

Международный институт менеджмента ЛИНК

В. Д. ОРЕХОВ



РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА



МОНОГРАФИЯ

Издательство Знание-М

Москва

2022

УДК 005.521: 330.341

ББК 65.23

О-63

Рецензенты:

Желтенков Александр Владимирович – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры проектного и функционального менеджмента ГОУ ВО «Московский государственный областной университет».

Митрофанова Елена Александровна – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры «Управление персоналом» ФГБОУ ВО «Государственный университет управления».

Орехов, Виктор Дмитриевич.

О-63 Разработка моделей и методов прогнозирования развития социально-экономических систем с учетом фактора человеческого капитала: монография / В. Д. Орехов. – Москва: Знание-М, 2022. – 207 с.

ISBN 978-5-00187-137-8

DOI 10.38006/00187-137-8.2022.1.207

Представлены разработанные автором методы и модели прогнозирования развития социальных и экономических систем, связанные с формированием, деятельностью и управлением человеческим капиталом. Приведены результаты долгосрочных макроэкономических сценариев, основанных на когнитивном моделировании, регрессионном анализе и учете явных знаний. Даны прогнозы динамики валового внутреннего продукта ведущих государств и мировой экономики в целом.

Для научных работников, преподавателей, студентов и аспирантов экономических специальностей, а также для специалистов, занимающихся стратегическим планированием.

УДК 005.521: 330.341

ББК 65.23

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-07328 «Когнитивное прогнозирование социально-экономической динамики и конкурентоспособности России на основе развития человеческого капитала».

ISBN 978-5-00187-137-8

© Орехов В. Д., 2022

© Макет, оформление, Издательство
Знание-М, 2022

Содержание

Введение.....	5
Глава 1. Ключевые факторы и резервы роста человеческого капитала	10
1.1. Обзор современного состояния исследований в области управления социально-экономическими системами, включающими в себя сферы человеческого капитала, образования и управления знаниями.....	10
1.2. Модель роста базиса человеческого капитала — численности населения	46
1.3. Эволюция ключевых факторов и резервов роста человеческого капитала	53
1.4. Индикативная диагностика образовательной компоненты человеческого капитала на основе математического моделирования.....	75
1.5. Организационно-институциональная модель образовательных стратегий на базе теории человеческого капитала	93
Выводы к главе 1	101
Глава 2. Разработка когнитивных моделей прогнозирования развития социально-экономических систем на примере России	103
2.1. Разработка когнитивной модели прогнозирования развития системы трудовой деятельности на примере России	103
2.2. Когнитивное моделирование динамического развития системы трудовой деятельности России	115
2.3. Разработка когнитивной модели динамического моделирования программ управления эффективностью научного труда.....	128
Выводы к главе 2	146
Глава 3. Разработка моделей прогнозирования развития социально-экономических систем на базе интегральных индексов	148
3.1. Разработка индикативной системы оценки ВВП на душу населения с использованием интегральных индексов и учетом фактора человеческого капитала	148

3.2. Разработка модели прогнозирования уровня «счастья» с использованием глобальных индексов.....	168
Выводы к главе 3	179
Заключение.....	181
Приложение 1. Терминологический словарь	184
Приложение 2. Условные обозначения	186
Литература	188

Введение

Данная работа посвящена разработке моделей и методов, применяемых для управления социально-экономическими системами. Наука об управлении имеет два основных направления: управление в организациях и управление в кибернетических системах, которые достаточно сильно отличаются, хотя и используют некоторые общие методологические подходы, в частности, системный подход, когнитивное и математическое моделирование.

С управлением социально-экономическими системами в большей мере соотносится менеджмент организаций. Это связано с тем, что конечным потребителем товаров, услуг и работ, поставляемых организациями, является социальная система, представленная населением. С другой стороны, организация представляет собой систему, имеющую социальную и экономическую основу. Около 80% коммуникаций в организации происходит между сотрудниками внутри ее и личные желания и цели работников и руководителей играют в процессе управления организацией существенную роль. Социальные системы отличаются от кибернетических более непредсказуемым поведением, поскольку в их составе действуют сообщества людей, представляющие собой сверхсложные системы.

Однако управление социально-экономическими системами не эквивалентно управлению организациями. Социально-экономические системы достаточно разнообразны: международные, государственные, региональные, отраслевые и другие. И концепции менеджмента организаций далеко не всегда применимы в тех или иных системах. С другой стороны, в них действуют дополнительные закономерности, характеризующие именно эти конкретные системы.

Одной из важнейших современных социально-экономических систем является человеческий капитал. Его важность связана с тем, что в нем по оценкам экономистов^{1, 2} сосредоточено до 80% мирового богатства в современном мире.

¹ Schultz T. Reflection on Investment in Man // The Journal of Political Economy. Vol. LXX, 1962.

² Капелюшников Р.И. Человеческий капитал России: эволюция и структурные особенности // Вестник общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. 2005. № 4. С. 46.

Особенность человеческого капитала состоит в том, что по сути это багаж знаний, умений, навыков и компетенций (далее сокращенно будем называть все их знаниями), которыми владеют и применяют в трудовой деятельности работники. Эти знания существенным образом зависят от уровня общемирового развития³. Таким образом, человеческий капитал с системной точки зрения является глобальной синергетической системой, хотя и могут быть выделены его компоненты на уровне стран, регионов, отраслей или организаций.

Важнейшей компонентой базиса человеческого капитала является население. Многие тысячелетия рост численности мирового населения происходил в соответствии с гиперболической зависимостью, точка сингулярности которой соответствует 2025 году. В соответствии с этой зависимостью скорость роста населения примерно пропорциональна квадрату его численности, что свидетельствует о нелинейном, неаддитивном характере роста данной системы.

Этот ускоряющийся процесс роста почти непрерывно продолжался до середины XX века, после чего он неожиданно стал замедляться, что получило название «демографический переход». Более того, по ряду оценок, число людей стало стремиться к стационарному уровню около 11 миллиардов человек⁴. К этому времени ожидания грядущего перенаселения Земли охватили широкие научные и общественные круги⁵, но причины возникновения шанса неожиданного спасения до сих пор в полной мере не изучены⁶.

Однако в ближайшем будущем проявились контуры другой опасности — по мере увеличения благосостояния стран падают темпы роста валового внутреннего продукта (ВВП)⁷, а значит, и прибыльности бизнеса, которая является движущей силой его развития. Снижение темпов роста ВВП фактически означает,

³ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

⁴ Там же

⁵ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста. М., 1991.

⁶ Вишневский А.Г. Демографическая революция меняет репродуктивную стратегию вида Homo Sapiens. Демографическое обозрение. Том 1, №1, 2014. С. 11.

⁷ Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The long view: how will the global economic order change by 2050? PwC Economics & Policy services. URL: <http://www.pwc.com/world2050>

что перестает повышаться производительность человеческого капитала, и причины этого явления в глобальном масштабе важно понимать.

Одна из важнейших проблем заключается в том, что традиционные ресурсы роста человеческого капитала заканчиваются и необходимо находить и вводить в действие новые. Так, в предыдущем столетии основным драйвером роста человеческого капитала был рост числа специалистов с высшим образованием. Однако в развитых странах этот ресурс во многом исчерпан и ему нужно найти замену.

Характерно, что все эти изменения происходят за короткое по меркам истории время. В этих условиях быстрых глобальных перемен важно уметь прогнозировать, какие вызовы ожидают человеческий капитал и его экосистему? Какие есть методы продления роста человеческого капитала и повышения его эффективности, как он связан с социально-экономическим развитием?

Только при наличии адекватных прогнозов можно разрабатывать варианты сценариев, управлять соответствующими процессами, и в этом смысле прогнозирование и моделирование развития человеческого капитала являются важными компонентами успешного управления.

Объектом данного исследования являются связи и закономерности функционирования и развития систем и процессов в экономике и обществе в сферах, связанных с человеческим капиталом и его экосистемой, включая демографию, знания, образование и науку.

Предметом исследования выступает разработка эффективных моделей и методов прогнозирования развития социально-экономических систем⁸, включающих в себя рост человеческого капитала, валового внутреннего продукта, явных и неявных знаний, образования и «счастья» людей, а также управление их поведением.

Целью данного исследования является разработка моделей и методов прогнозирования развития социально-экономических систем для поддержки принятия решений в задачах управления в сферах, связанных с экономической динамикой и человеческим капиталом, применительно к развитию России.

⁸ Экономическая динамика и ее формы. Экономические циклы. Cyberpedia. 2019. URL: <https://cyberpedia.su/2×5947.html>

Основной проблемой, рассматриваемой в данной работе, является несоответствие в потребностях прогнозирования и управления социально-экономическими системами во взаимосвязи с процессами, происходящими в экосистеме человеческого капитала России, и реальным состоянием данного инструментария. Так, одной из актуальнейших проблем России является несоответствие между желаемыми и реальными темпами роста благосостояния населения. Острота данного противоречия связана, прежде всего, с тем, что Россия обладает богатейшими природными ресурсами, а уровень образования работников является одним из наиболее высоких в мире. При этом ВВП на душу населения (ВВП/Д) России отстает не только от развитых стран, но и от ряда развивающихся.

Основное содержание работы связано с разработкой методов моделирования различных аспектов трудовой деятельности, основанных на системных, когнитивных, знаниевых и статистических подходах. Все эти модели реализуют «индикативный» подход к определению и измерению человеческого капитала. На базе этих моделей формируются модели социально-экономического развития, прежде всего, роста человеческого капитала, валового внутреннего продукта, образовательного и научного уровня людей, а также показателя «счастья». Эти модели являются взаимодополняющими — каждую уместно использовать в определенной ситуации.

Работа состоит из трех глав, затрагивающих следующие аспекты, связанные с учетом и использованием человеческого капитала:

1. Ключевые факторы и резервы роста человеческого капитала. В главе рассматривается комплекс резервов роста человеческого капитала с количественным обоснованием действия основных из них.
2. Разработка когнитивных моделей прогнозирования развития социально-экономических систем на примере России. В главе представлены разработанные проблемно ориентированные системы когнитивного моделирования альтернативных возможностей повышения ВВП на душу населения России, а также управления эффективностью труда в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

3. Разработка моделей прогнозирования развития социально-экономических систем на базе интегральных индексов. В главе представлена разработанная модель индикативной диагностики величины ВВП на душу населения в зависимости от 10-индексного Предиктора на базе глобальных индексов, а также модель факторов, влияющих на уровень счастья граждан.

Глава 1. Ключевые факторы и резервы роста человеческого капитала

1.1. Обзор современного состояния исследований в области управления социально-экономическими системами, включающими в себя сферы человеческого капитала, образования и управления знаниями

1.1.1. Исследования в области человеческого капитала и развития социально-экономических систем

Понимание важности человеческого капитала как базовой составляющей экономического и социального развития общества отмечалось еще в работах А. Смита, который полагал, что знания, умения и навыки относятся к «основному капиталу» индивида, являющемуся частью достояния общества. Данные категории также рассматривались в работах А. Маршалла, который подчеркивал, что способности человека как «средства производства» индивида выступают особым видом капитала.

Вопросы изучения человеческого капитала (ЧК) стали важнейшим направлением экономических исследований, начиная с работ Бекера и Шульца, обосновавших гипотезу о том, что уровень образования детерминирует и будущий уровень трудового дохода работника. В дальнейшем разработки по оценке влияния ЧК на экономическую динамику превратились в широкий класс научных исследований, применяющих самые различные инструменты и методики диагностики развития человеческого капитала, включая как прямые, так и косвенные методы оценки ЧК.

