
...	...	...	...	...
4. Среднее профессиональное образование				
Организация, проведение и участие в региональных, национальных и отраслевых чемпионатах профессионального мастерства по стандартам «Ворлдскиллс»	Государственный Региональный бюджет	10 935,1	11 263,2	11 601,0
	Частный	1215,0	1251,5	1289,0
...	...	...	...	...

Окончание табл. 3.1

Наименование мероприятия	Источник финанси-рования	Объемы финансирования по моментам времени, тыс. руб.		
		1	2	3
5. Профессиональная подготовка, переподготовка и повышение квалификации				
Мероприятия по подготовке управленческих кадров для организаций народного хозяйства экономики Российской Федерации	Государст-венный Региональ-ный бюджет	1 871,1	1 964,7	2 062,9
	Частный	1 247,4	1 309,8	1 375,3
...	...	...	...	...
6. Молодежная политика				
Ремонт и оснащение заго-родных оздоровительных лагерей, созданных на базе краевых государственных учреждений	Государст-венный Региональ-ный бюджет	1 940,0	2 037,0	2 138,9
	Частный	1 293,3	1 358,0	1 425,9
...	...	...	...	...

Пример входных данных оптимизационной модели для направления «Образование» представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Данные модели для направления «Образование»

Наименование параметра	Момент времени			
	0	1	2	3
β_{10n}	0,45			
x_{10n} , млн руб.	4 470,1	по модели	по модели	по модели
γ_{10n}	1,10			
$\tilde{z}_{10n}$, млн руб.	5 214,5	5 735,9	6 309,49	6 940,4
a_{10}	0,40			
b_{10}	2,00			

Суммарный бюджет Приморского края в момент времени $t = 1$ равен 43 000 млн рублей, $t = 2$ равен 45 150 млн рублей, $t = 3$ равен 47 410 млн рублей.

Вектора ограничений, используемые в модели, зададим следующим образом:

1) нижняя граница относительных изменений всех показателей развития человеческого капитала за один период времени равна «минус» 0,5, а верхняя граница равна 0,5;

2) учитывая значения степеней достижения показателей развития человеческого капитала в момент времени $t = 0$, ограничения снизу на степень достижения целевого значения каждого показателя для всех групп установим равным 0,75, ограничения сверху равным 2.

Результатами оптимизации является определение проектов по направлениям в момент времени t , которые стоит включить в общий портфель. Так, например, в момент времени $t = 1$ из 140 рассматриваемых проектов по направлению «Образование» было включено в портфель 48 (35%), а по направлению «Национальная оборона» из 7 ни один проект не включен. На рисунке 3.1 представлена информация о том, сколько проектов принято по направлениям инвестирования во временном разрезе.

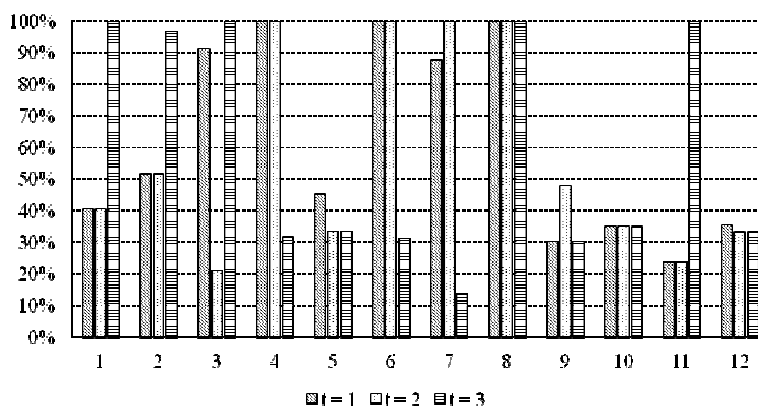


Рис. 3.1. Процент включения проектов в общий региональный портфель

В результате анализа рис. 3.1 можно отметить, что, например, по направлению «Социальная политика» все проекты за три

года включены в портфель, однако в структуре инвестиций доля данного направления не превышает 10%. Это связано, с одной стороны, с незначительным количеством проектов по данному направлению, с другой стороны, с их невысокой стоимостью. В целом из общего количества проектов (около 1000) было включено в портфель региональных стратегических проектов около 650.

Далее на основании полученного решения сформируем структуру государственных региональных бюджетных инвестиций, направляемых в проектную деятельность, по направлениям инвестирования и годам (на рис. 3.2).

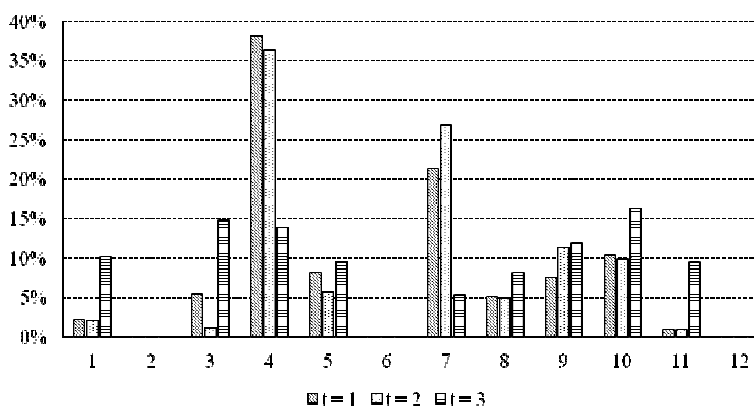


Рис. 3.2. Структура государственных региональных бюджетных инвестиций по проектной деятельности по направлениям инвестирования и годам

Анализируя данные, представленные на рис. 3.2, можно сделать следующие выводы:

1) в момент времени $t = 1$ около 70% государственных региональных бюджетных инвестиций приходится на проекты по направлениям «Национальная экономика», «Культура, кинематография» и «Образование»; в момент времени $t = 2$ около 75% приходится по направлениям «Национальная экономика», «Культура, кинематография» и «Средства массовой информации»; в момент времени $t = 3$ около 55% приходится по направлениям «Образование», «Национальная безопасность и правоохранительная деятельность», «Национальная экономика» и «Средства массовой информации». Стоит отметить, что максимальный объ-

ем финансовых ресурсов в Приморском крае рекомендуется инвестировать в проекты, связанные с развитием национальной экономики, т.е. в субсидирование развития и деятельности предприятий по различным видам экономической деятельности;

2) минимальный объем финансовых ресурсов направляется на реализацию проектов по направлениям «Национальная оборона», «Охрана окружающей среды», оказывающих минимальное влияние на развитие регионального человеческого капитала, и «Физическая культура и спорт», где наибольший объем инвестиций приходится на частные источники.

На рисунке 3.3 представлены интегральный показатель достижения целей по развитию человеческого капитала $IHC_n(t)$ и степени достижения аналогичных интегральных показателей по всем базовым группам показателей развития человеческого капитала.

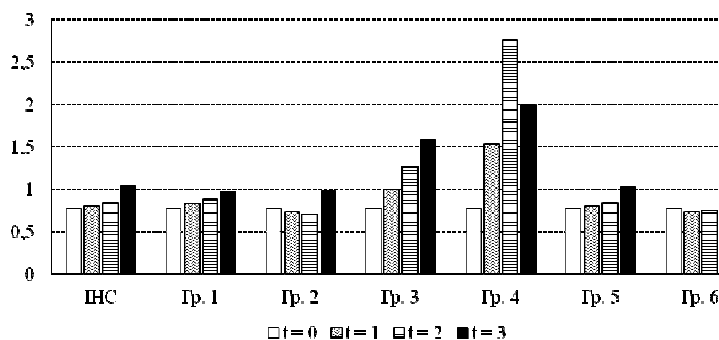


Рис. 3.3. Степени достижения интегрального показателя и групп показателей развития человеческого капитала

В конечный момент времени $t = 3$ значение интегрального показателя составит 1,04 (при начальном значении 0,77). По показателям групп «Научное развитие» и «Инновационное развитие» наблюдается перевыполнение целевых значений показателей. По показателям группы «Культура» наблюдается не достижение целевого значения показателей. В целом, можно сделать вывод об эффективности использования предложенной модели. Ее использование позволит улучшить значения показателей развития регионального человеческого капитала на 15% за три года, что гораздо выше имеющейся динамики.

3.2. Метод формирования оптимального портфеля региональных проектов для достижения стратегических ориентиров развития региона

Поскольку конечный эффект осуществления инвестиций в региональный человеческий капитал проявляется в увеличении конкурентоспособности экономики региона, росте валового регионального продукта и улучшении других конкретных параметров социально-экономического развития, актуальной является задача формирования оптимального портфеля региональных проектов, которые посредством развития человеческого капитала влияют на достижение заданных ориентиров социально-экономического развития региона.

Подтвержденная многими исследованиями существенная положительная связь между инвестициями в различные сферы человеческого капитала и устойчивым экономическим развитием на региональном уровне реализуется посредством проектно-инвестиционного механизма, обеспечивающего высокую целевую эффективность мероприятий за счет оптимизации затрат и улучшения показателей в конкретном сегменте хозяйственной деятельности, связанной с человеческим капиталом. Совершенствование методов и инструментов в рамках проектного подхода к управлению регионом является сегодня одной из центральных задач. Так, работа [102], используя мировой опыт, теоретически обосновывает повышение эффективности управления территорией за счет рационального использования ограниченных ресурсов публичного и частного секторов и достигаемого в рамках практики проектного управления. В [103] рассматривается широкий спектр методов разработки стратегий регионального развития, в том числе имитационные модели, на основе которых возможно формирование проектов развития региона на среднесрочную перспективу, ведущих к изменению социально-экономической ситуации в нужном направлении. Примерами реализации методов оптимизации регионального развития в российском пространстве являются научный проект СИРЕНА, аналитический комплекс «Прогноз», территориальная автоматизированная информационная система (ТАИС) и другие инструменты [104]. Достоинствами данных методов являются гибкость инструментария, комплексность подходов к стратегическому планированию, воз-

возможность решения специфических для региона задач, согласование действий различных органов власти. Из недостатков можно отметить высокий уровень стоимости, серьезные требования к информационному обеспечению и используемому оборудованию, а также сложность практического внедрения в текущую деятельность органов власти. Все это ограничивает область применения данных методов на сегодняшний день.

Заслуживают внимания исследования, связанные с моделированием стратегического развития региона с акцентом на рационализацию инвестиций как в традиционно проблемных сферах хозяйствования, так и в перспективных проектах. В [105] акцентируется внимание на моделировании такой структурно-инвестиционной политики территорий России, которая обеспечивала бы потенциал роста ВВП страны до 2035 г. в размере не менее 3,5% в год и преодоление непропорциональности распределения ресурсов. В [106] разработана информационно-аналитическая модель развития региональной экономической системы, позволяющая определить такие средства достижения перспективных целей, которые переводят данную систему из исходной точки конкурентоспособности в требуемую объективными условиями конкурентного взаимодействия. В [107] задачу обеспечения стратегического развития регионов предложено решить с помощью оптимизационной модели распределения потоков региональных инвестиционных ресурсов в разрезе территориальных образований, что позволяет максимизировать суммарный объем валовой добавленной стоимости региона как одного из результирующих показателей его функционирования и развития. Система ограничений данной модели учитывает интересы различных стейкхолдеров – государства, бизнеса, домохозяйств. Расширение возможностей современного инструментария моделирования (прогнозирования) стратегического развития регионов демонстрирует межрегиональная модель «платежи – доходы», позволяющая сбалансировать бюджетную поддержку региональной экономики по отраслям и районам [108]. С одной стороны, представленные модели обладают сильными сторонами, а именно: в определенной степени способны решать стратегические задачи, учитывают интересы институционально различных субъектов, принимают во внимание приоритеты национального развития. С другой стороны, они не лишены недостатков: отсутствуют чет-

кие критерии оптимизации стратегического развития, не в полной мере учитывается такая важная составляющая регионального развития, как человеческий капитал.

Следует отметить, что в современной научной литературе развиваются направления, исследующие связь между человеческим капиталом и реализацией проектов в отдельных отраслях. Так, результаты исследования [109] отражают значимую положительную связь между ростом инвестиций в человеческий капитал и эффективностью проектов в строительной сфере США. Знания и опыт руководителей напрямую влияют на производительность труда в строительстве, что также подтверждается результатами другого исследования: интеллектуальный капитал выступает в качестве оптимизирующего фактора в польских строительных бригадах [110]. Исследование также показывает, что развитие интеллектуального капитала способствует снижению рисков в строительстве и росту качества работ. Данные работы весьма специфичны, поскольку отражают особенности и отрасли отдельной страны. Однако, результаты таких исследований могут выступить в качестве основной гипотезы при дальнейшем изучении роли человеческого капитала в стратегическом развитии регионов.