Прямые методы оценки ЧК опираются на данные образовательной статистики, включающие в себя уровень образования⁹, количество лет обучения по различным ступеням¹⁰ и др.

⁹ David P. (2013) Knowledge, Capabilities and HumanCapital Formation in Economic Growth//Treasury Working Paper Series from New Zealand Treasury No 01/13.

¹⁰ Polachek, S (2013) Heterogeneity in the Production of Human Capital// Discussion Papers from Institute for the Study of Labor (IZA) No 7335.

Косвенные методы оценки человеческого капитала строятся на более широком охвате характеристик ЧК и детерминант взаимосвязи, включая неформальное образование¹¹, уровень образования родителей и родительский альтруизм¹², жизненный цикл и опыт индивида¹³, взаимосвязь с индексом счастья, экологическую эффективность¹⁴ и т. д.

Все это приводит к тому, что оценки ЧК строятся на различных принципах, несут в себе различную количественно-качественную определенность, имеют различный объем оценочной информации, доступности, открытости, полноты используемых баз данных, а также обладают различными функциональными ограничениями применения. Совокупность всех этих факторов вызывает ряд вопросов относительно корректности разработанных методов расчета ЧК¹⁵.

Реально измеримым содержанием человеческого капитала (ЧК) являются, в первую очередь, явные и неявные знания, а для использования в экономических приложениях необходимо получить их оценку в финансовых единицах. Сделать такую оценку достаточно сложно, поскольку это принципиально разные нематериальные категории. Хотя ЧК не продается, но он арендуется при найме на работу и это дает возможность с определенными допущениями выполнять его стоимостную оценку.

¹¹ Igaune, I, Liepa-Balode Ilze Agnese H (2016) The Mutual Reciprocity of Education, Non-Formal Cultural Education and Social Capital //Economics and Culture, 2016, vol. 13, issue 2, 35–43.

¹² Soares J. (2006) Borrowing Constraints, Parental Altruism and Human Capital Accumulation // Meeting Papers from Society for Economic Dynamics No 516.

¹³ Serneels P. (2008) Human capital revisited: The role of experience and education when controlling for performance and cognitive skills //Labour Economics, vol. 15, issue 6, 1143–1161.

¹⁴ Bubis, I. V., Gilyazetdinova, K. R., Dyukina, T. O. (2014) On the relationship between GDP per capita, happiness index, human development index and environmental efficiency index // Mathematics application in economic and technical research. Magnitogorsk: Magnitogorsk Publishing House. state tech. un-that them. G. I. Nosova, № 4 (4). Pp. 57–61.

¹⁵ Кирьянов Д. А., Сухарева Т. Н. Методы оценки человеческого капитала: анализ объективности и достаточности исходных данных // Теория и практика общественного развития 2011 № 3. С. 337–340.

Оценки капитализации ЧК используются, прежде всего, для прогноза экономической динамики^{16, 17, 18} и производительности труда. Образовательные, демографические, сберегающие здоровье и другие показатели, связанные с поддержанием человеческих ресурсов, используются для изучения социально-экономического развития общества¹⁹.

Поскольку за последние 150 лет доля ЧК в национальном богатстве большинства развитых и развивающихся стран выросла с 20% до 80%²⁰, то ЧК стал играть одну из ключевых ролей при изучении экономической динамики. В работе Р. Дж. Барро «Экономический рост»²¹ детально рассматриваются все аспекты человеческого капитала, которые являются основой моделей современного экономического роста. Он отмечает, что возможным решением проблем с недостатками стандартной неоклассической модели роста «было расширение концепции капитала за счет включения в него человеческого компонента с последующим предположением, что у этого расширенного капитала отдача не убывает». Тем не менее основной недостаток метода (слабую связь теоретических построений с реальной практикой) в полной мере устранить не удалось.

Выделяют следующие основные методические подходы к решению проблемы оценки человеческого капитала²²:

1. Восстановительный, базирующийся на учете инвестиций в ЧК.

¹⁶ Нуреев Р. Теории развития: новые модели экономического роста (вклад человеческого капитала) // Вопр. Экономики. М., 2000. № 9. С. 136–157.

¹⁷ Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г. и др. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления на экономический рост. М., Проблемы прогнозирования, ИНП РАН. 2014. С. 3–17.

¹⁸ Красильникова М. Д., Бондаренко Н. В. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления на экономический рост // Проблемы прогнозирования, 2014.

¹⁹ Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников Е.Е. и др. Человеческий капитал как фактор социально-экономического развития России. СПб.: Нестор-История, 2016. 264 с.

²⁰ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005. С. 27.

²¹ Барро Р.Дж, Сала-и-Мартин Х. Экономический рост. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. 824 с.

²² Капелюшников Р.И. Сколько стоит человеческий капитал в России? — М., препр. WP3/2012/06, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», М., 2012. — С. 9.

2. Стоимостной, основанный на капитализации получаемых доходов.

3. Стоимостной (дисконтный), основанный на том, что из расчета совокупного богатства страны дисконтным методом вычитают физический и природный капитал, а остаток принимают за величину человеческого капитала.

4. Индикаторный — с применением натуральных характеристик ЧК.

Метод, основанный на учете инвестиций, был в классической постановке изложен Дж. Кендриком^{23, 24}. В дальнейшем этот метод неоднократно дополнялся и совершенствовался^{25, 26, 27}. Сущность данного подхода заключается в оценке инвестиций в человеческий капитал (воспитание детей до 14 лет, образование, обучение, здравоохранение, мобильность и т. д.) с учетом дисконтирования, а также амортизации ЧК за счет устаревания знаний и снижения уровня здоровья работников. Метод инвестиций обладает рядом принципиальных недостатков, в частности²⁸:

1. Сложно провести четкую границу между инвестиционными и потребительскими (направленными на собственные нужды) компонентами вложений в человека, особенно в направлении здравоохранения.

2. Между величиной инвестиций и результатами их использования нет однозначной взаимосвязи. Например, в процессе получения образования слушатель несет значительные затраты собственного времени и труда, которые по величине имеют тот же порядок, что и стоимость обучения. Однако эти затраты, как правило, не учитываются²⁹.

²³ Кендрик Дж. Совокупный капитал США и его формирование. М., Прогресс, 1980.

²⁴ Kendrick, J. W. Economic Growth and Total Capital Formation: A Study. U.S. Congress. Joint Economic Committee, 1976.

²⁵ Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: Новосибирск: НГАСУ, 2013. С. 204.

²⁶ Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г., и др. Человеческий капитал как фактор социально-экономического развития России. СПб.: Нестор-История, 2016. 264 с.

²⁷ Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г., и др. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления и экономический рост. М., Проблемы прогнозирования. ИНП РАН. 2014, №3, С. 3–14.

²⁸ Капелюшников Р.И. Сколько стоит человеческий капитал в России? М., препр. WP3/2012/06, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», М., 2012. С. 14.

²⁹ Там же, стр. 20.

3. Нет однозначного мнения о том, как учитывать амортизацию, поскольку на начальном этапе работы человека стоимость его работы в единицу времени, оцененная методом капитализации, за счет накопления опыта растет.

4. Существует большое число предложений по включению в число инвестиций в ЧК разнообразных расходов³⁰, критерии использования которых сложно научно обосновать.

Есть и другие недостатки, присущие данному методу, в частности, высокие трудоемкость и погрешность расчетов, отсутствие учета фактора спроса, а также невозможность определить отдачу от вложений в разные уровни образования.

Метод капитализации доходов сейчас широко используется в западной литературе по тематике ЧК^{31, 32}, в частности, в связи с тем, что он позволяет определить вклад в ЧК специалистов различной квалификации^{33, 34}, а также ряд других аспектов, влияющих на экономическое поведение представителей ЧК³⁵. «У метода, основанного на учете доходов, есть ряд привлекательных сторон. В отличие от метода инвестиций, он фокусируется не на прошлых затратах, связанных с формированием человеческого капитала, а на доходах, получения которых можно ожидать от него в будущем... Еще одно достоинство этого подхода заключается в том, что при его использовании запасы человеческого капитала оцениваются по рыночным ценам — в данном случае в качестве таковых выступают рыночные ставки заработной платы». Тем самым учитываются не только затратные факторы,

³⁰ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005.

³¹ Jorgenson D.W., Fraumeni B.M. The Accumulation of Human and Nonhuman Capital, 1948–1984 / R.E. Lipsey, H.S. Tice (eds.). The Measurement of Savings, Investment and Wealth. Chicago: The University of Chicago Press, 1989.

³² Jorgenson D.W., Fraumeni B.M. (1992) The Output of the Education Sector / Z. Griliches (ed.). Output Measurement in the Services Sector. Chicago: The University of Chicago Press.

³³ Mincer J. (1974), Schooling, Experience and Earnings, New York: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.

³⁴ McConnell, S. and Bru, S. (2006) Economics. McGraw-Hill Companies, Ink.

³⁵ Becker G. S., Murphy K. M., Tamura R. Human Capital, Fertility and Economic Growth // J. P. E. 1990. Pt. 2. № 5, V. 98. P. 15, 16.

но и спрос на ЧК. Рыночные ставки заработной платы также решают проблему амортизации ЧК.

Вместе с тем у этого метода есть также немало уязвимых мест:

1. Метод исходит из предположения, что различия в заработной плате адекватно отражают вариации в производительности труда. Однако на принципы оплаты труда влияют различные причины³⁶: понятие социальной справедливости, государственное регулирование, профсоюзная активность, гендерные и расовые факторы и т. д.

2. Для использования этого метода необходимо иметь детальную статистику размеров заработной платы и требуется спрогнозировать ее размер на десятилетия вперед, что крайне сложно сделать точно, особенно в странах, не относящихся к развитым.

3. В этом подходе не учитываются так называемые экстернальные эффекты, то есть преимущества, которые дает рост ЧК для третьих лиц, организаций и всего общества (по оценкам автора, они могут оказывать влияние значительно больше заработной платы)³⁷.

4. Спорным остается вопрос о трактовке расходов на проживание работника — существует мнение, что их стоимость следует вычесть из общей суммы.

5. Есть немало замечаний и по конкретному алгоритму расчета, предложенному в работах Д. Джоргенсона и Б. Фраумени и включающему в себя ряд предположений, например, относительно низкую норму дисконтирования (4,6%), которые значительно влияют на оценки ЧК. Также сложно учесть различия в качестве образования работников.

Существенно, что оценки по методу Джоргенсона и Фраумени дают в несколько раз большие значения человеческого капитала, по сравнению с результатами Кендрика³⁸. Тем не менее метод оценивания Джоргенсона и Фраумени взят

³⁶ McConnell, S. and Bru, S. (2006) Economics. McGraw-Hill Companies, Ink.

³⁷ Орехов В.Д., Причина О.С., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики № 2, 2017. С. 77–81.

³⁸ Капелюшников Р.И. Сколько стоит человеческий капитал в России? М., препр. WP3/2012/06, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», М., 2012. С. 27.

за основу для межстранового проекта ОЭСР по человеческому капиталу, который стартовал в 2009 году.

Важным результатом работ с использованием данного метода является вывод, представленный в работах J. Mincer³⁹, о том, что заработок работника экспоненциально зависит от числа лет (E) его образования $Y=Y_0e^{RE}$ (функция доходов). Отметим, что Джекоб Минсер первым предложил термин «человеческий капитал»⁴⁰ и дал первое обоснование теории ЧК, указав, что индивидуальное распределение доходов среди работников является следствием полученного ими профессионального обучения.

Поскольку высокий уровень оплаты соответствует высокому вкладу высококвалифицированных специалистов в экономический рост, то экспоненциальная зависимость функции заработка свидетельствует о доминировании вклада специалистов с высшим образованием в рост экономики. Статистические данные об уровне зарплат работников с различным уровнем образования в США^{41, 42} показывают, что специалисты, потратившие больше времени на образование, достигают большей величины дохода на протяжении своей карьеры, чем те, кто учился меньше. Темп роста зарплатов высокообразованных работников более быстрый, причем величина заработка до примерно 50 лет увеличивается с возрастом, что связано с обучением на месте работы. После 50 лет величина заработка начинает уменьшаться, вначале медленно, а после 60 лет быстро. Разрыв в уровне зарплат, в расчете на год обучения, растет с увеличением образовательного уровня.

Вместе с тем есть публикации, в которых высокая дифференциация зарплатов в зависимости от образования относится к фактору идентификации более образованных специалистов, а не к их реальному вкладу в трудовой процесс.

³⁹ Mincer J. (1994) The Production of Human Capital and The Lifecycle of Earnings: Variations on a Theme. — Working Paper of the NBER, No 4838.

⁴⁰ Mincer J. Investment in Human Capital and Personal Income Distribution//Journal of Political Economy, Vol. 66, No. 4 (Aug., 1958), pp. 281–302.

⁴¹ Макконелл К.Р, Брю С.Л. Экономикс. Принципы, проблемы, политика. Пер. С. 13, англ. Изд. М., Инфра-М. 1999. — XXXIV, стр. 628.

⁴² U.S. Bureau of Census, 1991.

В частности, в работе Г. Бадингера и Г. Тондла⁴³ указано, что «экономический рост в регионах ЕС является чувствительным только к приобретению высшего уровня образования (третичного), изменения в среднем уровне образования статистически незначимы»⁴⁴.

Влияние человеческого капитала на уровень производительности труда и доходы населения А.В. Корицкий связывает с экстерналиями ЧК⁴⁵, то есть с внешними для носителей ЧК выгодами, получаемыми иными субъектами хозяйственной деятельности. Поскольку экстерналии сложно учитывать, значительная часть результатов обучения оказывается неучтенной. А.В. Корицкий также отмечает, что значительную, если не преобладающую часть экстерналийных выгод от образования получают работодатели.

Суммируя результаты исследований влияния ЧК на экономический рост, А.В. Корицкий отмечает: «Эмпирические пространственные (межстрановые) исследования влияния человеческого капитала на экономический рост дают очень противоречивые результаты, которые возникают из-за статистического несовершенства и большой изменчивости самых разных, зачастую проблемных показателей, используемых для измерения человеческого капитала»⁴⁶.

Дисконтный метод World Bank основан на том, что при заданной норме доходности совокупного национального богатства вычисляется его стоимость^{47, 48}. Затем из него вычитают физический и природный капитал, а остаток принимают за величину человеческого капитала. Именно этим методом была рассчитана ве-

⁴³ Badinger, H., Tondl, G. Trade, Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s, Working Paper Nr. 42, January 2002, P. 15.

⁴⁴ Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие. Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). Новосибирск: НГАСУ, 2013. С. 150.

⁴⁵ Там же.

⁴⁶ Там же

⁴⁷ Dixon J., Bakkes J., Hamilton K., Kunte A., Lutz E., Pagiolle S., Hie J. Expanding the Measure of Wealth Indicators of Environmentally Sustainable Development. Environmentally Sustainable Development. Studies and Monographs, Ser. No 17. Wash., The World Bank, 1997.

⁴⁸ Hamilton K., Hartwick J.M. Investing Exhaustible Resource Rents and the Path of Consumption // Canadian Journal of Economics 38 (2). 2005.

личина ЧК крупнейших экономик и мира в целом⁴⁹. Показано, что для большинства развитых экономик на 2000 год доля ЧК в национальном богатстве составляет около 80%, а для богатых природными ресурсами стран, в частности России, ~ 50%.

Индикаторный метод. Понятие ЧК обладает следующим важным свойством — для него существуют натуральные показатели, такие как параметры системы образования, среднее число лет обучения в расчете на одного человека, доля работников, имеющих определенный уровень образования. Важное достоинство этого метода — относительно широкая доступность необходимых для его применения данных. Однако есть и ряд недостатков использования конкретных данных; кроме того, это не отменяет необходимости перехода к стоимостным показателям.

К показателям такого типа можно отнести «индекс человеческого развития» — ИЧР. Этот показатель рассчитывается в рамках «Программы развития» ООН (ПРООН)⁵⁰. Декларируется, что он характеризует развитие человека в странах мира и тем самым отличается от показателей развития рыночной экономики. Индекс формируется на основе трех групп основных показателей:

- индекс ожидаемой продолжительности жизни;
- индекс образования населения;
- индекс ВВП на душу населения по паритету покупательной способности (ППС).

Согласно последней версии ИЧР⁵¹, по данным за 2019 год, Россия имеет индекс, равный 0,824, то есть относится к группе с очень высоким индексом. Максимальный индекс имеет Норвегия — 0,957. Для ряда крупнейших экономик ИЧР имеет следующие значения: США — 0,926, Китай — 0,761, Индия — 0,645, Нигерия — 0,539.

⁴⁹ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005. С. 26.

⁵⁰ Индекс человеческого развития. Гуманитарный портал: Исследования. Центр гуманитарных технологий. 2021. URL: <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index>

⁵¹ Индекс человеческого развития (ИЧР). — 2020. NONews. URL: <https://nonews.co/directory/lists/countries/index-human>

Наибольшие трудности при расчете данного индекса связаны с необходимостью получения сравнимых показателей при отсутствии необходимой социальной статистики во многих развивающихся странах, а по ряду разделов — и в некоторых странах с переходной экономикой. Нужно также отметить, что те данные, которые предоставлены национальными статистическими организациями, не всегда достоверны, поскольку есть правительства, сознательно приукрашивающие ситуацию в их странах.

Прогностическая способность данного показателя спорна. В частности, включение в него показателя ВВП делает сомнительным использование его для прогноза экономической динамики. Высокий вклад грамотности в образовательный индекс осложняет использование и образовательного блока, поскольку в развитых странах грамотность близка к 100%. Метод суммирования трех индексов в равных долях сложно считать научно обоснованным.

Другим примером использования индикаторного подхода является исследование Р.Дж. Барро⁵², в котором установлена статистическая зависимость между средним числом лет образования (Е) населения и ВВП по ППС на душу населения (J) для различных стран. Данная зависимость является примерно экспоненциальной и для работников старше 25 лет аппроксимируется зависимостью $J = 438 \cdot 10^{0,2E}$ (в международных долларах по курсу 2017 г.). По сути, данный метод позволяет прогнозировать экономический рост во взаимосвязи с ростом образовательного уровня работников страны.

Недостатком исследований Р.Дж. Барро является использование осредненного числа лет обучения, хотя по результатам этого же исследования ясно, что специалисты с более длительным сроком обучения вносят гораздо больший вклад в ВВП стран. Это дает направление для совершенствования данного метода.

Прогноз PricewaterhouseCoopers. Следует отметить еще одну модель прогнозирования экономического роста, которая базируется на использовании концепции человеческого капитала с использованием подхода World Bank и разработана

⁵² Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.

в макроэкономическом департаменте компании Pricewaterhouse Coopers⁵³. Начиная с 2006 года PwC регулярно выпускает прогнозы ВВП крупнейших экономик мира на 2030, 2050 годы. Рост экономик в данной модели происходит под влиянием четырех основных факторов:

- Рост численности населения в возрасте 15–64 года на основе прогнозов ООН.
- Развитие ЧК в связи с прогнозируемым средним уровнем образования работников.
- Прирост физического капитала, что определяется новыми капиталовложениями и износом действующего основного капитала.
- Технологический прогресс, позволяющий улучшить качество производственных факторов.

В качестве эталонной экономики взяты США, которые наиболее преуспели в технологическом развитии и производительности труда. Предполагается, что остальные страны догоняют США со скоростью, которая определяется прогнозом. Фактически глобальное технологическое развитие моделируется именно заданием темпа производительности труда в США, который определяется аппроксимационным методом. Циклически колебания вокруг долгосрочных тенденций и возможность технологических скачков не учитываются.

Достоинством этой модели является то, что результат выдается в измеримом и проверяемом виде — ВВП стран (существуют также аналогичные прогнозы других институтов прогнозирования⁵⁴). Из недостатков следует отметить, что модель является экзогенной. Темп наверстывания технологического развития остальными странами пропорционален их разрыву с США и составляет 1–2% в год в зависимости от ситуации в стране, способствующей или препятствующей передаче технологий (догоняющему развитию). Величина базового показателя роста в прогнозе 2017 года составляет 1,5%. Данная цифра сниже-

⁵³ Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The long view: how will the global economic order change by 2050? PwC Economics & Policy services. URL: <http://www.pwc.com/world2050>

⁵⁴ Мир в 2050 году / Под ред. Д. Франклина, Дж. Эндрюс. М., 2013. С. 208.

на по сравнению с прогнозом 2015 года⁵⁵, в котором она была принята равной 2,0%. Соответственно, снижены все остальные прогнозные оценки 2017 года. Данная корректировка введена по результатам реального экономического роста стран за последние годы. Однако если последовательность предыдущих прогнозов трактовалась как экспоненциально растущая⁵⁶, то после корректировки она представляется растущей не более чем линейно. Соответственно, темпы ежегодного роста не возрастают, а уменьшаются. Это принципиально новая ситуация, и ясно, что причиной служат соответствующие изменения в понимании темпов роста человеческого капитала.

1.1.2. Обзор работ в области развития человечества как системы

Рассматривая развитие социально-экономических систем и человеческого капитала, нельзя обойти тему развития человечества как единой системы, а также вопросы демографии, поскольку основой развития человеческого капитала являются люди, а изменения в темпах роста человеческой популяции, ее благосостояния и знаний имеют весьма неоднородный характер.

Томас Мальтус одним из первых занялся количественным анализом в этой области и опубликовал свою работу в 1826 году⁵⁷. Распространение работ Т. Мальтуса привело к популяризации идеи сдерживания рождаемости и учету средств существования населения. Последующие исследования показали, что численность населения Земли растет значительно быстрее, чем прогнозировал Т. Мальтус, — согласно гиперболическому закону⁵⁸. Как оказалось, средства существования не являются принципиальным ограничителем для роста населения. В долгосрочной глобальной перспективе они сами зависят от роста населения.

⁵⁵ Hawksworth J. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>

⁵⁶ Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. PwC Economics. 2013.

⁵⁷ Мальтус Т.Р. Опыт закона о народонаселении / Пер. с англ. М., 1895. С. 14, 18, 33.

⁵⁸ Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.