Изучение имеющихся научных разработок по данному вопросу позволило сделать вывод о необходимости дальнейшего совершенствования методологии оптимизации управленческих воздействий на разные сферы хозяйствования с целью достижения заданных целей социально-экономического развития региона.

Рассмотрим задачу формирования оптимального портфеля региональных проектов, напрямую или косвенно влияющих на развитие регионального человеческого капитала, по направлениям инвестирования и годам с горизонтом планирования T . Определение оптимального портфеля проектов даст максимально возможное продвижение по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития региона. В работе рассматривается многопериодный динамический процесс, в котором время $t=0, 1, \dots, T-1$. В каждый момент времени t осуществляется вложение финансовых ресурсов в различные проекты, влияющие на развитие регионального человеческого капитала напрямую или опосредованно.

Далее расширим формулу (3.1).

Инвестиции в человеческий капитал, в свою очередь, можно классифицировать следующим образом:

– по назначению:

а) процессные инвестиции – финансовые ресурсы, направляемые на поддержание функционирования существующей инфраструктуры региона (например, затраты на заработную плату руководителя субъекта РФ, функционирование судебной системы и т.д.);

б) проектные инвестиции – финансовые ресурсы, направляемые на создание новой или модернизацию существующей инфраструктуры региона (например, субсидии малому и среднему предпринимательству на расширение бизнеса, строительство автомобильных дорог и т.д.);

– по источнику:

а) федеральный бюджет – финансовые ресурсы федерального бюджета, направляемые на реализацию национальных проектов, основной целью которых является повышение качества жизни населения регионов;

б) региональный бюджет – финансовые ресурсы регионального бюджета, направляемые на социально-экономическое развитие региона;

в) бюджеты компаний – финансовые ресурсы компании (организации, предприятия), направляемые на развитие личностных и профессиональных навыков (как прямое, так и за счет реализации проектов) собственного персонала и повышение качества их жизни;

г) денежные доходы населения – финансовые ресурсы людей, направляемые на саморазвитие и повышение качества собственной жизни.

Стоит отметить, что некоторые проекты реализуются на условиях софинансирования. Так, например, все национальные проекты в обязательном порядке финансируются из двух источников (федеральный и региональный бюджеты), а определенные региональные проекты реализуются на условиях государственно-частного партнерства (т.е. финансируются из регионального бюджета и бюджета компании).

Учитывая вышеизложенное, суммарный объем финансовых средств, направляемых по j -му направлению инвестирования в n -м регионе в момент времени t ($x_{jn}(t)$), рассчитаем по следующей формуле:

$$x_{jn}(t) = x_{jn}^{1,0}(t) + x_{jn}^{2,0}(t) + x_{jn}^{3,0}(t) + x_{jn}^{4,0}(t), \quad (3.6)$$

где $x_{jn}^{1,0}(t)$ – объем финансовых средств федерального бюджета, направляемых по j -му направлению инвестирования в n -м регионе в момент времени t . Ретроспективные и прогнозные данные $x_{jn}^{1,0}(t)$ определяются на основе информации о поддержанных проектах в рамках национальных проектов, представленной на сайте [111];

$x_{jn}^{2,0}(t)$ – объем финансовых средств бюджета n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования в момент времени t . Ретроспективные данные $x_{jn}^{2,0}(t)$ определяются на основе информации, представленной в Законе субъекта РФ «О региональном бюджете» (например, [112]). Прогнозные данные определяются по следующей формуле:

$$x_{jn}^{2,0}(t+1) = \alpha_{jn} \beta_{jn} x_{jn}^{2,0}(t) + \sum_{r=1}^{R_j} (y_{jrn}(t+1) C_{jrn}^{2,0}(t+1)), \quad (3.7)$$

где α_{jn} – коэффициент изменения объема финансовых средств бюджета n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования, $\alpha_{jn} \geq 0$ (определяется экспертно); β_{jn} – доля процессных инвестиций в общем объеме финансовых средств бюджета n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования, $0 \leq \beta_{jn} \leq 1$ (определяется по результатам анализа регионального бюджета за предыдущие годы); $y_{jrn}(t+1)$ – коэффициент включенности r -го проекта, реализуемого в рамках j -го направления инвестирования n -го региона в момент времени $(t+1)$, в региональный портфель проектов, принимает значения: 0, если проект не включен в портфель, или 1, если проект включен (далее – переменная оптимизации); $C_{jrn}^{2,0}(t+1)$ – объем финансовых средств бюджета n -го региона, направляемых на реализацию r -го регионального проекта в рамках j -го направления инвестирования в момент времени $(t+1)$; r – номер регионального проекта, $r = 1, 2, \dots, R_j$; n – номер рассматриваемого региона, $n = 1, 2, \dots, N$.

Стоит отметить, что все проекты можно разделить на два типа: цикличные (например, выделение субсидии компаниям) и единоразовые (например, строительство автомобильной развязки). При этом инвестиции в единоразовые проекты могут осуществляться не одно-

моментно (в один год), а разбиты на несколько лет. Тогда необходимо учесть следующее: если принято решение о включении единоразового проекта в портфель в момент времени t и инвестиции данного проекта не единовременные (например, t , $t + 1$ и $t + 2$), то в последующие годы инвестиции проекта также учитываются в портфеле.

$x_{jn}^{3,0}(t)$ – объем финансовых средств суммарного бюджета компаний, осуществляющих свою деятельность на территории n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования в момент времени t . Ретроспективные данные $x_{jn}^{3,0}(t)$ определяются на основе результатов опросов предприятий об объемах и структуре инвестиций, направляемых на развитие человеческого капитала собственных сотрудников. Прогнозные данные определяют по следующей формуле:

$$x_{jn}^{3,0}(t+1) = \varphi_{jn} \gamma_{jn} x_{jn}^{3,0}(t) + \sum_{r=1}^{R_j} (y_{jrn}(t+1) C_{jrn}^{3,1}(t+1)) + \sum_{r=1}^{M_j} C_{mrn}^{3,2}(t+1), \quad (3.8)$$

где φ_{jn} – коэффициент изменения объема суммарного бюджета компаний, осуществляющих свою деятельность на территории n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования, $\varphi_{jn} \geq 0$ (определяется экспертно); γ_{jn} – доля процессных инвестиций в общем объеме финансовых средств суммарного бюджета компаний, осуществляющих свою деятельность на территории n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования, $0 \leq \gamma_{jn} \leq 1$ (определяется экспертно на основании опроса компаний); $C_{jrn}^{3,1}(t+1)$ – объем финансовых средств суммарного бюджета компаний, осуществляющих свою деятельность на территории n -го региона, направляемых на реализацию r -го регионального проекта в рамках j -го направления инвестирования в момент времени $(t + 1)$; $C_{mrn}^{3,2}(t+1)$ – объем финансовых средств суммарного бюджета компаний, осуществляющих свою деятельность на территории n -го региона, направляемых на реализацию l -го частного проекта (т.е. без софинансирования) в рамках j -го направления инвестирования в момент времени $(t + 1)$; l – номер частного проекта, $m = 1, 2, \dots, M_j$.

Отметим, что в случае, если r -й проект реализовывается только за счет финансовых средств бюджета n -го региона (т.е. без участия инвестиций компании), то $C_{jrn}^{2,0}(t+1) = 0$;

$x_{jn}^{4,0}(t)$ – объем финансовых средств из денежных доходов населения n -го региона, направляемых по j -му направлению инвестирования в момент времени t . Для определения прогнозных значений $x_{jn}^{4,0}(t+1)$ проводится анализ: 1) статистических данных о потребительских затратах по направлениям инвестирования «образование», «здравоохранение» и «физическая культура и спорт»; 2) результатов опроса населения об объеме и структуре затрат, направляемых на развитие собственного человеческого капитала. Далее прогнозные данные определяются по формуле:

$$x_{jn}^{4,0}(t+1) = D_n(t+1) \cdot H_{jn}(t+1), \quad (3.9)$$

где $D_n(t)$ – численность населения n -региона занятого в экономике в момент времени t , $H_{jn}(t)$ – объем затрат по j -му направлению инвестирования, приходящийся в среднем на одного человека занятого в экономике в n -м регионе в момент времени t («средний чек»). Для нахождения прогнозных значений $D_n(t+1)$ и $H_{jn}(t+1)$ строятся модели временных рядов по имеющимся историческим данным за предыдущие моменты времени.

Стоит отметить, что инвестициями в человеческий капитал на уровне регионов, которыми возможно управлять с целью максимизации эффекта от них, являются финансовые средства регионального бюджета, направляемые на реализацию стратегических региональных проектов.

Региональный человеческий капитал складывается из определенных компонент, описанных в п. 1.1. При это вектор-функция для конкретного региона имеет вид (2.1).

Ранее было рассмотрено влияние показателей человеческого капитала региона на основные показатели его социально-экономического развития, вектор-функция для конкретного региона имеет вид (2.8).

Для функционального описания цепочек каналов влияния, обозначенной в п. 1.1 (инвестиции в человеческий капитал $\rightarrow$ развитие регионального человеческого капитала $\rightarrow$ социально-экономическое развитие региона), была построена двухуровневая система эконометрических зависимостей. На первом шаге построены главные компоненты для системы показателей челове-

ского капитала, на втором шаге – эконометрические зависимости главных компонент от инвестиций.

Таким образом, влияние объемов и структуры инвестиций в человеческий капитал региона на значения главных компонент задается эконометрическими моделями (2.7).

На втором уровне влияние значений главных компонент человеческого капитала региона на значения показателей его социально-экономического развития задаются эконометрическими моделями (2.9).

Как отмечалось ранее, в стратегиях и программах социально-экономического развития региона в рамках стратегических целей задаются целевые значения результирующих показателей социально-экономического развития на рассматриваемом горизонте планирования ($\hat{w}_{kn}$).

Интегральный показатель продвижения по достижению целей социально-экономического развития региона имеет вид (2.11).

Для построения модели сделаем ряд предположений относительно процесса развития человеческого капитала:

– объем финансовых средств бюджета региона, направляемых на прямое или косвенное развитие регионального человеческого капитала в момент времени t , ограничен суммарным объемом затрат, утвержденным органами государственной власти в рамках регионального бюджета $R_n(t)$:

$$\sum_{j=1}^{12} x_{jn}^{2.0}(t) \leq R_n(t); \quad (3.10)$$

– ежегодные темпы роста объемов инвестиций из регионального бюджета по каждому направлению имеют ограничения снизу $\bar{a} = (a_1, \dots, a_{12})$, связанные с необходимым минимальным объемом финансовых средств для поддержания созданной на предыдущем этапе среды, и сверху $\bar{b} = (b_1, \dots, b_{12})$, связанные с максимально возможным объемом финансовых средств для освоения:

$$a_j \leq \frac{x_{jn}^{2.0}(t)}{x_{jn}^{2.0}(t-1)} \leq b_j; \quad (3.11)$$

– если один период в модели равен одному году, то большинство показателей развития человеческого капитала региона за данный период не может существенно измениться, то есть относи-

тельный прирост главных компонент ограничен снизу $\bar{c} = (c_1, \dots, c_L)$ и сверху $\bar{d} = (d_1, \dots, d_L)$:

$$c_l \leq \frac{RCZ_{ln}(t+1) - RCZ_{ln}(t)}{RCZ_{ln}(t)} \leq d_l ; \quad (3.12)$$

– степени достижения целевых значений в момент времени T не должны значительно отличаться от целевых значений, то есть отклонения значений показателей социально-экономического развития региона от целевых значений имеют ограничения снизу $\bar{e} = (e_1, \dots, e_K)$ и сверху $\bar{f} = (f_1, \dots, f_K)$:

$$e_k \leq \frac{w_{kn}(T)}{\hat{w}_{kn}} \leq f_k . \quad (3.13)$$

Таким образом, формирование оптимального портфеля проектов, влияющих на социально-экономическое развитие региона (через призму развития регионального человеческого капитала), предлагается осуществлять, используя следующую оптимизационную модель.