Мир как система. Один из важнейших вопросов, который нужно решить при анализе закономерностей развития человечества, заключается в понимании того, что делает мир системой. Важный вклад в понимание данного вопроса внесли труды И. М. Валлерстайна⁵⁹, А. Г. Франка и других авторов, которыми в 1970-е годы был разработан «мир-системный» подход. В нем были исследованы особенности развития и взаимодействия существовавших в мире социально-экономических систем. В рамках этого подхода были определены интересные закономерности во взаимоотношениях центральной и периферических частей мировой экономики.

Однако ряд важных идей, заложенных в основу этой теории, стали причиной ограниченности ее успеха. В частности, важным для мир-системного анализа является рассмотрение человечества одновременно с политической, экономической и социокультурной точек зрения⁶⁰. Чрезмерная сложность такого многостороннего анализа и концентрация на массе интересных и практически важных для развития капитализма особенностей не способствовали получению в рамках этого подхода действительно целостного взгляда на мир. Важным недостатком этих работ является то, что роль знаний, информации и технологий не выступает в качестве важных составляющих функционирования этих систем. Сложно также согласиться с утверждением, что современная мир-система возникла лишь в XVI веке⁶¹, прежде всего в Европе.

Следует отметить, что теория «системного подхода»^{62, 63}, которая широко используется при анализе развития человечества (мира), в частности С.П. Капицей, относится к существенно другой области знаний, что приводит к терминологической неоднозначности. В данной работе рассматривается мир-система, в основном, в смысле С.П. Капицы, а не И. М. Валлерстайна.

⁵⁹ Валлерстайн И.М. Анализ мировых систем и ситуация в современном мире. СПб., 2001.

⁶⁰ Валлерстайн И.М. Мир-системный анализ. <http://www.nsu.ru/filf/rpha/papers/geoecon/waller.htm>

⁶¹ Аттали Ж. Краткая история будущего. СПб.: Питер, 2014. 288 с.

⁶² Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. — СПб.: Бизнес-пресса, 2000.

⁶³ Meadows D.H. Thinking in Systems: a primer. — Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008.

Родоначальником построения математических моделей мирового развития является профессор Джей Форрестер. Он разработал методику «системной динамики», позволяющую моделировать развитие человечества с помощью ЭВМ. Первые результаты были опубликованы в книге «Мировая динамика» в 1971 году. Для анализа мировой динамики Форрестер выделил следующие основные переменные, зависящие от времени⁶⁴: «население, капиталовложения (фонды), географическое пространство, природные ресурсы, загрязнение и производство продуктов питания».

Следует обратить внимание, что развитие технологий или рост знаний не входят в число переменных данной системы. Характерно, что свою работу, которая продолжалась 15 лет, Форрестер рассматривал «лишь в качестве предварительной попытки моделирования таких систем»⁶⁵. Он также утверждает, что «точная и окончательная модель мировой системы никогда не может быть построена»⁶⁶.

Как отмечал классик теории сложности М. Джаксон, «системная динамика не в состоянии предсказать развитие, если в будущем будут возникать любого рода случайности или качественные изменения среды, например технологические революции или экономические кризисы»⁶⁷.

Продолжателем работ по моделированию мировой динамики стал Денис Медоуз⁶⁸, который доложил полученные результаты на заседании Римского клуба в 1972 году. Суть этого доклада заключается в том, что при сохранении существующей тенденции к росту человечества уже следующие поколения достигнут пределов демографической и экономической экспансии, что приведет мир к кризису и краху. Для того чтобы избежать глобальной катастрофы, на смену существующей парадигме роста должна прийти парадигма «устойчивого развития».

⁶⁴ Форрестер Дж. Мировая динамика / Пер. с англ. М., СПб., 2003. С. 23, 54.

⁶⁵ Там же. С. 14.

⁶⁶ Там же. С. 15.

⁶⁷ Джаксон М. Теория сложности (complexity) и системный подход.// Альманах «Восток». — 2005. — Вып. №100 (раздел «Системная динамика»). URL: http://www.situation.ru/app/j_art_1052.htm

⁶⁸ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста. — М., 1991.

Детальный анализ исследований, проведенных в данном направлении, дан в работах В.А. Садовничьего, А.А. Акаева, А.В. Коротаева и др.⁶⁹. Там же отмечено, что: «несмотря на большое количество исследований и разнообразных моделей в данной области, в настоящее время моделирование мировой динамики переживает определенный кризис, проявлением которого явилась неспособность внятно предсказать мировые финансово-экономические потрясения 2008 года. Для преодоления существующих проблем необходимо заново осмыслить принципы, положенные в основу моделирования мировой динамики. Надо избежать искуса усложнения моделей, сделать их более прозрачными, при этом не утрачивая, а наращивая уровень их системности».

Тем не менее определенный прогресс в понимании динамики развития человечества был достигнут, причем с использованием относительно простых научных инструментов.

Сергей Петрович Капица детально проанализировал возможность рассмотрения человечества как единой системы и отметил, что «полученные результаты позволяют прийти к утверждению о единстве развития человечества как целого и рассматривать его как некую мировую структуру, глобальный *суперорганизм*, охваченный общим информационным взаимодействием»⁷⁰.

В 1960 году в журнале *Science* была опубликована работа⁷¹ Х. Форстера, П. Мора и Л. Амиот, в которой показано, что между первым и 1958 годами н.э. динамика численности населения мира (N) может быть описана при помощи уравнения гиперболы

$$N \approx C/(T_1 - T). \quad (1.1)$$

Здесь T — время, измеряемое в годах, $C \approx 180$ млрд — постоянная с размерностью [чел.·лет], а $T_1 \approx 2025$ год (дата условной сингулярности мирового раз-

⁶⁹ Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. — М., 2012.

⁷⁰ Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. М., 1999. URL: <http://314159.ru/kapitza/kapitza2.pdf>

⁷¹ Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132:1291–5. 1960.

вития). С.П. Капица обратил внимание на то, что уравнение гиперболы является решением дифференциального уравнения

$$dN/dT = N^2/C. \quad (1.2)$$

Это означает, что темпы роста населения Земли в среднем пропорциональны квадрату численности населения в данный момент. Скорость роста микроорганизмов при отсутствии дефицита питания описывается уравнением типа $dN/dT = N/C$, а его решением является экспонента, которая считается одной из наиболее быстро растущих функций. Человечество же росло пропорционально квадрату своей численности. Соответственно, вначале, при малых значениях N , эта функция растет медленнее экспоненты, а с приближением к точке сингулярности $T_1 \approx 2025$ год значительно быстрее, стремясь к бесконечности.

Обратим внимание на одно из доказательств того, что мир является единой системой, на которое указал С.П. Капица. В соответствии с формулой (1.2.), если мысленно разделить человечество на две независимые части, то каждая из них будет расти в *четыре* раза медленнее, а в сумме они будут расти в *два* раза медленнее, чем при совместном росте. Это характеризует большую силу действия частей человечества на их совместный темп роста.

Каков же механизм такого взаимодействия? С.П. Капица отмечает, что «именно благодаря информации уже очень давно, с самого начала появления человека, шел непрерывный процесс сапиентации — развития способности к созданию, накоплению, передаче и использованию информации ...тысячи лет караваны и купцы, базарная площадь и деревенский колодец, мастера и монахи, барды и старцы, сидящие у семейного очага, служили той же цели — передаче культуры, *знаний* и размножению информации»⁷².

Быстрый рост функции (1.1) при приближении к моменту условной сингулярности $T_1 \approx 2025$ вызвал серьезную обеспокоенность ученых, прежде всего относительно угрозы перенаселения планеты. Однако после 1960 года население Земли, как демографическая система, перешло в новое состояние, которое называют «демографическим переходом». Он характеризуется замедлением темпов

⁷² Капица С. П. Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. М., 1999. С. 39.

роста населения, причем в дальнейшем⁷³ численность населения Земли, согласно прогнозам, должна стать стабильной (9–11 млрд человек).

С.П. Капица, по аналогии с уравнениями кооперационного поведения частиц в физике систем, сформулировал уравнение для описания численности человечества на стадии демографического перехода (1.3) и его решение⁷⁴ (1.4), которое согласуется со статистическими данными по динамике роста числа людей:

$$dN/dT = C/((T_1 - T)^2 - \tau^2); \quad (1.3)$$

$$N = (C/\tau) \cdot \text{Arcth} ((T_1 - T)/\tau). \quad (1.4)$$

Однако эти уравнения «не раскрывают сути действующих законов, оставаясь на феноменологическом уровне констатацией обнаруженной эмпирической закономерности»⁷⁵. Вместе с тем важно, что закономерности (1.3, 1.4) характеризуют человечество как единую систему, причины и динамика роста которой пока недостаточно ясны.

Важной для понимания механизма взаимодействия составляющих мира как единой системы, как единой системы, является работа А.В. Подлазова⁷⁶, в которой дано обоснование того, что причиной единства человечества как системы могут быть «жизнеспасающие технологии». В силу их важности для любого сообщества они распространяются и при ограниченных взаимодействиях людей. А.В. Подлазов обращает внимание на то, что термин «технология» здесь используется максимально широко. Он включает в себя кроме способов хозяйствования также и государственное управление, средства коммуникаций, торговлю, воинское искусство, религиозные доктрины, медицину и любые знания и навыки, которые будут использованы для спасения жизни человека или ее продления. Имен-

⁷³ Капица С. П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. М., 2012. С. 73.

⁷⁴ Капица С. П. Математическая модель роста населения мира. 1992. С. 67, 68. URL: <http://www.mathnet.ru/links/5c400f8e7fa7e82d3591297ef0071fac/mm2087.pdf>

⁷⁵ Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М., 2005. URL: http://www.keldysh.ru/papers/2005/prep13/prep2005_13.html

⁷⁶ Подлазов А.В. Теоретическая демография как основа математической истории. М., 2000. №73. — Глава 3 (курсив автора). URL: http://www.keldysh.ru/papers/2000/prep73/prep2000_73.html

но такие знания предлагается называть — *жизнесберегающие технологии*. Вместе с тем применение этой теории к процессу демографического перехода представляется недостаточно корректным. В частности, в работе А.В. Коротаева и др. отмечается⁷⁷, что демографический переход связан с уменьшением рождаемости, а не снижением смертности, как следует из теории А.В. Подлазова.

М. Кремер⁷⁸ предлагает объяснить феномен демографического перехода путем введения зависимости относительных темпов роста численности населения (рождаемость минус смертность) — $\Delta N/N$ от ВВП на душу населения — G/N . Причиной снижения прироста $\Delta N/N$ при больших значениях G/N , по его мнению, является *нежелание* состоятельных людей иметь много детей. Как отмечено в работе А.В. Коротаева и др.⁷⁹, модель М. Кремера усложнена и перегружена введением массы численных коэффициентов, которые нужно эмпирически оценивать. В результате не ясно, насколько хорошее согласие расчетных результатов со статистическими данными является следствием использования этих коэффициентов и насколько они универсальны.

Для объяснения феномена демографического перехода А.В. Коротаев и др.⁸⁰ предлагают использовать тезис, что «женская грамотность является ведущим фактором снижения рождаемости в ходе модернизации». Проведенные расчеты роста населения в соответствии с этой моделью согласуются с использованными авторами статистическими данными. Однако ясно, что грамотность является скорее вторичным результатом массового вовлечения женщин в производственную деятельность. А на снижения рождаемости в большей мере влияет занятость женщин на работе, чем грамотность.

⁷⁷ Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М., 2005. URL: http://www.keldysh.ru/papers/2005/rep13/rep2005_13.html

⁷⁸ Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. The Quarterly Journal of Economics 108, 1993. P. 694.

⁷⁹ Коротаев А.В. и др. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. Раздел: «Эмпирическое подтверждение связи численности населения и уровня технологии». — М., 2005.

⁸⁰ Там же.

Таким образом, четыре группы авторов разработали математические модели, по-разному объясняющие процесс демографического перехода и дающие достаточно хорошее согласие с имеющимися данными о динамике населения Земли. В результате причину демографического перехода нельзя считать установленной.

Есть также большое количество эмпирических исследований, в которых процесс демографического перехода рассматривается как сумма демографических характеристик в различных странах. В частности, существуют статистические данные и прогнозы Департамента по экономическим и социальным вопросам, отдела народонаселения ООН⁸¹. Такие исследования значительно более объемны и сложны, поскольку требуют учета распределения по возрастам населения всех стран, динамики рождаемости, миграции и роста благосостояния, а также других демографических факторов. В результате в них сложно выявить ограниченное число определяющих явление параметров. Они, как правило, недостаточно учитывают системные характеристики демографического роста, которые очень важны, поскольку человечество развивается как взаимодействующая система.

1.1.3. Анализ методологии научных исследований применительно к исследованию системных связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов в экономике и обществе

«Методология — учение о методах, способах и стратегиях исследования предмета... Методологию можно рассматривать в двух срезам: как теоретическую, и она формируется разделом философского знания гносеология, так и практическую — ориентированную на решение практических проблем и целенаправленное преобразование мира»⁸².

«Методология, в прикладном смысле, — это система (комплекс, взаимосвязанная совокупность) принципов и подходов исследовательской деятельности, на которые опирается исследователь (учёный) в ходе получения и разработки зна-

⁸¹ World Population Prospects: The 2017 Revision. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York. URL: <https://population.un.org/wpp/Publications/>

⁸² Методология. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/...> 2019.

ний в рамках конкретной дисциплины — физики, химии, биологии и других научных дисциплин. Не следует путать методологию с методикой»⁸³.

«Важным аспектом методологии является то, что она представляет собой рационально-рефлексивную мыслительную деятельность, направленную на выявление, изучение, организацию, систематизацию и развитие способов преобразования человеком действительности — методов»⁸⁴.

В литературе встречаются различные интерпретации понятия «методология»:

- наиболее общий метод познания,
- система методов, которые используются определенной наукой,
- особая отрасль знаний, из которой другие науки получают методы исследований,
- философское учение о методах познания и практики⁸⁵.

Важнейший вклад в методологию науки внесли Сократ, Платон, Аристотель, Бэкон, Гегель и другие классики философии. В частности, Аристотель и Бэкон предложили классификацию научных знаний и выделили два основных метода получения достоверных данных о природе и человеке: экспериментально-индуктивный и логико-дедуктивный⁸⁶.

Дальнейшее развитие методологии заключалось в выходе за пределы философской методологии и расширении сферы ее использования, в частности, в научную область. Великолепный пример использования методологии дедуктивных наук в математике продемонстрировал Евклид в своих «Началах». Развитие методов логического анализа и формализации оказало важное влияние на прогресс методологии науки в целом. Однако абсолютизация этих подходов оказалась не состоятельной из-за отрыва от реальной научной практики.

⁸³ Методология науки. Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/...> 2019.

⁸⁴ Методология. Розин В.М., Швырёв В.С., Голдберг Ф.И., Бернштейн В.С. / Гуманитарная энциклопедия: Концепты // Центр гуманитарных технологий, 2019. URL: <https://gtmarket.ru/concepts/6870>

⁸⁵ Папковская П.Я. Методология научных исследований. Курс лекций. Минск, «Информпресс», изд. 3., 2007., стр. 11.

⁸⁶ Методология науки. Википедия. Свободная энциклопедия. 2019.

Роль парадигмы в науке. Книга Томаса Куна «Структура научных революций»⁸⁷, представляющая собой анализ истории науки, вышла из печати в 1962 году и стала значительным событием в учении о методологии. В ней показано, что научное знание развивается скачками, путем научных революций, в ходе которых меняются научные парадигмы. Т. Кун подверг сомнению кумулятивную модель развития науки, согласно которой любая последовательность новых открытий представляет собой движение науки вперед. По его мнению, в науке существует конкуренция научных теорий и школ и нередко одни направления подавляют другие. Важную роль в этом процессе играет научная парадигма.

По определению Томаса Куна парадигмами являются одно или несколько взаимосогласованных научных достижений, признанных научным сообществом в качестве основы для последующей исследовательской деятельности в определенной научной области. В качестве примера он приводит пример парадигмы в сфере оптики, согласно современному пониманию которой, свет состоит из потока фотонов, которые обладают свойствами и волн, и частиц одновременно. Это понимание было сформировано Планком, Эйнштейном и другими учеными в начале XX века. Однако согласно предыдущей парадигме, опирающейся на работы Френеля и Юнга, выполненные в начале XIX века, физики считали, что свет является поперечными волнами. Еще более ранняя парадигма XVIII века базировалась на «Оптике» Ньютона, который утверждал, что свет состоит из материальных частиц. Эти переходы от одной парадигмы к другой реализуются через революции, которые происходят в зрелых науках.

Однако такие революции не происходят в науках, в которых нет общей точки зрения по определенным важным вопросам. Так, до XVII века было много противостоящих школ, которые по-разному относились к природе света. Аналогичные события есть в истории большинства наук. Важно, что отсутствие парадигмы ведет к сумбурному накоплению информации в соответствующей научной сфере. На ранних этапах развития любой науки исследователи далеко не всегда одни и те

⁸⁷ Kuhn T. (1962). The Structure of Scientific Revolutions / Chicago: University of Chicago Press, 1962. (русский перевод «Структура научных революций» М., Прогресс, 1977).

же явления характеризуют одинаково. Именно парадигма позволяет сделать работу по отбору и интерпретации исследований более эффективной.

Парадигма становится таковой, поскольку ее использование ведет к успеху быстрее, чем альтернативные способы решения исследовательских проблем. В рамках парадигмы ученые много внимания уделяют «наведению порядка» в сфере данной науки, решению неисследованных в ее рамках вопросов и переосмыслению их на базе единой парадигмы. Именно такую науку Т. Кун называет *«нормальной наукой»*. Ученые, работающие в рамках нормальной науки, не ставят себе задач создания новых теорий, не вмещающихся в рамки такой науки. Они также нетерпимо относятся к тем, кто пытается создать такие теории. Этот механизм нацеливает ученых на максимально углубленное, точное исследование этой ограниченной области деятельности нормальной науки.

Основные классы проблем, которые решает нормальная наука в своих рамках это установление важнейших фактов, сопоставление этих фактов с теорией и разработка теорий. Фактически нормальная наука действует по кумулятивному алгоритму, успешно расширяя пределы научного знания. Однако бывают и экстраординарные открытия, которые выходят за эти рамки и ведут к научным революциям. Создается впечатление, что такие сюрпризы достаточно закономерны, и они ведут к изменению научных парадигм.

Но к изменению парадигмы ведут только отклонения, поражающие научную парадигму в самую сердцевину. Научные революции — это некумулятивные фазы развития науки, в течение которой старая парадигма частично или полностью замещается новой, несовместимой со старой.

Наряду с этим в настоящее время принята такая интерпретация функций научной теории, согласно которой новая теория, как правило, не должна вступать в явное противоречие с предыдущей. Т. Кун рассматривает соотношение между уравнениями динамики тел по Эйнштейну и по Ньютону, которые дают различные результаты и одновременно теория Ньютона не признается ошибочной. «Но парадигмы отличаются более чем содержанием, ибо они направлены не только на природу, но выражают также и особенности науки, которая создала их. Они являются источником методов, проблемных ситуаций и стандартов решения, принятых неким

развитым научным сообществом в данное время. В результате восприятие новой парадигмы часто вынуждает к переопределению основ соответствующей науки»⁸⁸.

Рассматривая процесс утверждения новой парадигмы, Т. Кун отмечает, что поскольку не существует никакой эмпирически или научно нейтральной системы понятий, то проверка альтернативных парадигм или теорий будет происходить на основе существующей парадигмы, что делает перспективы новой теории весьма сомнительными. Единственная возможность для сторонников новой теории заключается в возможности решить проблемы, которые привели к кризису старой парадигмы.

Технологическое мировоззрение. Формировавшееся под влиянием новых физических открытий в преддверии XX века технологическое мировоззрение радикально изменило естественнонаучную парадигму, сформированную Ньютоном, и оказало значительное влияние на развитие общенаучной методологии. В частности, теория относительности Альберта Эйнштейна развеяла представление о детерминизме физических событий, продемонстрировала относительность пространства и времени, а также их взаимосвязанность.

Вторую группу физических парадоксов выявила квантовая механика, которая утверждает, что микрочастицы имеют одновременно свойства и частиц, и волн. Также, согласно принципу неопределенности Гейзенберга, принципиально невозможно точно определить и координаты и импульс микрочастицы⁸⁹.

Если эти две теории, актуализировавшие вопросы неопределенности в науке, действуют при скоростях, близких к световым и на экстремально больших или малых размерах, то теория хаоса (или теория сложности, она же синергетика), предложенная Дж. Гликом⁹⁰ в 70-х годах XX века, утверждает принципы неопределенности и на размерах, соизмеримых с человеком. Согласно этой теории, в нелинейных динамических системах небольшие отклонения в начальных условиях могут привести к значительным изменениям ее состояния, предсказать которые в некоторых условиях невозможно.

⁸⁸ Кун Т. Структура научных революций М., Прогресс, 1977.

⁸⁹ Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика. — М., Наука, 1972. С. 264–265.

⁹⁰ Gleick J. Chaos: Making New Science. New York: Vilking, 1987.

Один из создателей «теории хаоса» Эдвард Лоренц, занимавшийся компьютерным прогнозированием погоды, сформулировал феномен, который называется «эффектом бабочки». Согласно ему, не исключается, что взмах крыльев бабочки может дать старт тайфуну на другом конце планеты. Он также сформулировал утверждение о принципиальной невозможности прогноза погоды на долгосрочный период.

Принципы теории хаоса важно учитывать в экономических исследованиях, поскольку они являются сверхсложными, нелинейными и динамичными. Поэтому прогнозы поведения таких систем на долгосрочные периоды сложно считать надежными.

Джеймс Беган так характеризует соотношение теории хаоса и классических теоретических построений⁹¹: «Склонность к линейному представлению реальности вызывается желанием найти немедленные решения. Классическая математика использовала линейные уравнения по простой причине: она не могла решать другие. В результате большинство традиционных школ статистики учит нас решать модели, которые, будучи, к счастью, разрешимыми, при этом просто не работают на практике.

Методологически теория хаоса и сложности учит нас не подгонять отношения под линейные модели, а отклонения от линейных моделей — называть ошибками необъяснимых изменений. Вместо этого мы должны допустить, что большинство систем не могут и не должны описываться линейными моделями. Пользоваться методами, которые от нас требуют линейного восприятия реальности, опасно. Даже самый искушенный линейный аппарат, будучи приложенным к нелинейному явлению, может увести в сторону».