$$\left\{ \begin{array}{l} ISE_n(T) = \sum_{k=1}^K \frac{w_{kn}(T)}{\hat{w}_{kn}} \cdot v_{kn}(T) \rightarrow \max, \\ \sum_{k=1}^K v_{kn}(t) = 1, n = 1, \dots, N, t = 0, \dots, T, \\ w_{kn}(t+1) = f_k(w_{kn}(t), RCZ_{1n}(t), \dots, RCZ_{Ln}(t)), k = 1, \dots, K, \\ RCZ_{ln}(t) = g_l \left(\begin{array}{c} RCZ_{ln}(t-1), x_{1n}(t-1), \dots, x_{ln}(t-1), \\ x_{1n}(t-2), \dots, x_{ln}(t-2), x_{1n}(t-3), \dots, \\ x_{ln}(t-3) \end{array} \right), l = 1, \dots, L, \\ x_{jn}(t) = x_{jn}^{1,0}(t) + x_{jn}^{2,0}(t) + x_{jn}^{3,0}(t) + x_{jn}^{4,0}(t), j = 1, \dots, 12, \\ x_{jn}^{2,0}(t) = \alpha_{jn} \cdot \beta_{jn} \cdot x_{jn}^{2,0}(t-1) + \sum_{r=1}^{R_j} (y_{jrn}(t) \cdot C_{jrn}^{2,0}(t)), r = 1, \dots, R_j, \\ x_{jn}^{3,0}(t) = \varphi_{jn} \cdot \gamma_{jn} \cdot x_{jn}^{3,0}(t-1) + \sum_{r=1}^{R_j} (y_{jrn}(t) \cdot C_{jrn}^{3,1}(t)) + \sum_{m=1}^{M_j} C_{mrn}^{3,2}(t), \\ x_{jn}^{4,0}(t) = D_n(t) \cdot H_{jn}(t), \\ \sum_{j=1}^{12} x_{jn}^{2,0}(t) \leq R_n(t), a_j \leq \frac{x_{jn}^{2,0}(t)}{x_{jn}^{2,0}(t-1)} \leq b_j, \\ c_l \leq \frac{RCZ_{ln}(t+1) - RCZ_{ln}(t)}{RCZ_{ln}(t)} \leq d_l, e_k \leq \frac{w_{kn}(T)}{\hat{w}_{kn}} \leq f_k. \end{array} \right.$$

В качестве переменных модели используются булевы переменные $y_{jm}(t)$. Решение модели находится нелинейным методом наименьших квадратов с границей (метод Левенберга-Марквардта) с использованием пакета Global Optimization Toolbox для MatLab. Найденные решения позволяют сформировать оптимальный план мероприятий («дорожную карту») на региональном уровне для максимально возможного продвижения по достижению целевых значений основных показателей социально-экономического развития региона.

Описанная модель формирования оптимального портфеля проектов, напрямую или косвенно влияющих на социально-экономическое развитие региона через динамичное развитие человеческого капитала, может быть применена в реальных условиях. В качестве примера рассмотрим задачу формирования оптимального портфеля проектов для Приморского края на заданном горизонте планирования. Решение данной задачи позволит максимально продвинуться по достижению целевых значений основных показателей социально-экономического развития региона.

В качестве исходных данных уровня человеческого капитала и социально-экономического развития Приморского края взяты статистические данные из открытых источников за 2011–2018 гг. и данные, полученные в результате проведения дистанционных опросов и общения с экспертами.

Для получения зависимостей (2.7) и (2.9), функционально описывающих каналы влияния инвестиций, на основе дополненной 2018 годом базы данных построены модели трех типов: сквозные, с детерминированными и случайными пространственными эффектами. Используя тесты Вальда, Хаусмана и Бройша-Пагана для каждого кластера выбраны лучшие из моделей.

Для Приморского края рассмотрим формирование портфеля проектов с горизонтом планирования 3 года ($T = 3$). Целевые значения показателей развития региона, взятые из закона о бюджете, представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Целевые значения показателей Приморского края

Показатель	Текущее значение ($t = 0$)	Целевое значение ($t = 3$)
(1) Доля занятого населения в рабочей силе, %	0,94	0,98
(2) Среднедушевые денежные доходы, соотнесенные с величиной прожиточного минимума, раз	2,60	2,95
(3) Объем потребительских расходов на душу населения в месяц, руб.	22 385,20	26 822,27
(4) Доля потребительских расходов в общем объеме доходов населения, %	69,10	71,74
(5) Индекс потребительских цен, декабрь к декабрю прошлого года, %	106,44	104,00
(6) ВРП на душу населения, руб.	382 586,90	457 452,95
(7) Стоимость основных фондов на конец года по полной учетной стоимости на душу населения, руб.	1 620 423,00	1 863 486,40
(8) Инвестиции в основной капитал на душу населения в фактически действовавших ценах, руб.	64 120,00	76 362,09
(9) Индекс промышленного производства, в % к предыдущему году	97,80	104,90
(10) Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых», в фактически действовавших ценах, на душу населения, руб.	8 909,30	10 245,35
(11) Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Обработка производств», в фактически действовавших ценах, на душу населения, руб.	98 321,93	113 069,15

Окончание табл. 3.2

Показатель	Текущее значение ($t = 0$)	Целевое значение ($t = 3$)
(12) Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами по виду экономической деятельности «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», в фактически действовавших ценах, на душу населения, руб.	31 753,20	36 515,95
(13) Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий в фактически действовавших ценах, на душу населения, руб.	21 963,20	34 465,37
(14) Ввод в действие зданий жилого и нежилого назначения (общая площадь зданий) на душу населения, кв.м./чел.	0,37	0,55
(15) Совокупный оборот розничной торговли, общепита и платных услуг на душу населения, руб.	260 688,44	301 133,36
(16) Удельный вес безубыточных (включая прибыльные) организаций, в процентах от общего числа организаций	69,20	79,30
(17) Доходы консолидированных бюджетов Приморского края на душу населения, руб.	58 512,03	67 288,80

Основными входными параметрами модели являются объем и структура инвестиций в человеческий капитал региона. Далее проведен краткий анализ сложившейся финансовой ситуации в Приморском крае. Как отмечалось ранее, инвестиции в человеческий капитал региона формируются из 4-х источников: федеральный и региональный бюджеты, бюджеты компаний и денежные доходы населения. Рассмотрим каждый источник в отдельности.

1. Федеральный бюджет. Основные финансовые ресурсы из федерального бюджета в настоящее время поступают в регионы за счет реализации национальных проектов. На территории Приморского края в ближайшие 5 лет планируется реализация 557 проектов в рамках 13 национальных проектов (79 федераль-

ных проектов) на общую сумму 202,7 млрд руб., из них 188,5 млрд руб. из федерального бюджета.

2. Региональный бюджет. В настоящее время основным государственным источником прямого или косвенного развития регионального человеческого капитала является региональный бюджет. При этом только часть финансовых ресурсов из регионального бюджета возможно инвестировать в развитие региона, так как значительный объем финансовых средств направляется на функционирование существующей инфраструктуры. В качестве примера рассмотрим результаты анализа регионального бюджета Приморского края 2020 года [112]. В 2020 году планировалось реализовать 830 проектов, из которых 477 – это проекты, направленные на развитие региона. Количественная структура проектов регионального бюджета по направлениям представлена на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Количественная структура проектов регионального бюджета по направлениям, шт.

К направлениям, в рамках которых реализуется наибольшее количество проектов относятся «национальная экономика» (199 проектных мероприятий), «социальная политика» (31) и «образование» (66).

В общей сложности на реализацию 830 проектов планируется инвестировать 137,7 млрд руб., из которых 45,5 млрд руб. (около 33%) на реализацию проектных мероприятий. Стоит отметить, что прогнозные объемы инвестирования в проектные мероприятия на 2021 и 2022 гг. существенно меньше: 31,9 и 28,7 млрд руб.

соответственно. Финансовая структура региональных проектов по направлениям представлена на рис. 3.5.

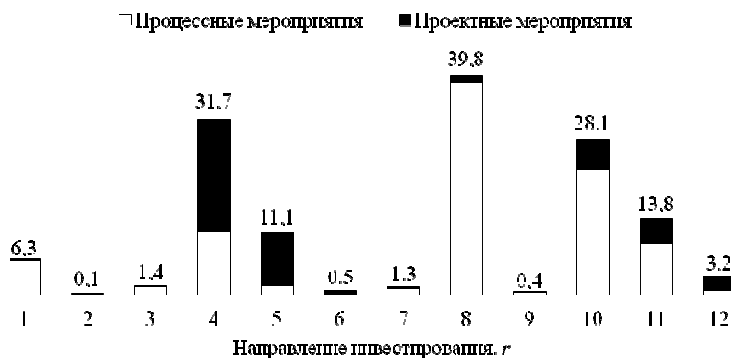


Рис. 3.5. Финансовая структура региональных проектов по направлениям в 2020 г., млрд руб.

Одним из самых затратных направлений в регионе является «социальная политика» (39,8 млрд руб.), при этом только 1,2 млрд руб. инвестируется в проектные мероприятия. Направление «национальная экономика» занимает второе место по общему объему инвестиций (31,7 млрд руб.) и первое – по объему инвестиций, направляемых в проектные мероприятия (20,4 млрд руб.). Таким образом, развитие региона, по мнению региональных органов власти, базируется на развитии транспортной инфраструктуры и формировании условий для развития бизнеса.

Стоит отметить, что ограничения в модели $R_n(t)$ являются величиной бюджета Приморского края и равны 108,9 млрд руб. в момент времени $t = 1$, 103,5 млрд руб. в момент времени $t = 2$, 112,3 млрд руб. в момент времени $t = 3$.

3. Бюджет компаний. В настоящее время сложно представить современную компанию без развитой системы управления персоналом. Двумя важнейшими функциями управления персоналом считаются обучение/развитие и мотивация персонала. Стоит отметить, что ряд компаний реализуют многочисленные проекты, направленные на развитие персонала, например, создание учебных центров, корпоративных университетов и т.д. Такие проекты реализуются как за счет только собственных средств, так и на

условиях софинансирования (совместно с региональным правительством).

В 2019 году совокупная выручка компаний, локализованных на территории Приморского края, составила 2267,6 млрд руб. (по данным [113]). При этом совокупные затраты компаний на развитие собственного человеческого капитала в 2019 году составили 126,5 млрд руб., из которых 102,2 млрд руб. было направлено на реализацию проектов (по данным опроса). Структура затрат на развитие человеческого капитала по направлениям представлена на рис. 3.6.

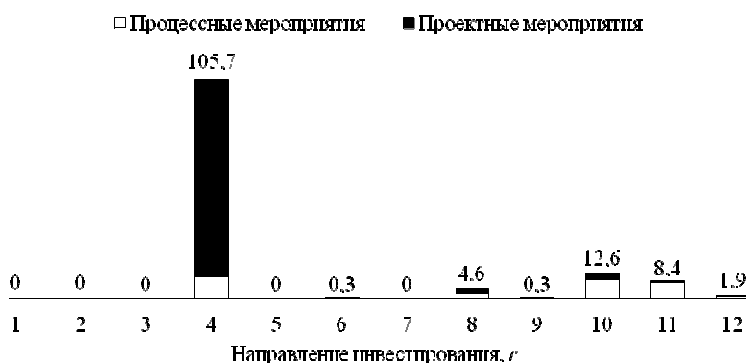


Рис. 3.6. Структура затрат на развитие человеческого капитала компаниями по направлениям, млрд руб.

Наибольший объем инвестиций (105,7 млрд руб.) направляется в «национальную экономику», из которых 95,1 млрд руб. – это инвестиции на реализацию проектных мероприятий. Как отмечают представители компаний, данные инвестиции направляются на развитие компаний, а, следовательно, на создание новых рабочих мест и повышение производительности труда. Стоит отметить, что около 12,6 млрд руб. компании инвестируют в образование.

4. Денежные доходы населения. Большинство людей часть денежных доходов направляет на собственное развитие и повышение качества жизни. Сумма денежных доходов населения Приморского края в 2019 году оценочно составила 853,2 млрд руб. из которых около 34,4 млрд руб. инвестировано в развитие собственного человеческого капитала. Финансовая структура ча-

стных инвестиций в развитие человеческого капитала по направлениям представлена на рис. 3.7.

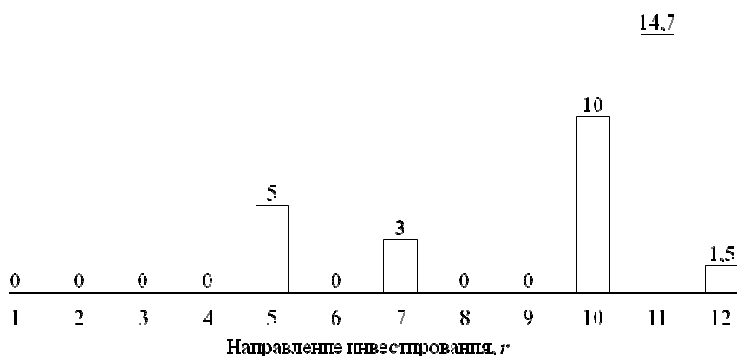


Рис. 3.7. Финансовая структура частных инвестиций в развитие человеческого капитала по направлениям, млрд руб.