Появление комплекса этих трех теорий радикально изменило методологию в значительном числе научных направлений. Под влиянием технологического мировоззрения складываются профессиональные методологии. В последнее время развивается значительное число различных методологических концепций, ори-

⁹¹ Begun J.W. (1994) 'Chaos and complexity. Frontiers of organization science', Journal of Management Inquiry, vol. 3, № 4, pp. 329–350.

ентированных на отдельные виды практической деятельности. Среди них можно отметить и методологии экономических наук.

Методология экономической науки. Спецификой экономической науки, и соответственно методологии, является то, что она, в соответствии с объектом и предметом своих исследований, занимает промежуточное положение между социальными и естественными науками. На это также влияет стремление, с одной стороны, изучать прикладные, хозяйственные аспекты жизни общества, а с другой — естественнонаучная объективность..

Важной особенностью современной экономической науки является то, что она: «перестала стремиться к созданию всеохватывающих экономических теорий. Десятки авторов предлагают свои точки зрения, используя при этом разнообразный инструментарий. Методологический плюрализм создал проблему обособленности понятийных систем... Эмпирические знания не привели к обнаружению фундаментальных законов, без чего нет основы для теоретических построений. Принцип единства теории сменился на принцип сосуществования конкурирующих теорий»⁹². Вместе с тем экономисты активно используют аналитические инструменты других дисциплин, в частности математики, что постепенно меняет характер экономической науки и методологии.

«Изучая принципы, используемые при построении и обосновании различных систем экономического знания, можно обнаружить противостояние двух основных подходов: рационализма и эмпиризма. Рационализм предлагает в качестве основного источника знания разум, а эмпиризм — чувственный опыт. Соответственно, рациональность знания означает его разумность и характеризует знание с точки зрения соответствия наиболее общим принципам разума. С позиции эмпиризма именно факты являются основой утверждений по поводу истинности или ложности знания»⁹³.

⁹² Тутов Л.А. Философия и методология экономики: предметная идентификация [Текст] / Л.А. Тутов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2013. № 11. С. 4–20. URL: https://studref.com/532393/ekonomika/filosofiya_i_metodologiya_ekonomiki

⁹³ Там же. С. 4–20.

В Новое время рационализм был представлен, в частности, классической политической экономией, которая исходила из того, что экономика устроена разумно и человек может познать ее законы. По мере возникновения противоречий в построении теоретических моделей в соответствии с такой методологией были выдвинуты несколько путей преодоления этих противоречий.

Один из них абсолютизировал логический метод. Первым воспользовался им Д. Рикардо⁹⁴, который рассматривал общество как сумму индивидов. Д. Рикардо попытался представить экономику как единство, подчиненное закону стоимости. При этом он последовательно применял метод логической абстракции, стремился определить внутренние связи и законы экономического развития.

Другой путь решения разрыва между рационализмом и эмпиризмом предложил Дж. Милль — выделить в экономике науку и искусство. При этом экономика как наука основывается на универсальных законах человеческого поведения, которые являются обобщением опыта. Как искусство экономика решает практические задачи и предлагает набор правил поведения.

Третий путь, направленный на абсолютизацию эмпирических знаний, выбрала школа Б. Гильденбрандта и Г. Шмоллера, которая отрицала наличие универсальных законов экономики и фактически представляла экономику как описательную науку.

Лидер неоклассического направления экономической теории Альфред Маршалл⁹⁵ также внес вклад в противостояние эмпиризма и рационализма. Поскольку никакие два события в экономике не являются тождественными, то он считал, что обобщающие знания в области экономики не имеют серьезных познавательных перспектив. Выход из этой ситуации он видел в снижении уровня претензий экономического знания, рассматривая его только как возможность получения знаний — инструмент познания.

⁹⁴ Рикардо Д. Начала политической экономии и налогового обложения. Госполитиздат, 1955. 539 с.

⁹⁵ Marshall A. (1890), *Principles of Economics*. (русский перевод Маршалл А. "Принципы экономической науки", М. «Прогресс», 1993 г.) URL: <http://www.finansy.ru/books/macro002/001.htm>

Важность теории с точки зрения способности давать точные прогнозы рассмотрена в работе М. Фридмена «Методология позитивной экономической науки», которая вышла из печати в 1953 году и является одним из наиболее значимых трудов по методологии экономики. Его позиция заключается в следующем: «Позитивная экономическая наука принципиально независима от какой-либо этической позиции или нормативных суждений... О ее качестве следует судить по точности, широте охвата и согласованности с реальностью тех предсказаний, которые она дает. Короче говоря, позитивная экономическая наука является или может являться «объективной» наукой точно в том же смысле, как и любая из физических наук. Конечно, тот факт, что экономическая наука имеет дело с взаимоотношениями между людьми, а исследователь сам является частью исследуемого объекта в гораздо большей степени, чем в физических науках, создает особые трудности в достижении объективности⁹⁶».

С другой стороны, нормативная экономическая наука, а также экономическое искусство заключаются в исследовании того, что и как должно происходить в экономике. Они, как правило, формируются на результатах, полученных позитивной экономической наукой, но объективные факты не могут подтвердить истинность их утверждений или ложность.

С точки зрения М. Фридмена, конечной целью позитивной науки является выдвижение теорий или гипотез, которые позволяют получить правильные и значимые прогнозы ранее не наблюдавшихся событий (а также уже произошедших). Важными частями таких теорий являются набор содержательных гипотез, определяющих существенные характеристики реальности, а также терминология (язык), с помощью которой разрабатываются способы аргументации в рамках данной теории. Функция этого языка заключается в обеспечении упорядочения эмпирических данных и оценивать его следует по тому, достаточно ли он четко определяет описываемые категории, является ли исчерпывающим и непротиворечивым, позволяет ли однозначно идентифицировать отдельные элементы данных и т. д.

⁹⁶ Фридмен М. Методология позитивной экономической науки [Текст] / М. Фридмен // THESIS. — 1994. Вып. 4. С. 20–52.с URL: https://igiti.hse.ru/data/044/314/1234/4_1_2Fried.pdf

В качестве примера М. Фридмен рассматривает термины «спрос» и «предложение», которые являются ключевыми факторами, воздействующими на цены продуктов. Он указывает на то, что на рынке потребительских товаров эти термины позволяют адекватно оценить силы, воздействующие на эти категории. Но на спекулятивном рынке большинство сил влияет и на спрос, и на предложение, в результате использование этих терминов приносит мало пользы.

М. Фридмен также отмечает, что обоснованность гипотез не является достаточным критерием выбора между несколькими гипотезами. Поскольку число наблюдений конечно, то число возможных гипотез неограниченно. Выбор между обоснованными гипотезами в некоторой мере произволен, но следует также использовать критерии «плодотворности» и «простоты» и в меньшей мере «непротиворечивости» и «логической завершенности».

Для обоснования сложности проверки гипотез с помощью реалистичности ее предпосылок М. Фридмен рассматривает эксперимент Галилео Галилея, который впервые дал обоснование постоянства константы ускорения свободного падения на Земле. В принципе, этот закон является обоснованным только при падении в вакууме, о существовании которого в то время не было известно. Но для достаточно плотных тел этот закон приближенно верен и в атмосфере. На этом физическом примере М. Фридмен демонстрирует проблематичность проверки гипотез через их предпосылки, а также неоднозначность термина «предпосылки теории».

В поддержку понятия «предпосылки теории» М. Фридмен отмечает три их положительные функции: экономичный способ описания теории, поддержка возможности проверки теории через ее следствия и определение условий, в которых теория является обоснованной.

Таким образом, в экономической науке несколько веков существуют два противоположных течения: чистая теория, опирающаяся на рационализм, и прагматический подход, базирующийся на идеологии эмпиризма.

Разногласия между различными направлениями экономической теории привели к парадоксальным взаимоотношениям между прикладной и фундаментальной экономической наукой. Наиболее важные открытия в экономике за последние десятилетия, которые получили международное признание, в частности,

Нобелевские премии по экономике, были получены в междисциплинарных прикладных проектах и руководили ими нередко люди, которые не были изначально экономистами⁹⁷.

С началом XX века в экономической методологии, как и в других социально-гуманитарных науках, научным знанием стало признаваться только верифицируемое с помощью опыта. При этом теоретическое знание стало восприниматься, в основном, как средство получения эмпирических обобщений. Для того чтобы сгладить разрыв между теоретическим и эмпирическим знанием и обосновать достоверность экономических знаний, теоретики неопозитивизма предложили применять отдельные критерии научности для различных видов знаний, что не увенчалось значительным успехом.

Методология системного подхода. Существует широкий ассортимент методов, методик и методологий, которые являются универсальными и могут быть эффективно использованы для решения поставленных в данной работе задач. Кратко рассмотрим их ниже.

Прежде всего, обратим внимание на системный подход⁹⁸, как на один из наиболее мощных инструментов познания. Впервые методология системного анализа детально изложена в 1912 году в двухтомнике российского ученого Александра Александровича Богданова–Малиновского⁹⁹, но широкую известность на Западе получила благодаря трудам Людвиг фон Берталанфи¹⁰⁰. В дальнейшем системный подход получил развитие в трудах Ильи Романовича Пригожина¹⁰¹, который исследовал принципы самоорганизации нелинейных систем различной природы и основал междисциплинарное научное направление «Синергетика». Еще одно направление формирования системного взгляда, называемое «теория сложности»

⁹⁷ Тутов Л.А. Философия и методология экономики: предметная идентификация [Текст] / Л.А. Тутов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2013. № 11. С. 4–20.

⁹⁸ Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. СПб.: Бизнес-пресса, 2000.

⁹⁹ Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. Изд. 3. М., 1989.

¹⁰⁰ L. von Bertalanffy. An outline of general system theory. «British journal for philosophy of science», 1950, v. I, № 2. P. 148.

¹⁰¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.

или «теория хаоса», начало развиваться в трудах Дж. Глика¹⁰², Эдварда Лоренца и др. Исследования нелинейных сложных и сверхсложных систем показали, что редукционистский подход, использование упрощенных линейных моделей таких систем могут приводить к принципиально неверным результатам, что очень важно с точки зрения методологии¹⁰³.

Под системным подходом подразумевается весь комплекс идей, связанных с формированием целостной картины изучаемого явления. Это предполагает использование для решения проблем системных понятий и методологий. Сущность системного подхода заключается в том, чтобы видеть в исследуемом объекте взаимозависимости, а не линейные цепочки причинно-следственных связей; процессы изменений, а не статические состояния¹⁰⁴. Под системой подразумевается совокупность компонентов, объединенных упорядоченным образом в соответствии со следующими принципами¹⁰⁵:

- Компоненты находятся под влиянием объединяющей их системы, а поведение самой системы изменяется при исключении любого из ее компонентов.
- Система осуществляет некоторую деятельность (функции).
- Система определена с позиции заинтересованного субъекта.

Использование системного подхода предполагает применение его частных функций для формирования структуры используемых методов исследования, в частности следующие:

1. Определение системы, ее границ и основных подсистем, определенных задач исследования проблемной области.
2. Определение надсистемы, в которой данная система выполняет полезную функцию.

¹⁰² Gleick J. Chaos: Making New Science. New York: Vilking, 1987.

¹⁰³ Орехов В.Д. Управление на грани хаоса. Научные труды МИМ ЛИНК. 2011. № 27. С. 281–292.

¹⁰⁴ Орехов В.Д. Маркетинг: Учебно-метод. пособие: Книга 3: Жуковский: МИМ ЛИНК, 2005.