Наибольший объем частных инвестиций приходится по направлениям «здравоохранение» (14,7 млрд руб.) и «образование» (10 млрд руб.). Около 5 млрд руб. жители Приморского края ежегодно инвестируют в улучшение своих жилищных условий, что находит свое отражение по направлению «жилищно-хозяйственные условия».

Остальные входные параметры модели представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Входные параметры модели

Направление инвестирования	Наименование параметра			
	α_m	β_m	ϕ_m	γ_m
Общегосударственные вопросы	1,07	0,94	—	—
Национальная оборона	1,03	1,00	—	—
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность	0,97	0,93	—	—
Национальная экономика	1,01	0,36	1,05	0,10
Жилищно-коммунальное хозяйство	1,06	0,13	—	—
Охрана окружающей среды	1,54	0,25	1,05	0,80

Направление инвестирования	Наименование параметра			
	α_{rn}	β_{rn}	ϕ_{rn}	γ_{rn}
Культура, кинематография	1,04	0,62	–	–
Социальная политика	1,11	0,97	1,05	0,30
Средства массовой информации	1,05	0,57	1,05	0,40
Образование	1,13	0,81	1,09	0,60
Здравоохранение	1,03	0,67	1,14	0,90
Физическая культура и спорт	1,06	0,18	1,15	0,40

Далее рассмотрим два сценария:

1) оптимизационный, для которого структура инвестиций, направляемых на реализацию проектов, рассчитывается по модели;

2) инерционный, для которого структура инвестиций, направляемых на реализацию региональных проектов, взята из законопроекта о бюджете Приморского края.

При этом суммарный объем инвестиций по годам для двух сценариев одинаков.

На основании анализа инвестиций в человеческий капитал региона, авторами предложен ряд проектов, реализация которых планируется в последующие 3 года, с определением их стоимости для Приморского края. В качестве примера некоторые из проектов представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Пример проектов Приморского края

Проект	Тип	Источник ин- вестиций	Объем инвести- ций по моментам времени, млн р.	
			1	2
Социальная политика				
Строительство дома- интерната для presta- релых и инвалидов	Единора- зовый	Региональный бюджет	20,0	20,0
		Бюджет компании	20,0	20,0
...	...	...	...	...

Окончание табл.3.4

Проект	Тип	Источник ин- вестиций	Объем инвести- ций по моментам времени, млн р.	
			1	2
Физическая культура и спорт				
Строительство спор- тивно- восстано- вительного комплекса	Единора- зовый	Региональный бюджет	120,0	0,0
		Бюджет компании	20,0	0,0
...	...	...	...	...
Национальная экономика				
Субсидии на развитие бизнеса в области рас- тениеводства	Циклич- ный	Региональный бюджет	880,0	0,0
		Бюджет компании	3000,0	0,0
Гранты на развитие семейных животновод- ческих ферм	Циклич- ный	Региональный бюджет	120,0	0,0
		Бюджет компании	120,0	0,0
Строительство автомо- бильной дороги	Единора- зовый	Региональный бюджет	300,0	120,0
		Бюджет компании	0,0	0,0
Разработка концепции цифровой трансформа- ции	Единора- зовый	Региональный бюджет	45,0	0,0
		Бюджет компании	0,0	0,0
...	...	...	...	...

Общее количество рассматриваемых проектов, реализация которых возможна за 3 года, равно 364. Стоит отметить, что данный список проектов расширен авторами (дополнено более 150 проектов). Суммарный объем инвестиций из регионального бюджета, который необходим для реализации всех проектов за 1-й год, составляет 130,81 млрд руб. (суммарный объем необходимых инвестиций за 3 года – 266,36 млрд руб.).

При этом ограничения по объемам инвестирования бюджетных средств Приморского края по годам имеют следующий вид: в 1-й год – 45 млрд руб.; во 2-й год – 32 млрд руб.; в 3-й год – 29 млрд руб.

Далее зададим ограничения модели. Вектора ограничений, используемые в соотношениях (3.11) – (3.13) модели, задаются следующим образом:

1) нижние и верхние границы темпов роста объемов инвестиций, выделяемых из регионального бюджета на развитие человеческого капитала, за один момент времени для данного примера имеют вид: $\bar{a} = (0,5, \dots, 0,5)$, $\bar{b} = (2, \dots, 2)$;

2) нижние и верхние границы относительных изменений главных компонент показателей развития регионального человеческого капитала за один момент времени для данного примера имеют вид: $\bar{c} = (0, \dots, 0)$, $\bar{d} = (1, \dots, 1)$;

3) нижние и верхние границы степеней достижения целевого значения показателей социально-экономического развития региона в момент времени T для данного примера имеют вид: $\bar{e} = (0,75, \dots, 0,75)$, $\bar{f} = (1,5, \dots, 1,5)$.

Результатом оптимизации является определение перечня проектов по направлениям инвестирования в человеческий капитал и годам, которые стоит включить в общий портфель региональных проектов. На рисунке 3.8 представлена информация о том, какая часть проектов принята по направлениям инвестирования во временном разрезе.

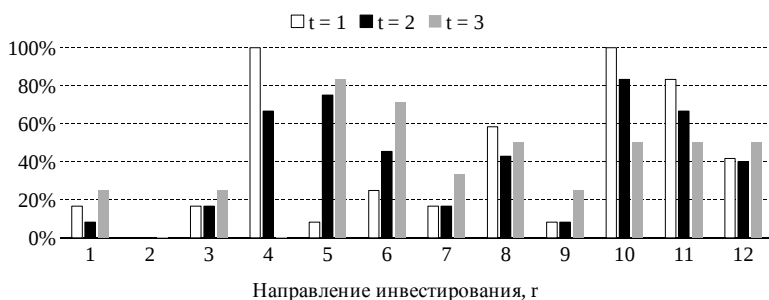


Рис. 3.8. Процент включения проектов в общий региональный портфель

Стоит отметить, что в каждый из 3-х лет было освоено не менее 99% региональных бюджетных средств. На основании полученного решения на рис. 3.9 представлена структура инвестиций, направленных из регионального бюджета в проектные мероприятия, по направлениям инвестирования и годам.

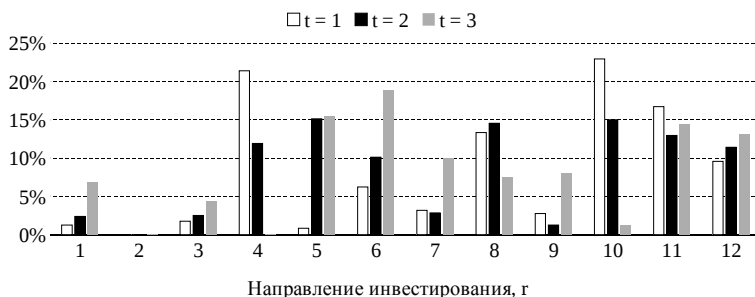


Рис. 3.9. Структура инвестиций из регионального бюджета по проектным мероприятиям по направлениям инвестирования и годам

Таким образом, в 1-й год реализации проектов наибольший объем инвестиций из регионального бюджета рекомендуется направить в образование (23% от общего объема инвестиций или около 10 млрд руб.) и национальную экономику (21% или около 9,5 млрд руб.); во 2-й год инвестиции распределяются более равномерно между проектами: в жилищно-коммунальное хозяйство рекомендуется направить 5 млрд руб. (15%), в образование – около 5 млрд руб. (15%), в социальную политику – 4,5 млрд руб. (14,5%), в здравоохранение – около 4 млрд руб. (14%); в 3-й год также сохраняется равномерная структура распределения. Стоит отметить, что инвестиции в национальную экономику осуществляются только первые два года, в дальнейшем целесообразность их инвестирования с точки зрения влияния на показатели социально-экономического развития отсутствует. Аналогичная ситуация существует и для инвестирования в образование. На рисунке 3.10 представлен сравнительный график структуры инвестиций за 3 года по двум сценариям.

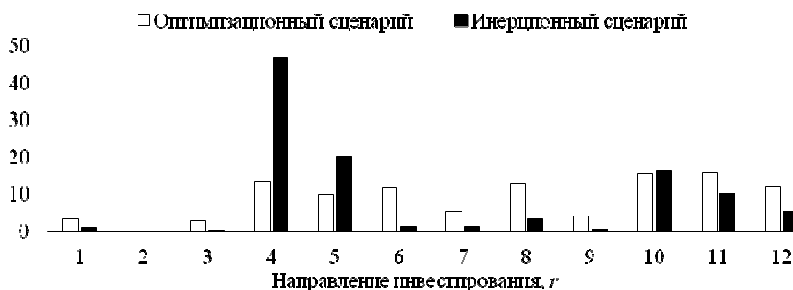


Рис. 3.10. Сравнительный график объемов инвестиций при инерционном и оптимизационном сценариях, млрд руб.

Анализируя данные рис. 3.10, можно отметить, что при оптимизационном сценарии структура инвестиций более равномерная. При этом в инерционном сценарии национальная экономика является приоритетным направлением инвестирования, на которое планируется направить за 3 года более 45% от общего объема региональных бюджетных инвестиций.

Стоит также отметить, что сравнительный анализ портфелей по двум сценариям показал 49% совпадения по проектам, включенным в них.

На рисунке 3.11 представлен результат по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития Приморского края для оптимизационного и инерционного сценариев.

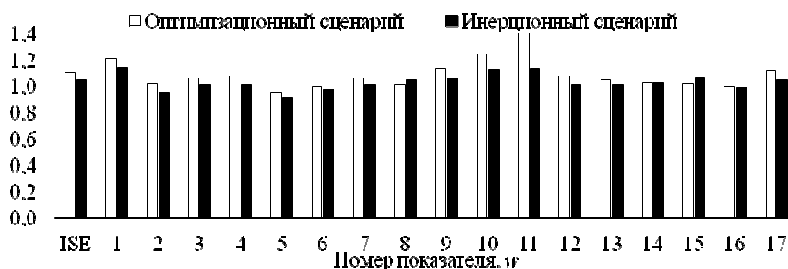


Рис. 3.11. Степени достижения показателей социально-экономического развития Приморского края при оптимизационном и инерционном сценариях

В конечный момент времени $t = 3$ значение интегрального показателя в оптимизационном сценарии составит 1,11 (при начальном значении 0,87), а в инерционном – 1,05. Следовательно, в обоих сценариях достигаются целевые значения интегрального показателя, но в оптимизационном сценарии итоговый результат на 6 процентных пунктов лучше. Стоит отметить, что в оптимизационном сценарии не достигается целевое значение одного показателя социально-экономического развития региона, а именно «индекса потребительских цен» (значение степени достижения – 0,95).

Итак, можно сделать вывод об эффективности использования предложенной модели. Ее использование позволит улучшить значения показателей социально-экономического развития в среднем на 5% за три года, что выше имеющейся динамики.

3.3. Нечеткий метод формирования оптимального портфеля стратегических проектов для достижения целевых ориентиров развития региона

В пункте 3.2 была рассмотрена экономико-математическая модель, являющаяся формализацией основной части концептуальной модели в виде задачи математического программирования в четкой постановке. Нечеткий метод является продолжением и расширением модели в четкой постановке. По мнению специалистов, нечетко-множественный подход видится перспективным направлением, которое позволяет моделировать неопределённости вербальных экспертных оценок параметров модели и возможных рисков на основе представления параметров и функциональных зависимостей в виде нечётких чисел [114]. Нечеткие оптимизационные задачи требуют специальных методов решения, но отсутствие примеров апробации предлагаемых методов и подходов на реальных кейсах по формированию изменяющегося во времени портфеля проектов создает серьезные трудности в их дальнейшем использовании в моделях оптимизации. В то же время нечеткие оптимизационные модели с нечеткими целевыми функциями и ограничениями позволяют варьировать результаты при задании различных экзогенно установленных уровнях достоверности [115]. Это дает лицу, принимающему решения, большую гибкость, что особенно важно при формировании структуры инвестиций.

Задачей текущего раздела исследования является разработка и апробация в нечеткой постановке метода формирования оптимального портфеля стратегических проектов для максимального продвижения по достижению целевых значений основных показателей развития региона через развитие его человеческого капитала. Основные вопросы, связанные с разработкой данного метода, изложены в нашей работе [116]. Нечеткий метод расширяет рассмотренную в п. 3.2 модель на представление инвестиций в виде списка проектов федерального и регионального уровней и рассматривает моделирование неопределённостей в виде использования нечётко-множественного представления оценок параметров построенных эконометрических зависимостей.

Используемые в модели эконометрические зависимости (2.7), (2.9) обладают существенной неопределённостью, связанной с достоверностью оценок числовых коэффициентов каждой зависимости. Для моделирования этой неопределённости воспользуемся нечётко-множественным подходом: будем считать, что каждый коэффициент построенной эконометрической зависимости является нечётким треугольным числом (a_1, a_2, a_3) , где a_2 – коэффициент в модели, $a_2 - a_1 = a_3 - a_2$ и совпадает с величиной интервала достоверности для данного коэффициента на уровне 0,95.

Так, например, функциональная зависимость $w_1(t)$ для кластера, в который входит Приморский край, имеет следующий вид:

$$w_1(t) = \begin{pmatrix} 0,15 + 0,84 \cdot w_1(t-1) - 0,22 \cdot RCX_1(t-1) + \\ + 0,28 \cdot RCX_2(t-1) - 0,46 \cdot RCX_3(t-1) + \\ + 0,14 \cdot RCX_4(t-1) + 0,09 \cdot RCX_5(t-1) - \\ - 0,08 \cdot RCX_6(t-1) - 0,06 \cdot RCX_7(t-1) \end{pmatrix}.$$

Таким образом, коэффициент при $RCX_2(t-1)$ равен 0,28. Следовательно, для данного коэффициента a_1 и a_3 могут принять, например, значения 0,23 и 0,33 соответственно.

Второй уровень неопределённостей в модели связан с необходимостью задания параметров зависимостей (3.7), (3.8) и ограничений (3.11) – (3.13). Значения параметров модели v_{kn} , α_{jn} , β_{jn} , φ_{jn} , γ_{jn} , a_j , b_j , c_l , d_l , e_k и f_k определяются на основании экспертных оценок. При этом для эксперта достаточно сложным является задание данных значений в виде чёткого числа. Ему

проще формулировать данные значения в виде вербальной оценки, учитывая личные представления и ощущения. Одним из способов такого упрощения задачи для эксперта является применение нечетко-множественного подхода. Поэтому в качестве оценок для данных параметров воспользуемся вербальными оценками, преобразованными в нечеткие треугольные числа.

Например, для лингвистической переменной $\beta = \langle \text{доля процессных инвестиций в общем объеме финансовых средств} \rangle$ термножество можно записать как $W(\beta) = \{\text{около } 0\%; \text{ около } 25\%; \text{ около } 50\%; \text{ около } 75\%; \text{ около } 100\%\}$. Функции принадлежности задаются в виде нечетких чисел:

- $W(\text{около } 0\%) = \{0; 0; 0,25\}$;
- $W(\text{около } 50\%) = \{0,25; 0,5; 0,75\}$;
- $W(\text{около } 100\%) = \{0,75; 1; 1\}$.

На рисунке 3.12 приведены соответствующие функции принадлежности треугольного вида.

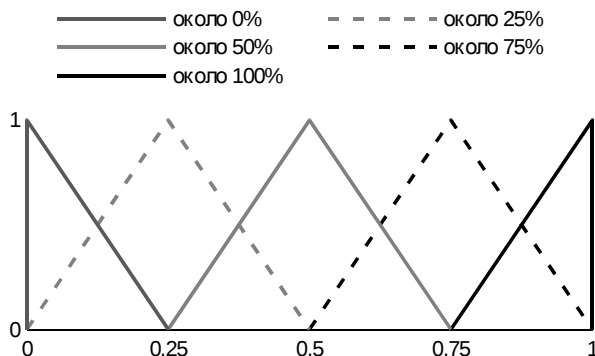


Рис. 3.12. Система треугольных функций принадлежности на носителе $[0; 1]$

Для лингвистической переменной $\alpha = \langle \text{коэффициент изменения объема финансовых средств} \rangle$ термножество можно записать как $W(\alpha) = \{\text{около } 0; \text{ около } 0,5; \text{ около } 1; \text{ около } 1,5; \text{ около } 2\}$. Функции принадлежности задаются в виде нечетких чисел:

- $W(\text{около } 0) = \{0; 0; 0,5\}$;
- $W(\text{около } 0,5) = \{0; 0,5; 1\}$;
- $W(\text{около } 1) = \{0,5; 1; 1,5\}$;

– $W(\text{около } 1,5) = \{1; 1,5; 2\}$;

– $W(\text{около } 2) = \{1,5; 2; 2\}$.

Для оставшихся параметров нечеткость определяется аналогичным образом.

Отметим, что для определения значений параметров модели проводится экспертный опрос, который основан на использовании мнений независимых друг от друга экспертов и позволяет определить значения показателей в заданном диапазоне. Если проводится опрос двух и более экспертов, то существует необходимость консолидации их мнений (метод описан в п. 2.3).

Таким образом, формирование оптимального портфеля стратегических проектов, влияющих на социально-экономическое развитие региона через развитие его человеческого капитала, предлагается осуществлять, используя оптимизационную модель, описанную в п. 3.2.

Модель представляет собой задачу нечёткого программирования в связи с тем, что большинство коэффициентов зависимостей, определяющих целевую функцию, и параметров ограничений являются нечёткими числами. В связи с этим воспользуемся методом нахождения решения данной нечеткой задачи, описанным в п. 2.3.

Рассмотрим пример формирования портфеля проектов, позволяющего в максимальной степени продвигаться по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития региона на основе опережающего развития человеческого капитала для Приморского края.

В качестве исходных данных фигурируют объемы инвестиций по направлениям, показателей человеческого капитала и социально-экономического развития для регионов России за 2011–2018 гг. Приморский край, как известно, входит в кластер «Малый». Для данного кластера по методу Кайзера построены главные компоненты развития человеческого капитала.

Для получения зависимостей (2.7) и (2.9) методом BestSubsets построены модели панельных данных с детерминированными пространственными эффектами. При этом полученные коэффициенты регрессионных зависимостей (2.7) и (2.9) преобразованы в нечеткие треугольные числа по описанному ранее методу.

Для выбранного региона рассмотрим формирование портфеля стратегических проектов с горизонтом планирования $T = 3$. Целевые

значения показателей социально-экономического развития, установленные администрацией региона, представлены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

**Целевые значения показателей социально-экономического
развития Приморского края**

Показатель	Текущее значение	Целевое значение
Доля занятого населения в рабочей силе, %	0,94	0,98
Среднедушевые денежные доходы, соотношенные с величиной прожиточного минимума, раз	2,6	2,95
Объем потребительских расходов на душу населения в месяц, руб.	22 385	26 822
Доля потребительских расходов в общем объеме доходов населения, %	69,1	71,74
ВРП на душу населения, руб.	382 586	457 453
Стоимость основных фондов на конец года по полной учетной стоимости на душу населения, руб.	1 620 423	1 863 486
Инвестиции в основной капитал на душу населения в фактически действовавших ценах, руб.	64 120	76 362
Индекс промышленного производства, в % к предыдущему году	97,80	104,90
Ввод в действие зданий жилого и нежилого назначения на душу населения, кв.м./чел.	0,37	0,55
Совокупный оборот розничной торговли, общепита и платных услуг на душу населения, руб.	260 688	301 133
Удельный вес безубыточных организаций, в процентах от общего числа организаций	69,20	79,30
Доходы консолидированных бюджетов на душу населения, руб.	58 512	67 289

Далее рассмотрим два сценария:

1) оптимизационный, для которого структура инвестиций, направляемых на реализацию проектов, рассчитывается по модели;

2) инерционный, для которого структура инвестиций, направляемых на реализацию региональных проектов, взята из законопроекта о бюджете Приморского края (при этом суммарный объем инвестиций по годам для двух сценариев одинаков).

Общее количество рассматриваемых проектов, реализация которых возможна за 3 года, равно 264. Суммарный объем инвестиций из регионального бюджета, который необходим для реализации всех проектов за 1-й год, составляет 130,81 млрд руб. (суммарный объем необходимых инвестиций за 3 года – 266,36 млрд руб.).

При этом ограничения по объемам инвестирования бюджетных средств Приморского края по годам имеют следующий вид: в 1-й год – 45 млрд руб.; во 2-й год – 32 млрд руб.; в 3-й год – 29 млрд руб.

По результатам экспертного опроса получены вербальные оценки входных параметров и ограничений модели v_{kn} , α_{jn} , β_{jn} , φ_{jn} , γ_{jn} , a_j , b_j , c_l , d_l , e_k и f_k , которые преобразованы в нечеткие числа. Фрагмент входных параметров модели, заданных в виде нечетких чисел представлен в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Входные параметры модели

Направление инвестирования	Наименование параметра	
	α_{jn}	β_{jn}
Общегосударственные вопросы	{0,92; 1,07; 1,22}	{0,79; 0,94; 1}
Национальная оборона	{0,88; 1,03; 1,18}	{0,85; 1; 1}
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность	{0,82; 0,97; 1,12}	{0,78; 0,93; 1}
Национальная экономика	{0,86; 1,01; 1,16}	{0,21; 0,36; 0,51}
Жилищно-коммунальное хозяйство	{0,91; 1,06; 1,21}	{0; 0,13; 0,28}

Направление инвестирования	Наименование параметра	
	α_{jn}	β_{jn}
Охрана окружающей среды	{1,39; 1,54; 1,69}	{0,1; 0,25; 0,4}
Культура, кинематография	{0,89; 1,04; 1,19}	{0,47; 0,62; 0,77}
Социальная политика	{0,96; 1,11; 1,26}	{0,82; 0,97; 1}
Средства массовой информации	{0,9; 1,05; 1,2}	{0,42; 0,57; 0,72}
Образование	{0,98; 1,13; 1,28}	{0,76; 0,81; 0,96}
Здравоохранение	{0,88; 1,03; 1,18}	{0,52; 0,67; 0,82}
Физическая культура и спорт	{0,91; 1,06; 1,21}	{0,03; 0,18; 0,33}

Далее представлены результаты формирования оптимального портфеля стратегических проектов по модели с описанными выше ограничениями на горизонте планирования. Для нахождения решения модели следуя подходу, описанному ранее, нечеткая задача математического программирования сводится к четкой путем преобразования нечётких неравенств для целевой функции и ограничений в чёткие на заданных уровнях достоверности. Для рассматриваемого примера уровень достоверности равен 0,95. Чёткая задача решается численно с использованием надстройки Solver для MS Excel. В таблице 3.7 представлен оптимальный портфель проектов для Приморского края по годам.

Таблица 3.7

Портфель региональных стратегических проектов

Направление инвестирования	Количество единоразовых проектов, шт. / Затраты на реализацию единоразовых проектов, млрд руб.			Количество цикличных проектов, шт. / Затраты на реализацию цикличных проектов, млрд руб.		
	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$
1	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 0,57	1 / 0,75	3 / 1,99
2	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0

Направление инвести- рования	Количество единоразовых про- ектов, шт. / Затраты на реализа- цию единоразовых проектов, млрд руб.			Количество цикличных проек- тов, шт. / Затраты на реализа- цию цикличных проектов, млрд руб.		
	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$	$t = 1$	$t = 2$	$t = 3$
3	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 0,79	2 / 0,79	3 / 1,27
4	6 / 4,38	0 / 2,01	0 / 0	6 / 5,24	4 / 1,76	0 / 0
5	0 / 0	4 / 3,89	2 / 2,48	1 / 0,37	2 / 0,91	3 / 1,99
6	1 / 1,40	4 / 2,57	1 / 2,28	2 / 1,41	1 / 0,64	4 / 3,19
7	0 / 0	0 / 0	0 / 0	2 / 1,42	2 / 0,90	4 / 2,87
8	5 / 3,30	1 / 2,96	0 / 0	2 / 2,70	2 / 1,65	3 / 2,19
9	0 / 0	0 / 0	0 / 0	1 / 1,25	1 / 0,39	3 / 2,31
10	6 / 4,68	0 / 2,11	0 / 0	6 / 5,64	5 / 2,64	3 / 0,38
11	4 / 1,92	2 / 2,50	0 / 2,00	6 / 5,60	2 / 1,60	3 / 2,15
12	2 / 1,33	2 / 2,29	2 / 2,46	3 / 2,98	2 / 1,33	2 / 1,33

Стоит отметить, что период реализации ряда проектов составляет 2 года. Это означает, что при принятии решения о реализации таких проектов в момент времени t , также необходимо учесть существующие финансовые потребности в момент времени $t + 1$.

Таким образом, в 1-й год реализации проектов наибольший объем инвестиций из регионального бюджета рекомендуется направить в образование (10,23 млрд руб., или 22% от общего объема инвестиций) и национальную экономику (9,62 млрд руб., или 21%); во 2-й год инвестиции распределяются более равномерно между проектами: в жилищно-коммунальное хозяйство рекомендуется направить 4,80 млрд руб. (15%), в образование – 4,75 млрд руб. (или 15%), в социальную политику – 4,61 млрд руб. (15%), в здравоохранение – 4,10 млрд руб. (14%); в 3-й год также сохраняется равномерная структура распределения. Стоит отметить, что инвестиции в национальную экономику осуществляются только

первые два года, в дальнейшем целесообразность их инвестирования с точки зрения влияния на показатели социально-экономического развития отсутствует. Аналогичная ситуация существует и для инвестирования в образование. На рисунке 3.13 представлен сравнительный график структуры инвестиций за 3 года по двум сценариям.