¹⁰⁵ Курс BZR 751 «Управление развитием и изменением». The Open University, 1994 (перев. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 1995).

3. Анализ функции данной системы в надсистеме и ее ценности (эффективность).

4. Выделение основных элементов системы и их названий.

5. Определение структуры связей между концептами и ранжирование их силы.

6. Построение количественной модели исследуемой системы, например в виде когнитивной матрицы.

7. Проверка и визуализация структуры и целостности системы (отсутствия независимых подсистем или структуры и степени их независимости).

8. Моделирование динамического изменения элементов системы под воздействием управленческих импульсов с ориентацией на целевую функцию.

9. Определение воздействия надсистемы на данную систему и ее роли в динамике системы.

10. Выделение точек системы, при воздействии на которые она меняется наиболее быстро.

Широкие возможности использования системного подхода на практике дают методы построения системных схем. Например, источники накопления человеческого капитала могут быть представлены в виде схемы потоков, приведенной на рис. 1.1^{106, 107}.



Рис. 1.1. Источники накопления человеческого капитала

¹⁰⁶ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. Воронеж: ЦИРЭ, 2005.

¹⁰⁷ Нестеров Л., Аширова Г. Национальное богатство и человеческий капитал. // ВЭ, 2003, № 2. С. 13–110.

Когнитивное моделирование. Для реализации возможностей системного подхода плодотворные результаты дает метод когнитивного моделирования, предложенный американским ученым R. Axelrod¹⁰⁸. Он характерен тем, что цифровая модель исследуемой сложной социально-экономической системы формируется на основе субъективных мнений экспертов о ее структуре в виде нечеткой когнитивной карты (Fuzzy Cognitive Map — FCM).

Данный метод не случайно называется когнитивным, поскольку по форме, зафиксированной в базе данных информации, близок к тому, в каком виде отражается информация о соответствующих мыслительных процессах в мозгу человека. Она столь же нечеткая и слабо структурированная, но именно так мыслит человек, и именно такое универсальное представление информации позволяет ему реально мыслить. До последнего времени, как правило, выделяли только две больших группы методов исследования: качественные и количественные. В первом случае исследование осуществляется с помощью слов и абстракций, а во втором — в виде количественных закономерностей. Качественный подход уникально универсален и позволяет исследовать любые объекты, но не очень точно. Количественные методы позволяют более детально исследовать объект, но далеко не все из объектов можно исследовать количественно, даже если применять статистические методы.

Представленный выше метод системных схем позволяет выйти за узкие рамки количественных и качественных методов. Хотя он и относится к качественным методам, но значительно расширяет исследовательский инструментарий за счет представления объектов и явлений не только словами, но и схемами.

Человеческое мышление, которое сочетает в себе качественные и количественные инструменты, является важнейшим примером, демонстрирующим широкие возможности расширения ассортимента методов исследований за пределы только качественных и количественных. Когнитивный метод хотя и является в основном количественным, но в силу того, что имеет нечеткую и слабо структури-

¹⁰⁸ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

рованную форму, имеет связь и с качественными методами. Также он значительно более универсален, чем традиционные количественные методы.

Достоинствами когнитивного моделирования является то, что сформированную когнитивным методом матрицу (карту FCM) можно обрабатывать с помощью компьютерной «Системы поддержки принятия решений» — СППР^{109, 110}. Это принципиально позволяет анализировать объекты, содержащие несколько десятков компонент и сотни связей между ними. Человек в виду ограниченности возможностей операционной памяти человеческого мозга не может учесть столь большой объем информации, которая привлекается к принятию решения.

Для построения когнитивной матрицы могут использоваться различные методы опроса экспертов, ориентированные на то, чтобы создать им благоприятные условия для оценки структуры системы и взаимосвязей между компонентами (концептами), в том числе и с помощью СППР¹¹¹. Далее эта информация фиксируется на независимом от мозга носителе и корректно обрабатывается, что позволяет получить статические и динамические характеристики слабоструктурированной системы. В частности, исследуется матрица консонанса, характеризующая степень доверия к различным концептам системы, кумулятивное воздействие концептов друг на друга через сеть связей, структура сети связей, включая целостность сети, системные характеристики и динамическое поведение систе-

¹⁰⁹ Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагереv, А.Г. Подвесовский // Одинадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября — 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3 т. Т. 3. М.: ЛЕНАНД, 2008. — С. 329–336.

¹¹⁰ Подвесовский А.Г., Лагереv Д.Г., Коростелев Д.А. СППР "ИГЛА". (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html> Дата обращения 2018.

¹¹¹ Saaty, Thomas L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors — The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2), 2008-06. P. 251–318.

мы под воздействием управляющих импульсов^{112, 113, 114}. Таким образом, данный метод позволяет непосредственно проверять возможности различных методов управления слабоструктурированной социально-экономической системой.

Методы прогнозирования. Предтечей методов прогнозирования были различные виды фантастических произведений и утопий¹¹⁵. Нередко именно выдвинутые в них идеи задают первоначальный спектр реперных ситуаций и направлений прогнозирования, которые затем просматриваются более детально. На современном уровне данный подход реализуется с помощью мозгового штурма или других методов поиска и отбора неординарных решений^{116, 117, 118, 119}.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)¹²⁰ дает широкий спектр алгоритмов нахождения нетривиальных решений. Одна из базовых рекомендаций предлагает найти «вектор инерции мышления» и рассмотреть альтернативные варианты.

Другим источником методов прогнозирования являются математические методы экстраполяции, которые особенно плодотворны, если речь идет о выяв-

¹¹² Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А.Кулинич // Проблемы управления — 2010. — № 3.

¹¹³ Thibeault I.V., Prichina O.S., Goreliva G.V. Cognitive Russian Modeling in the System of Corporate Governance. Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. Т. 6 № 2. Rome, Italy. — P. 442–452.

¹¹⁴ Gorshenin V.P., Prichina O.S., Orekhov V.D., Pechurochkin A.S., Aliukov S.V. Cognitive Technologies to Build Models for Operations of Business School. Proceeding of the 29th IBIMA Conference — Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth 2017. P. 504–513.

¹¹⁵ Бестужев-Лада И. В., Наместников Г.А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.

¹¹⁶ Gordon, W.J.J. Sinectics: The Development of Creative Capacity. New York, 1961.

¹¹⁷ Де Боно Э. Шесть шляп мышления. СПб., 1997.

¹¹⁸ Zwicky, F. Discovery Invention, Research Through the Morphological Approach, McMillan, 1969.

¹¹⁹ Щедровицкий Г.П. Организационно-деятельностная игра как новая форма организации коллективной мыследеятельности // Методы исследования, диагностики и развития международных трудовых коллективов. М., 1983.

¹²⁰ Альтшуллер Г.С., Шапиро Р.Б. О психологии изобретательского творчества//Вопросы психологии. 1956. № 6. С. 37–49.

ленных долговременных закономерностях и факторах порядка величины (численность населения, рост ВВП, концентрация CO₂). Для эффективной работы таких методов необходимо иметь мощные и долговременные базы данных¹²¹.

Однако использование количественных методов имеет достаточно ограниченную сферу применения. Поэтому специалисты в области прогнозирования стали все больше применять качественные методы, основанные на опросе квалифицированных экспертов, согласовании и обработке результатов их мнений¹²². Важную роль в обеспечении перехода к новой методологической парадигме прогнозирования сыграл подготовленный корпорацией «РЭНД» в 1964 г. и получивший затем широкую мировую известность «Доклад об изучении долгосрочного прогнозирования»¹²³.

Первой методикой, доведенной корпорацией РЭНД до уровня технологии¹²⁴, стал метод «Дельфи», основанный на итерационном согласовании мнений большого числа экспертов. Однако этот метод также не может значительно выйти за пределы представлений существующего видения ситуации. Дельфийские оракулы, которые предсказывали, впадая в транс, были более разнообразны в своих видениях.

Другой технологией, связанной с прогнозированием, разработанной корпорацией РЭНД, является «Форсайт». Отличие этого подхода от большинства методов прогнозирования заключается в том, что он ориентирован на реализацию конкретных проектов, начиная с момента исследования. Фактически это метод изменения будущего, причем для его проведения создается команда из экспертов различных слоев общества, способных активно влиять на реализацию данного проекта. При этом для реализации принимаются проекты, позволяющие

¹²¹ Турчин А.В., Батин М.А. Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 263 с.

¹²² Дагаев А.А. Эволюция и перспективы совершенствования методологии долгосрочного экономического прогнозирования // Российское предпринимательство. 2006. Том 7. № 4. С. 81–85. URL: https://creativeconomy.ru/lib/1633#_ftnref7

¹²³ Gordon T.J., Helmer O. Report on Long-Range Forecasting Study. — The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., Sept., 1964.

¹²⁴ Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. — М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. 702 с. URL: <https://windjview.sourceforge.io/ru>

надеяться на наибольшую вероятность реализации и получения значительных выгод. В целом «Форсайт» находится на стыке методов прогнозирования и планирования.

Среди современных методов прогнозирования важное место занимает метод когнитивного моделирования, который мы рассмотрели выше.

Важным современным алгоритмом прогнозирования является сценарный подход, разработанный Германом Каном, в соответствии с которым выявляется спектр прогнозных ситуаций, позволяющий повысить альтернативность прогноза и выявить возможные риски и смены трендов.

Одной из основных проблем прогнозов является возможность возникновения «пузыря» завышенных ожиданий — цикл хайпа (hype)¹²⁵, разработанный компанией Gartner. Согласно этой концепции, жизненный цикл любой технологии имеет пять этапов: запуск инновации, пик ожиданий, спад, переосмысление, ниша востребованности (*наша терминология*). Пузырь ожиданий может привести к росту инвестиций в технологическое направление, а затем к разочарованию от неоправданных коммерческих и социальных результатов.

Отметим еще одну опасность, связанную с прогнозированием направлений развития. Это так называемые «ловушки сознания», которые возникли в процессе эволюции мозга человека и связаны с особенностями его устройства и физиологией речевой коммуникации людей. Наиболее известными из них являются стереотипы и доминанты. Среди ловушек, проявляющихся при принятии стратегических решений, С. Roxburgh отмечает следующие¹²⁶: излишняя самоуверенность, двойной счет, сохранение Status Quo, фиксация на известном, стадный инстинкт, мнимый консенсус и другие. В книге «Экономикс»¹²⁷ отмечается, что ловушки сознания бывают связаны с нечеткой терминологией, переносом свойств частного на общее, сложностью определения причинно-следственной связи и т. д.

¹²⁵ Gartner Hype Cycle (2019). URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.

¹²⁶ Roxburgh C. С поправкой на мозг. The McKinsey Quarterly (№ 2, 2003).

¹²⁷ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. Принципы, проблемы, политика. Пер. С. 13, англ. Изд. М., Инфра-М. 1999. — XXXIV, стр. 13.

1.2. Модель роста базиса человеческого капитала — численности населения

Человеческий капитал формируется и развивается, только если для этого существует соответствующий базис, который включает прежде всего работников. Поэтому в данном разделе исследуются закономерности развития данной социальной системы с демографической точки зрения. Основное внимание уделяется причинам демографического перехода. Это позволит понять возможные методы управления данным процессом, поскольку для России угроза депопуляции крайне опасна.