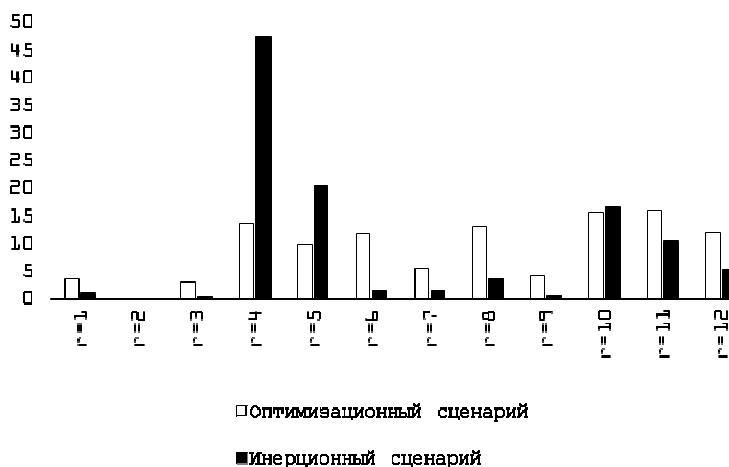


Рис. 3.13. Сравнительный график объемов инвестиций при инерционном и оптимизационном сценариях

Анализируя данные, представленные на рис. 3.13, можно отметить, что при оптимизационном сценарии структура инвестиций более равномерная. При этом в инерционном сценарии преобладающим направлением инвестирования является национальная экономика, на которую планируется направить за 3 года более 44% от общего объема региональных бюджетных инвестиций.

Стоит также отметить, что сравнительный анализ портфелей по двум сценариям показал 53% совпадения по проектам, включенным в них.

На рисунке 3.14 представлен результат по достижению целевых значений показателей социально-экономического развития Приморского края для оптимизационного и инерционного (расчитанного по модели напрямую) сценариев.

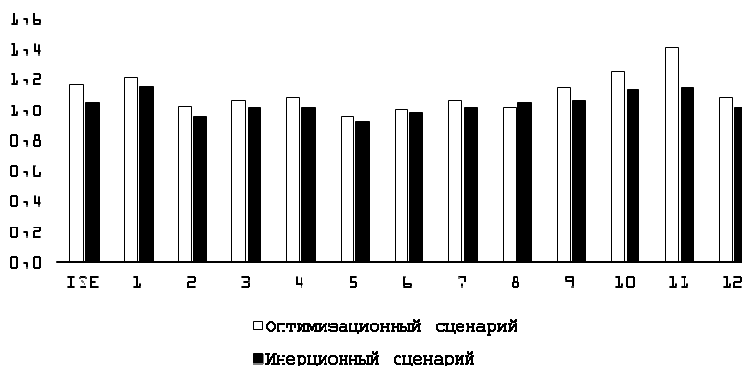


Рис. 3.14. Степени достижения показателей социально-экономического развития Приморского края при оптимизационном и инерционном сценариях

Можно отметить, что при использовании портфеля проектов, сформированного по предлагаемой модели, значение интегрального показателя будет больше на 0,11 пунктов. Таким образом, можно говорить о повышении эффективности при планировании портфеля проектов с использованием авторской оптимизационной модели.

Если провести сравнительный анализ использования четкой и нечеткой моделей в оптимизационном сценарии, то можно отметить, что схожесть портфелей составляет 92%. Это связано с тем, что при использовании нечеткого подхода учитываются пограничные значения нечеткого числа, что не позволяет сделать четкая модель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью проведенного исследования было обоснование и разработка взаимосвязанных экономико-математических методов и моделей оптимального распределения инвестиций в мероприятия, направленные на повышение качества жизни и прямое или косвенное развитие человеческого капитала региона. В исследовании разработана инструментальная составляющая методологии развития регионального человеческого капитала.

Комплекс разработанных методов и моделей позволяет осуществить количественную оценку взаимосвязей текущих параметров развития человеческого капитала с показателями социально-экономического развития региона и на этой основе формировать оптимальные портфели инвестиционных проектов в области развития человеческого капитала региона для максимально возможного продвижения по достижению стратегических целей и задач социально-экономического развития региона.

В монографии предложены авторские экономико-математические методы и модели:

1. Концептуальная модель развития регионального человеческого капитала за счет процесса инвестирования по направлениям, напрямую или косвенно (через призму повышения качества жизни населения) влияющим на его развитие. В основе данной модели лежат:

- авторская трактовка понятия «региональный человеческий капитал»; сформированный перечень показателей регионального человеческого капитала, систематизированный по шести укрупненным группам (уровень профессионализма, уровень образования, уровень научного развития, уровень инновационного развития, уровень здравоохранения, уровень культуры);

– количественная оценка величины регионального человеческого капитала, позволяющая учесть разнородность показателей человеческого капитала;

– понятие «инвестиции в человеческий капитал региона», уточненный перечень направлений инвестирования в повышение качества жизни населения и развитие регионального человеческого капитала;

– актуализированный перечень показателей качества жизни населения региона, систематизированный по 12 укрупненным группам (уровень жизни, социальная инфраструктура, состояние здоровья, безопасность, образование, экономика, здравоохранение, жилье, культура и физическая культура, демография, экология и природно-климатические условия);

– актуализированные перечни показателей социально-экономического развития региона и его демографических параметров;

– динамическое описание каналов влияния между основными компонентами модели (инвестиции в повышение качества жизни и развитие человеческого капитала региона; качество жизни населения региона; региональный человеческий капитал; социально-экономическое развитие региона; демографические параметры региона).

В рамках апробации концептуальной модели был осуществлен рейтинг регионов России по уровню развития человеческого капитала. Выделены лидеры в целом и по каждой укрупнённой группе. Понимание сильных и слабых сторон региона в развитии человеческого капитала позволяет формировать обоснованную стратегию социально-экономического развития региона, направленную на ликвидацию (подтягивание) слабых сторон.

Также была проведена кластеризация регионов Российской Федерации по показателям регионального человеческого капитала и выделены устойчивые ядра кластеров – «научный кластер», «экологический кластер», «промышленный кластер», «ресурсный кластер» и «малый кластер». Был выделен кластер-лидер по развитию человеческого капитала («научный кластер»), опыт развития регионов которого, например, можно рассматривать как лучшую практику и распространять ее на другие регионы.

2. Эконометрические модели панельных данных, функционально описывающие зависимости влияния:

– структуры и объемов инвестиций по разным направлениям инвестирования в повышение качества жизни и развитие человеческого капитала региона на региональный человеческий капитал;

– показателей регионального человеческого капитала на социально-экономическое развитие региона;

– показателей социально-экономического развития региона на динамику демографических процессов в регионе.

Предварительная кластеризация регионов по уровню человеческого капитала оказывает существенное влияние на результаты моделирования: изменяются как состав значимых предикторов, так и сила их влияния на результат, а также значения показателей качества моделей. Для избавления от мультиколлинеарности и уменьшения количества показателей регионального человеческого капитала с сохранением максимальной информации использовался метод главных компонент.

3. Многопериодная оптимизационная модель распределения инвестиций, влияющих напрямую или косвенно на повышение качества жизни и развитие человеческого капитала региона, для повышения величины регионального человеческого капитала в чёткой и нечёткой постановках. В отличие от известных инструментов, модель учитывает многопериодность процесса и позволяет в условиях рисков и ограниченности финансовых ресурсов формировать оптимальную структуру распределения региональных инвестиций по направлениям инвестирования и годам. Модель представляет собой задачу математического программирования, в которой влияние объемов и структуры государственных и частных инвестиций на развитие регионального человеческого капитала представляется в виде построенных рекуррентных соотношений, представляющих собой эконометрические зависимости. В нечёткой постановке часть входных параметров задаётся на основе вербальных экспертных оценок. Нечёткая задача оптимизации, используя подход теории возможностей, переводится для заданных уровней достоверности в чёткую, которая решается численными методами. Степень учёта имеющейся неопределённости регулируется заданием уровней достоверности как для целевой функции, так и для ограничений. Выбор уровней достоверности остается за лицом, принимающим решение, и, помимо прочего, может характеризовать его склонность к риску. В практиче-

ском смысле предложенная модель представляет собой управленческий инструмент поиска оптимальной структуры распределения финансовых ресурсов по направлениям инвестирования и временным периодам. Апробация модели проведена на примере Приморского края. Численное решение модели позволяет на основе оптимального сценария формирования ежегодной структуры инвестиций существенно по сравнению с инерционным сценарием продвинуться по достижению целевых значений стратегических показателей в области развития человеческого капитала.

4. Динамическая модель формирования оптимальной структуры региональных государственных инвестиций, способствующей через опережающее развитие человеческого капитала достижению стратегических целей и задач социально-экономического развития региона и позволяющая формировать инвестиционные стратегии в области развития регионального человеческого капитала. Модель представляет собой задачу математического программирования и описывает в виде рекуррентных зависимостей цепочку каналов влияния: «структура и объемы инвестиций → показатели регионального человеческого капитала → показатели социально-экономического развития региона». Построенные для каждого кластера, на которые по показателям человеческого капитала разбиты регионы России, рекуррентные зависимости представляют собой лаговые эконометрические модели панельных данных. Отличительной особенностью является двухэтапное моделирование каналов влияния и то, что для избавления от мультиколлинеарности и уменьшения размерности модели на первом уровне цепочки использован метод главных компонент. Целевой функцией является интегральный показатель, характеризующий уровни достижения на заданном горизонте планирования целевых значений 17-ти показателей социально-экономического развития региона. Для моделирования неопределённостей внешней среды и учёта погрешностей построенных регрессионных зависимостей коэффициенты ограничений в нечёткой модели задаются на основе экспертных оценок в виде лингвистических переменных, которые переводятся в нечёткие трапециевидные числа. Переход от нечеткой задачи оптимизации к четкой проводится путем задания уровней достоверности. Апробация модели проведена на примере нескольких регионов России. Рассмотренные примеры показывают, что оптимизация структуры инвести-

ций позволяет добиться лучшего продвижения по развитию региона по сравнению с инерционным сценарием, в котором структура инвестиций на горизонте планирования соответствует структуре, предложенной в региональных законопроектах о бюджете.

5. Метод формирования оптимального портфеля государственных стратегических проектов в области повышения качества жизни населения и развития человеческого капитала региона для максимально возможного продвижения по развитию человеческого капитала. Модель представляет собой задачу целочисленного программирования, целевая функция которой является интегральным показателем, учитывающим степени достижения стратегических задач по развитию человеческого капитала. Переменными, по которым проводится оптимизация, являются булевы переменные включенности того или иного проекта по тому или иному направлению инвестирования в определенный момент времени в портфель проектов. Особенностью модели является то, что учитываются частные инвестиции и государственные инвестиции как на процессную, так и на проектную деятельность по направлениям инвестирования. Найденные решения позволяют сформировать план мероприятий («дорожную карту») в области развития человеческого капитала региона.

6. Динамическая модель в чёткой и нечёткой постановках, которая позволяет формировать оптимальный портфель региональных стратегических проектов, напрямую или косвенно влияющих на развитие регионального человеческого капитала. Целевой функцией модели является интегральный показатель, учитывающий степени достижения показателей социально-экономического развития региона на заданном горизонте планирования. В основе модели лежат актуализированные функциональные взаимосвязи: инвестиции, напрямую или косвенно влияющих на развитие регионального человеческого капитала $\rightarrow$ показатели регионального человеческого капитала $\rightarrow$ показатели социально-экономического развития региона. Для учета существующих неопределенностей, связанных с экспертными оценками, неполнотой информации и доверительными интервалами параметров построенных регрессионных зависимостей, коэффициенты рекуррентных зависимостей и ограничений в модели задаются в виде нечетких чисел. Для нечёткой задачи предложен метод

решения на основе теории возможностей. Вычислительные аспекты предложенной модели рассмотрены при формировании оптимального портфеля стратегических проектов для Приморского края. В результате была получена структура региональных бюджетных инвестиций по направлениям инвестирования, которая формируется на основании пула стратегических проектов. Проведен сравнительный анализ структуры инвестиций, полученной в результате использования модели и заданной в рамках законопроекта о региональном бюджете. Анализ показал более высокую эффективность использования финансовых ресурсов, выраженную в большей степени достижения интегрального показателя и показателей социально-экономического развития, при использовании портфеля региональных проектов, сформированного на основе использования предложенной модели.

Предложенные методы и модели позволяют системно рассматривать человеческий капитал как важнейшую экономическую категорию в региональном социально-экономическом развитии и оптимизацию процесса его накопления на основе инвестиционных вложений в его развитие. Применение данных методов способствует принятию обоснованных и грамотных решений в отношении развития человеческого капитала и, в целом, устойчивого роста региональной экономики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеечева, И.А. Тенденция развития человеческого капитала в России: проблемы измерения и оценки / И.А. Сергеечева // Управление в современных системах. – 2016. – №4 (11). – С. 14–25.
2. Лосева, О.В. Развитие методологии оценки инновационного капитала региона / О.В. Лосева // Инновационное развитие экономики. – 2017. – №5 (41). – С. 27–35.
3. Локосов, В.В. Региональная дифференциация показателей человеческого капитала / В.В. Локосов, Е.В. Рюмина, В.В. Ульянов // Экономика региона. – 2015. – №4. – С. 185–196.
4. Забелина, О.В. Человеческий капитал региона: проблемы сущности, структуры и оценки / О.В. Забелина, Т.М. Козлова, А.В. Романюк // Экономика и статистика. – 2013. – №4. – С. 52–57.
5. Gurban, I.A. The regional ranking of human capital development in Russia / I.A. Gurban // R-Economy. – 2015. – Vol. 1(4). – P. 563–572.
6. Шепелев, Н.А. Стратегическое управление человеческим капиталом индустриального региона на основе сравнительного анализа / Н.А. Шепелев, Е.Э. Абрамова, А.О. Акулов // Вопросы управления. – 2016. – № 4(22). – С. 111–120.
7. Percoco, M. Health Shocks and Human Capital Accumulation: The Case of Spanish Flu in Italian Regions / M. Percoco // Regional Studies. – 2016. – Vol. 50(9). – P. 1496–1508.
8. Soubjaki, M. Challenges Facing Human Capital Return on Investment (HCROI) in Mena Region / M. Soubjaki // Journal of Business and Management. – 2017. – Vol. 19(11). – P. 82–88.
9. Грацинская, Г.А. Региональные особенности целенаправленного формирования человеческого капитала / Г.А. Грацин-

ская, В.Ф. Пучков // Журнал правовых и экономических исследований. – 2014. – №1. – С. 177–181.

10. Pelinescu, E. The impact of human capital on economic growth / E. Pelinescu // 2nd International Conference “Economic Scientific Research – Theoretical, Empirical and Practical Approaches”. Bucharest, 2014. – P. 184–190.

11. Аганбегян, А.Г. Человеческий капитал и его главная составляющая – сфера «экономики знаний» как основной источник социально-экономического роста / А.Г. Аганбегян // Экономические стратегии. – 2017. – № 3(145). – С. 66-79.

12. Кудрин, А.Л. Бюджетный маневр и структурная перестройка российской экономики / А.Л. Кудрин, И.А. Соколов // Вопросы экономики. – 2017. – №9. – С. 5–27.

13. Teixeira, A.A.C. Economic growth, human capital and structural change: a dynamic panel data analysis / A.A.C. Teixeira, A.S.S. Queirós // Research Policy. – 2016. – Vol. 45(8). – P. 1636–1648.

14. Human capital and poverty reduction in OPEC member-countries / B.C. Olopade, H. Okodua, M. Oladosun, A.J. Asaleye // Heliyon. – 2019. – Vol. 5(8). DOI: 10.1016/j.heliyon.2019.e02279

15. Zallé, O. Natural resources and economic growth in Africa: the role of institutional quality and human capital / O. Zallé // Resources Policy. – 2019. – Vol. 62. – P. 616–624.

16. McDonald, B.D. A human capital model of the defense-growth relationship / B.D. McDonald // The Social Science Journal. 2019. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0362331919300618>

17. Human Development Report, 2016: Human Development for Everyone / United Nations Development Programme. NY, 2016. – 286 p.

18. The Global Human Capital Report, 2017 / World Economic Forum. Cologny / Geneva, 2017. – 193 p.

19. Knowledge Economy Report / The Innovation Centre. Belfast, 2017. – 36 p.

20. Annoni, P. The EU Regional Competitiveness Index 2016 / P. Annoni, L. Dijkstra, N. Gargano; European Union, 2017. – 26 p.

21. Burgess, S. Human Capital and Education: The State of the Art in the Economics of Education / S. Burgess // IZA Discussion Paper. – 2016. – № 9885. – URL: <http://ftp.iza.org/dp9885.pdf>.

22. Arabi Khalafalla, A.M. The Impact of Human Capital on Economic Growth: Empirical Evidence from Sudan / A.M. Arabi Khalafalla, Z.S. Abdalla Suliman // Research in World Economy. – 2013. – Vol. 4, №2. – P. 43–53.

23. Терехин, В.И. Влияние человеческого капитала на социально-экономическое развитие региона / В.И. Терехин, Л.А. Чернобродова, Д.К. Бухенский // Уровень жизни населения регионов России. – 2014. – № 2(192). – С. 86–96.

24. Мазелис, Л.С. Количественная модель оценки регионального человеческого капитала / Л.С. Мазелис, К.И. Лавренюк // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – № 4(21). – С. 167–170.

25. A conceptual model of the regional human capital development / L.S. Mazelis, K.I. Lavrenyuk, A.A. Krasko, O.N. Zagudaeva // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. – 2018. – Vol. 9, №4. – P. 477–494.

26. Бюджетный кодекс РФ. Ст. 21, п. 3 // СПС «Консультант-Плюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc-LAW_19702/8d384913e40ef9a5709117de01aa1f44f7cab76f/.

27. Касаева, Т.В. Оценка эффективности региональной политики развития человеческого капитала в Северо-Кавказском федеральном округе / Т.В. Касаева, А.Ю. Касаев, А.Р. Каппушева // Вестник экспертного совета. – 2017. – №2 (9). – С. 74–80.

28. Юсупова, И.В. Человеческий капитал как ключевой фактор стратегии регионального развития (на примере Республики Татарстан) / И.В. Юсупова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2017. – № 2(34). – С. 148–153.

29. Саралинова, Д.С. Определение приоритетов регионально-го развития человеческого капитала в условиях постиндустриального общества / Д.С. Саралинова, С.С. Муллахмедова, З.З. Омаров // Экономика устойчивого развития. – 2017. – № 4(32). – С. 191–194.

30. Якимчук, С.В. Развитие человеческого капитала: региональный аспект / С.В. Якимчук // Укогомичний часопис – XXI. – 2015. – № 1-2-1. – С. 20–23.

31. Авдеев, Е.В. Тенденции развития человеческого капитала в региональном АПК / Е.В. Авдеев // Вестник Воронежского го-

сударственного аграрного университета. – 2015. – № 3(46). – С. 203–2013.

32. Анализ развития регионального человеческого капитала за счет процесса инвестирования / Л.С. Мазелис, Е.Д. Емцева, К.И. Лавренюк, А.А. Красько // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2018. – № 7-3(24). – С. 180–184.

33. Becker, G.S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education / G.S. Becker. – Chicago: University of Chicago Press, 2009. – 412 p.

34. Ben-Porath, Y. The Production of Human Capital and the Life Cycle of Earnings / Y. Ben-Porath // The Journal of Political Economy. – 1967. – Vol. 75, №4. – Part 1. – P. 352–365.

35. Mincer, J. A Pioneer of Modern Labor Economics / J. Mincer. – Heidelberg: Springer Science & Business Media, 2008. – 198 p.

36. Schultz, Th.W. Investment in Human Capital / Th.W. Schultz // The American Economic Review. – 1961. – Vol. 51, Iss. 1. – P. 1–17.

37. Denison, E.F. 1985. Trends in American Economic Growth, 1929-82 / E.F. Denison. – Brookings Institution.

38. Lucas, R.E. On the mechanics of economic development / R.E. Lucas // Journal of Monetary Economics. – 1988. – Vol. 22. – P. 3–42.

39. Romer, P.M. Human Capital and Growth: Theory and Evidence / P.M. Romer; Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy. – 1990. – Vol. 32. – P. 251–286.

40. Subanidja, S. Human capital development strategy for superior organization performance / S. Subanidja, A. Rajasa // International Journal of Advanced Research. – 2016. – Vol. 4, Is. 6. – P. 257–260.

41. Odhон'g, E. Effect of human capital investment on organizational performance of pharmaceutical companies in Kenya / E. Odhон'g, J. Omolo // Global Journal of Human Resource Management. – 2015. – Vol. 3, Is. 6. – P. 1–29.

42. Prince, F. Human resource accounting and its impact on organizational performance / F. Prince, G. Lucky, K. Kingsley // Journal of Economics and Sustainable Development. – 2013. – Vol. 4, Is. 15. – P. 50–56.

43. Schiller, T. Human capital and higher education: how does our region fare? / T. Schiller // Business Review, 2008. – URL: www.philadelphiafed.org/

44. Munch, J. Human capital and wages in exporting firms / J. Munch, J. Skaksen // Journal of International Economics. – 2008. – Is. 75. – P. 363–372.

45. Корицкий, А.В. Человеческий капитал как фактор экономического роста регионов России / А.В. Корицкий. – Новосибирск: Изд-во Сибирск. ун-та потребительской кооперации, 2010. – 368 с.

46. Гвоздева, Е.С. Человеческий капитал как фактор развития России / Е.С. Гвоздева, Т.А. Штерцер // ЭКО. – 2007. – №7. – С. 134–138.

47. Гвоздева, Г.П. Проблемы развития человеческого потенциала России, Сибири и Дальнего Востока на фоне стран мира в 1990–2014 гг. / Г.П. Гвоздева, Е.С. Гвоздева, В.С. Костин // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2017. – Т. 3, №1. – С. 173–178.

48. Комарова, А.В. О вкладе человеческого капитала в рост ВРП регионов России / А.В. Комарова, Е.А. Крицына // Вестник НГУ. Серия: социально-экономические науки. – 2012. – Т. 12, Вып. 3. – С. 5–14.

49. Комарова, А.В. Оценка вклада человеческого капитала в экономический рост регионов России (на основе модели Мэнкью – Ромера – Уэйла) / А.В. Комарова, О.В. Павшок // Вестник НГУ. Серия: социально-экономические науки. – 2007. – Т. 7, Вып. 3. – С. 191–201.

50. Ямилова, Л.С. Оценка влияния параметров человеческого капитала на социально-экономическое развитие регионов (субъектов) Российской Федерации / Л.С. Ямилова, Л.С. Нигматуллина // Nauka-Rastudent.ru. – 2014. – № 11(11). – С. 25.

51. Коновалова, С.В. Оценка влияния параметров человеческого капитала на социально-экономическое развитие Свердловской области / С.В. Коновалова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 1. – С. 58.

52. Габдуллин, Н.М. Человеческий капитал как фактор роста постиндустриальной экономики: автореф. дис.... канд. экон. наук / Н.М. Габдуллин. – Казань, 2009. – 23 с.

53. Руденко, Д.Ю. Оценка взаимосвязи инвестиций в человеческий капитал и уровня социально-экономического развития

стран мира / Д.Ю. Руденко, А.Б. Тилимбаева // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. – 2013. – № 11. – С. 20–30.

54. Горбунова, О.Н. К вопросу о роли ИКТ-компетенций в повышении уровня социально-экономического развития региона / О.Н. Горбунова, А.Н. Климонова // Актуальная биотехнология. – 2013. – № 3(6). – С. 44–46.

55. Кусакина, О.Н. Влияние человеческого капитала на развитие сельских территорий / О.Н. Кусакина, И.Г. Свистунова, Г.В. Токарева // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 9. – С. 8–12.

56. Сахаровский, С.Н. Институциональные факторы формирования человеческого потенциала / С.Н. Сахаровский // Journal of Institutional Studies. – 2012. – Т. 4, № 2. – С. 83–92.

57. Петров, М.Б. Институциональный отклик региональных социально-экономических систем на инвестирование в приращение человеческого капитала: методика оценки / М.Б. Петров, Е.В. Курушина, И.В. Дружинина // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2018. – Т. 11. – С. 195–214.

58. Оценка влияния человеческого капитала на социально-экономическое развитие: эконометрическое моделирование на примере российских регионов / Л.С. Мазелис, Е.Д. Емцева, Е.В. Красова, А.А. Красько // Тренды и управление. – 2018. – №4. – С. 97–110.

59. Оценка влияния социально-экономического развития российских регионов на их демографическую динамику / Л.С. Мазелис, Е.В. Красова, Е.Д. Емцева // Стратегическое развитие субъектов Российской Федерации: федерализация, национальное самосознание, скрытые конкурентные преимущества: материалы международной научно-практической конференции. – Уфа: АЭТЕРНА, 2018. – С. 187–192.

60. The Econometric Model of the Social and Economic Regional Development Impact on Demographic Processes / L.S. Mazelis, E.D. Emtseva, E.V. Krasova // Advances in Economics, Business and Management Research. Atlantis Press. – 2019. – Vol. 79. – P. 11–15.

61. Кручек, М.М. Исследование медико-демографических процессов в регионах России методом регрессионного анализа по панельным данным / М.М. Кручек, Е.В. Молчанова // Региональная экономика: теория и практика. – 2013. – №18 (297). – С. 41–50.

62. Кетова, К.В. Моделирование взаимосвязи демографических и макроэкономических процессов (на примере Удмуртской Республики) / К.В. Кетова // Экономика, Статистика и Информатика. – 2009. – № 3. – С. 55–58.

63. Буркин, М.М. Интегральная оценка влияния социально-экономических и экологических факторов на региональные демографические процессы / М.М. Буркин, Е.В. Молчанова, М.М. Кручек // Экология человека. – 2016. – №6. – С. 39–46.

64. О моделировании взаимосвязи между демографическими и социально-экономическими процессами в регионе / Б.А. Ашабоков, О.З. Загазежева, М.Б. Ашабокова, А.Б. Бекшокова // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2013. – №2 (52). – С. 80–86.

65. Заусаев, В.К. Особые режимы хозяйствования на Дальнем Востоке и демографические процессы / В.К. Заусаев // Уровень жизни населения регионов России. – 2017. – № 2(204). – С. 127–132.

66. Nikulina, E. Interdependence of Demographic and Economic Development of Regions. Procedia – Social and Behavioral Sciences / E. Nikulina, V. Khomenko. – 2015. – № 166. – P. 142–146.

67. Mazelis, L. Devising a fuzzy model for compiling a plan of activities aimed at developing human capital in university / L. Mazelis, K. Lavrenyuk // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – № 4(3). – P. 35–44.

68. Osipov, V.A. Features of forming of a manpower in strategically important cities of the Far East of Russia (on the example of Vladivostok) / V.A. Osipov, E.V. Krasova // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – № 5(6). – P. 108–117.

69. Регионы России. Социально-экономические показатели // Сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstatmain/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156/

70. Постановление Правительства РФ от 11 октября 2001 г. № 717 «О федеральной целевой программе «Сокращение различий в социально-экономическом развитии регионов РФ (2002–2010 годы и до 2015 года» // BaseGarant Homepage. – URL: <http://base.garant.ru/183843/>, last accessed 2018/05/13

71. Распоряжение Правительства РФ от 28.12.2009 № 2094-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития

Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года» // СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_96571/

72. Распоряжение Правительства РФ от 13.02.2019 № 207-р «Об утверждении Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» // СПС «КонсультантПлюс». – URL: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/-56857.html/>.

73. Oikonomou, I. Socially Responsible Investment Portfolios: Does the Optimization Process Matter? / I. Oikonomou, E. Platanakis, C. Sutcliffe // *The British Accounting Review*. – 2018. – Vol. 50, №4. – P. 379–401.

74. Woo, Y. The Impact of Education and R&D Investment on Regional Economic Growth. *Sustainability*. – 2017. – Vol. 9 (5). – P. 676.

75. Корицкий, А. В. Велика ли отдача человеческого капитала в России? / А. В. Корицкий // *ЭКО*. – 2018. – №2(524). – С. 35–47.

76. Коршунов, И.А. Обучение и образование взрослых в контексте экономического развития регионов / И.А. Коршунов, О.С. Гапонова, Н.С. Гапонова // *Экономика региона*. – 2019. – Т. 15, №1. – С. 107–120.

77. Fleisher, B., Li H., Zhao M. Q. Human Capital, Economic Growth, and Regional Inequality in China. *Journal of Development Economics*. – 2010. – Vol. 92(2). – P. 215–231.

78. Zhou G., Gong K., Luo S., Xu G. (2018). Inclusive finance, human capital and regional economic growth in China. *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10. – P. 1194.

79. Пьянова, М. В. Региональный опыт инвестирования в развитие человеческого капитала / М. В. Пьянова // *Налоги и финансы*. – 2018. – № 2 (38). – С. 26–36.

80. Kottaridi C., Louloudi K., Karkalakos S. Human capital, skills and competencies: varying effects on inward FDI in the EU context. *International Business Review*. – 2019. – Vol. 28, №2. – P. 375–390.

81. Salike, N. Role of Human Capital on Regional Distribution of FDI in China: New Evidences. *China Economic Review*. – 2016. – Vol. 37. – P. 66–84.

82. Human Development Report 2019. United Nations Development Programme, NY.

83. Роль человеческого капитала в современной экономике и показатели ее оценки / Н.А. Серебрякова, С.А. Волкова, О.О. Шендрикова, Т.А. Волкова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 4 (74). – С. 253–259.

84. Herdanmin, H., Kartika M. The relationship between human capital and the regional economy productivity // Jurnal Ekonomi dan Kebijakan. – 2019. – Vol. 12(1). – P. 138–152.

85. Ермошина, Т. В. Инвестиции в человеческий капитал как приоритет неиндустриальной экономики / Т.В. Ермошина // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2018. – №4. – С. 3–10.

86. Fraumeni B.M., He J., Li H., Liu Q. Regional Distribution and Dynamics of Human Capital in China 1985–2014 // Journal of Comparative Economics. 2019. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147596719300605>.

87. Estrin S., Mickiewicz T., Stephan U. Human capital in social and commercial entrepreneurship. Journal of Business Venturing. – 2016. – Vol. 31(4). – P. 449–467.

88. Мазелис, Л.С. Динамическая оптимизационная модель распределения финансовых ресурсов для максимального продвижения по развитию человеческого капитала региона / Л.С. Мазелис, А.А. Красько, Е.В. Красова // Государственный советник. – 2019. – №4(28). – С. 21–30.

89. Su Y., Liu Z. The impact of foreign direct investment and human capital on economic growth: evidence from Chinese cities // China Economic Review. – 2016. – Vol. 37. – P. 97–109.

90. Chi, W. The role of human capital in China's economic development: review and new evidence // China Economic Review. – 2008. – Vol. 19(3). – P. 421–436.

91. Васильев, В. С. Ухудшение воспроизводственных условий в экономике США: инфраструктурный фактор / В. С. Васильев // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2018. – Т. 11, №2. – С. 133–150.

92. Mazelis L., Lavrenyuk K., Krasko A., Krasova E., Emtseva E. Devising a method to optimize the investment structure aimed to achieve strategic targets in the socio-economic development of regions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2020. – №1(3). – P. 12–24.

93. Mazelis L., Lavrenyuk K., Krasko A., Krasova E. Development of a fuzzy dynamic model for the formation of the optimal allocation of financial resources for the maximum development of regional human capital // «New Silk Road: Business Cooperation and Prospective of Economic Development» Proceedings. Advances in Economics, Business and Management Research. Atlantis Press, 2020. – P. 345–351.

94. Медведев, Д.А. Россия-2024: Стратегия социально-экономического развития / Д.А. Медведев // Вопросы экономики. – 2018. – №10. – С. 5–28.

95. Secundo G., Ndou V., Del Vecchio P., De Pascale G. Sustainable development, intellectual capital and technology policies: a structured literature review and future research agenda. Technological Forecasting and Social Change. 2020. Vol. 153. Article 119917.

96. Прогнозирование и оценка возможностей устойчивого развития проблемных регионов / В.С. Мисаков, И.А. Куянцев и др. // Нальчик: ИИПРУ Кабардино-Балкарского НЦ РАН, 2015. – 116 с.

97. Das G.G., Drine I. Distance from the technology frontier: How could Africa catch-up via socio-institutional factors and human capital? Technological Forecasting and Social Change. – 2020. – Vol. 150. – Article 119755.

98. Xu Y., Li A. The relationship between innovative human capital and interprovincial economic growth based on panel data model and spatial econometrics. Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2020. – Vol. 365. – Article 112381.

99. Wu B., Liu L. Social capital for rural revitalization in China: A critical evaluation on the government's new countryside programme in Chengdu. Land Use Policy. – 2020. – Vol. 91. – Article 104268.

100. Kaufmann D., Wang Y. Macroeconomic policies and project performance in the social sectors: A model of human capital production and evidence from LDCs. World Development. – 1995. – Vol. 23, Is. 5. – P. 751–765.

101. Lim S.S., Updike R.L., Kaldjian A.S., Barber R.M., Murray C.J.L. Measuring human capital: a systematic analysis of 195 countries and territories, 1990–2016. The Lancet. – 2018. – Vol. 392, Is. 101546. – P. 1217–1234.

102. Кожевников, С.А. Проектное управление как инструмент повышения эффективности деятельности органов государ-

ственной исполнительной власти / С.А. Кожевников // Вопросы территориального развития. – 2016. – №5(35). – С. 2.

103. Низамутдинов, М.М. Моделирование развития экономики региона / М.М. Низамутдинов, В.В. Орешников. – Москва: Экономика, 2017. – 304 с.

104. Суспицын, С.А. Проект СИРЕНА: от концепции до технологии / С.А. Суспицын // Регион: Экономика и Социология. – 2017. – №4(96). – С. 25–61.

105. Структурно-инвестиционная политика в целях модернизации экономики России / В.В. Ивантер, Д.Р. Белоусов и др. // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 4(163). – С. 3–16.

106. Константиныди, Х.А. Стратегирование развития региональной экономической системы в условиях ускорения постиндустриальных преобразований / Х.А. Константиныди. – Москва: Спутник +, 2015. – 247 с.

107. Экономико-математическая модель финансового обеспечения стратегий регионального развития / Н.И. Климова, Л.Я. Бухарбаева, М.В. Франц, М.В. Шмакова // Фундаментальные исследования. – 2015. – №10-2. – С. 378–383.

108. Мелентьев, Б.В. Прогнозирование финансовых потоков на основе межрегиональных межотраслевых моделей / Б.В. Мелентьев // Экономика и математические методы. – 2016. – Т. 52, №3. – С. 50–64.

109. Brown A.W., Adams J.D., Amjad A.A. The relationship between human capital and time performance in project management: A path analysis. International Journal of Project Management. 2007. Vol. 25. Is. 1. Pp. 77–89.

110. Łataś R., Walasek D. Intellectual Capital within the Project Management. Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 153. – P. 384–391.

111. Национальные проекты. Правительство Российской Федерации. – URL: <http://government.ru/rugovclassifier/section/2641/>.

112. Закон Приморского края от 19 декабря 2019 г. № 666-РЛ «О региональном бюджете на 2020 год и на плановый период 2021 и 2022 годы» (в ред. от 17 марта 2020 года № 757-РЛ) // Официальный сайт Правительства Приморского края и органов исполнительной власти Приморского края. – URL: <https://www.primorsky.ru/authorities/executiveagencies/departments/finance/laws.php>.

113. Социально-экономическое положение субъектов Российской Федерации // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/sep_region1.htm.
114. Carlsson C., Fuller R., Heikkila M., Majlender P. A fuzzy approach to R&D project portfolio selection. *International Journal of Approximate Reasoning*. – 2007. – Vol. 44(2). – P. 93–105.
115. Anshin V.M. Methodological aspects of measuring mutual effect of project portfolio and company's goals. *Russian Journal of Project Management*. – 2015. – Vol. 4(3). – P. 3–8.
116. Mazelis L., Lavrenyuk K., Krasko A. Fuzzy approach for the formation of an optimal portfolio of strategic projects to achieve regional development targets in the digital economy. *International Journal of Technology*. – 2020. – Vol. 11(6). – P. 1136–1147.
117. Применение теории нечётких множеств к задаче формирования портфеля проектов / В.М. Аньшин, И.В. Демкин, И.Н. Царьков, И.М. Никонов // Научные исследования и разработки. Проблемы анализа риска. – 2008. – Т. 5, №3. – С. 8–21.
118. Wang J., Hwang W.-L. A fuzzy set approach for R&D portfolio selection using a real option valuation model // *Omega*. – 2007. – Vol. 35. – P. 247–257.

Научное издание

**РАЗРАБОТКА ЭКОНОМИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
И МОДЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО
ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА**

Монография

Редактор М.А. Шкарубо
Компьютерная верстка М.А. Портновой

Подписано в печать 28.12.20. Формат 60×84/16.
Бумага писчая. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 10,0
Тираж 500 [I–25] экз. Заказ 645

Издательство Владивостокского государственного университета
экономики и сервиса
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41
Отпечатано в Ресурсном информационно-аналитическом центре ВГУЭС
690014, Владивосток, ул. Гоголя, 41

ISBN 978-5-9736-0623-7