Нужно отметить, что, несмотря на то, что демографией занимается большое количество исследователей, причины демографического перехода остаются весьма спорными. Так, известный российский демограф А. Вишневский считает: «К сожалению, нынешнее состояние теории демографического перехода затрудняет его видение как целостного автономного процесса, имеющего свою внутреннюю детерминацию и активно воздействующего на все социальные процессы, в том числе и на глобальном уровне. О понимании же истинной важности демографического перехода как фундаментального сдвига в репродуктивной стратегии Человека как вида, равно как и неизбежных последствий этого сдвига и их масштабов, пока не приходится даже говорить»¹²⁸.

Обсуждая недостатки различных теорий и этапов демографического перехода, А. Вишневский сам однозначно не поддерживает какую-либо из них, хотя и утверждает, что снижение смертности на первом этапе перехода само по себе резко изменило ситуацию в этой области и создало мотивы для снижения рождаемости. Тем самым он поддерживает эпидемиологическую популяционную теорию А.М. Омрана¹²⁹. Представляется, что такой подход не дает оснований для управления данным процессом, поскольку человечество уже прошло этап снижения смертности и реверсивное движение маловероятно.

¹²⁸ Вишневский А.Г. Демографическая революция меняет репродуктивную стратегию вида Homo Sapiens. Демографическое обозрение. Том 1, № 1, 2014. С. 11.

¹²⁹ Omran A.R. (1971). The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change // The Milbank Memorial Fund Quarterly. Vol. 49, № 4. Pt.1, pp. 509–538.

Представленное М. Кремером мнение, что причиной демографического перехода является нежелание состоятельных людей иметь много детей¹³⁰, недостаточно содержательно, поскольку не отражает объективных причин нежелания иметь достаточное количество детей.

Исторически последняя из работ системного анализа народонаселения, которая учитывает результаты исследований других авторов, представлена в монографии А.В. Коротаева и др.¹³¹, рассмотренной выше. Авторы исходят из того, что демографический переход вызван ростом грамотности женщин. Хотя и есть некоторые статистические основания для такого обоснования, однако такой вывод весьма негативен, поскольку реверс данного процесса в таком понимании причин вряд ли возможен и крайне не этичен. Кроме того, нельзя исключить наличия более фундаментальных факторов, которые влияют и на грамотность женщин, и на динамику рождаемости.

Анализ влияния на суммарный коэффициент рождаемости (СКР), роста грамотности (в десятках процентов) и ВВП по ППС на душу населения в мире (в десятках тысяч международных долларов 2017 года) в период 1950–2010 годов (рис. 1.2) показывает следующее. При монотонном изменении грамотности и ВВП/Д падение рождаемости началось после 1965 года без заметных причин¹³².

Представляется, что процесс индустриализации, который начался примерно в то же время в крупнейших промышленно развитых странах, привел к вовлечению женщин в производственную деятельность. Именно это создало потребность и возможность для роста грамотности женщин. Однако совмещать работу на производстве с уходом за детьми весьма непросто. Поэтому произошло снижение рождаемости до уровня, который позволяет совмещать воспитание детей и работу на производстве. Следовательно, рост грамотности и снижение рождаемости

¹³⁰ Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990. *The Quarterly Journal of Economics*. 108, 1993. P. 694.

¹³¹ Коротаев А. В., Малков А. С., Халтурина Д. А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М., 2005.

¹³² Суммарный коэффициент рождаемости (1950–2015). Прогноз ООН от 2010 года, средний вариант. [Электронный ресурс] // Википедия. 6.05.2019. 19:25 URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

являются следствием одного процесса привлечения женщин к производственной деятельности.

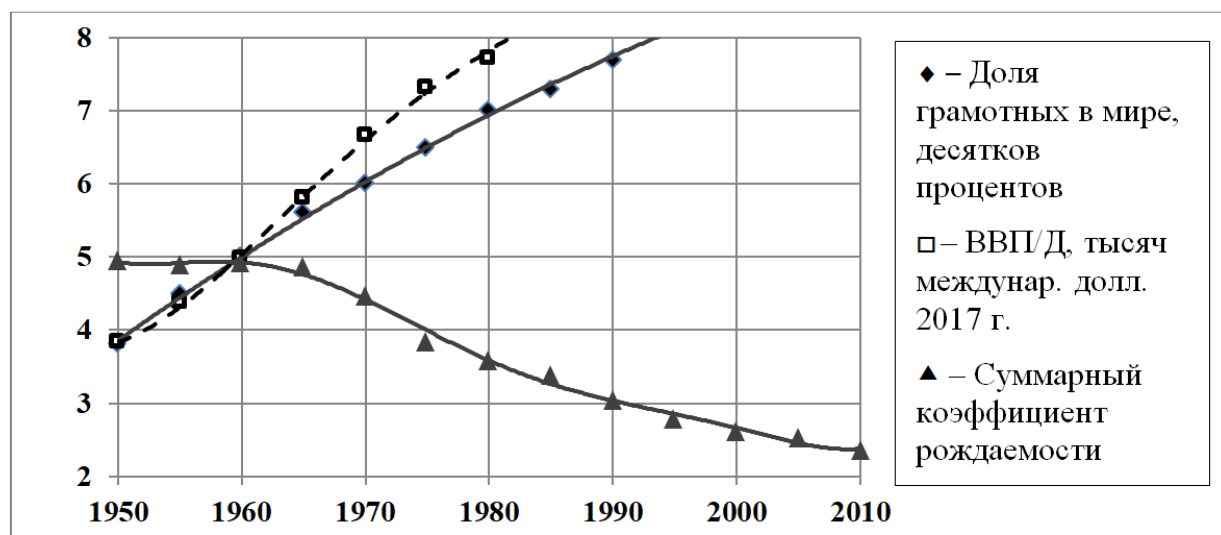


Рис. 1.2. Соотношение СКР, грамотности и ВВП/Д по ППС

Поэтому логично считать, что демографический переход произошел не просто из-за нежелания состоятельных семей иметь много детей, как утверждает М. Кремер, а по причине экономической логики. Семьи выбирают между двумя возможными альтернативами демографического поведения женщин: иметь много детей или работать по найму. И чем больше имеет возможность заработать женщина, тем вариант работы по найму будет для нее привлекательнее. Такая гипотеза позволяет сформировать математическую модель демографической динамики. Ее основанием является то, что прирост численности населения dN за период dT пропорционален следующим факторам:

1. Численности населения — N .
2. Величине избыточного ВВП (G) на душу населения — $(G/N - m)$.
3. Ограничивающему фактору, который соответствует представленному выше выбору, основанному на принципе альтернативной стоимости. В частности росте рождаемости при малых G/N и падение при увеличении G/N .

Чтобы придать модели удобный аналитический характер, используем ограничивающий фактор, аналогичный по форме уравнению логистического роста.

Однако здесь мы выберем в качестве ограничителя фактор, рост которого способствует переключению выбора женщин с многодетности на работу по найму, а именно ВВП на душу населения. В результате этот комплекс примет вид — $1 - k \cdot G/N$. Следовательно, дифференциальное уравнение для роста числа людей примет вид (1.5):

$$dN/dT = A \cdot N \cdot (G/N - m) \cdot (1 - k \cdot G/N). \quad (1.5)$$

Для выражения величины G/N в аналитическом виде используем выражение¹³³ (1.6)

$$G = N \cdot (m + \gamma N). \quad (1.6)$$

Постоянные γ и m имеют следующие значения: $\gamma = 1,57 \cdot 10^{-6}$ долл./чел.²•год; $m = 330$ долл./чел.•год, в междунар. долл. 2017 года. Используя выражение (1.6), преобразуем уравнение (1.5) к виду (1.7) или к более простому^{134, 135} (1.8).

$$dN/dT = A \cdot \gamma \cdot (1 - k \cdot m) \cdot N^2 \cdot (1 - k \cdot \gamma \cdot N / (1 - k \cdot m)) \quad (1.7)$$

$$dN/dT = (1/C) \cdot N^2 \cdot (1 - N/N_{\max}). \quad (1.8)$$

Для определения констант в уравнениях (1.7, 1.8) воспользуемся двумя предельными переходами. При $N/N_{\max} \rightarrow 0$ уравнение (1.8) должно преобразоваться в (1.1), а при $N/N_{\max} \rightarrow 1$ должно выполняться условие $dN/dT = 0$ и $N = N_{\max}$. В результате найдем связь между константами A , k и C , $N_{\max}$ (1.9, 1.10)

$$A \cdot \gamma \cdot (1 - k \cdot m) = 1/C, \quad (1.9)$$

$$k \cdot \gamma / (1 - k \cdot m) = 1/N_{\max}. \quad (1.10)$$

Полученное уравнение для роста численности человечества (1.8) можно проверить на адекватность. Поскольку величина производной dN/dT известна, то с помощью уравнения (1.8) можно оценить величину максимальной численности человечества (1.11) и сравнить ее с известными решениями, например с прогнозом ООН.

¹³³ Коротаяев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М., 2005.

¹³⁴ Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

¹³⁵ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

$$N_{\max} = N / (1 - C \cdot (dN/dT) / N^2). \quad (1.11)$$

Например, в 2015 году темп роста населения Земли составил $dN/dT = 84,6$ млн чел. в год, а $N = 7\,383$ млн чел.¹³⁶. При величине константы $C = 180$ млрд чел.·лет следует, что величина $N_{\max} = 10,25$ млрд чел., что меньше среднего прогноза ООН и модели С.П. Капицы примерно на 10%. Нужно отметить, что согласно прогнозу ООН вероятность того, что к 2100 году численность населения Земли будет меньше среднего прогноза на 10%, составляет 20%¹³⁷, что характеризует точности оценки (1.11).

Для решения уравнения (1.8) введем безразмерную переменную $X = N/N_{\max}$ и преобразуем (1.8) к виду (1.12). Это уравнение имеет решение типа (1.13), а при возвращении к переменной N вид (1.14).

$$(1 / (X^2 \cdot (1 - X))) \cdot dX = (N_{\max} / C) \cdot dT. \quad (1.12)$$

$$1/X - \ln(X/(1 - X)) = (N_{\max} / C) \cdot (T_1 - T). \quad (1.13)$$

$$T = T_1 - C/N + (C/N_{\max}) \cdot \ln(N/(N_{\max} - N)). \quad (1.14)$$

Сравнение решения (1.14) при $C = 160$ млрд, $N_{\max} = 10,5$ млрд, $T_1 = 2022$ г. со средним прогнозом демографической динамики ООН 2015 года представлено на рис. 1.3. Данные за период 1900–2050 год соответствуют работе А. Maddison¹³⁸.

Видно, что в целом эти две зависимости достаточно хорошо согласованы. Отметим, что параметр C , согласно данным в период гиперболического роста¹³⁹, составляет около 180 млрд, но для расчетов демографического перехода лучшее согласование с предыдущими значениями обеспечивает значение $C = 160$ млрд.

Отклонение решения (1.14) от данных ООН наиболее велико в период 1940–1960 годов и достигает до 9% от текущей численности населения (в 2100 году не более 6,3%). Это происходит по причине того, что теоретическая модель не учиты-

¹³⁶ World Population Prospects: The 2017 Revision. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York.

¹³⁷ Там же.

¹³⁸ Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. GGDC, 2010.

¹³⁹ Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. — М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

вает фактор снижения численности населения во время II мировой войны, а также после ее окончания, что отмечал С.П. Капица¹⁴⁰.

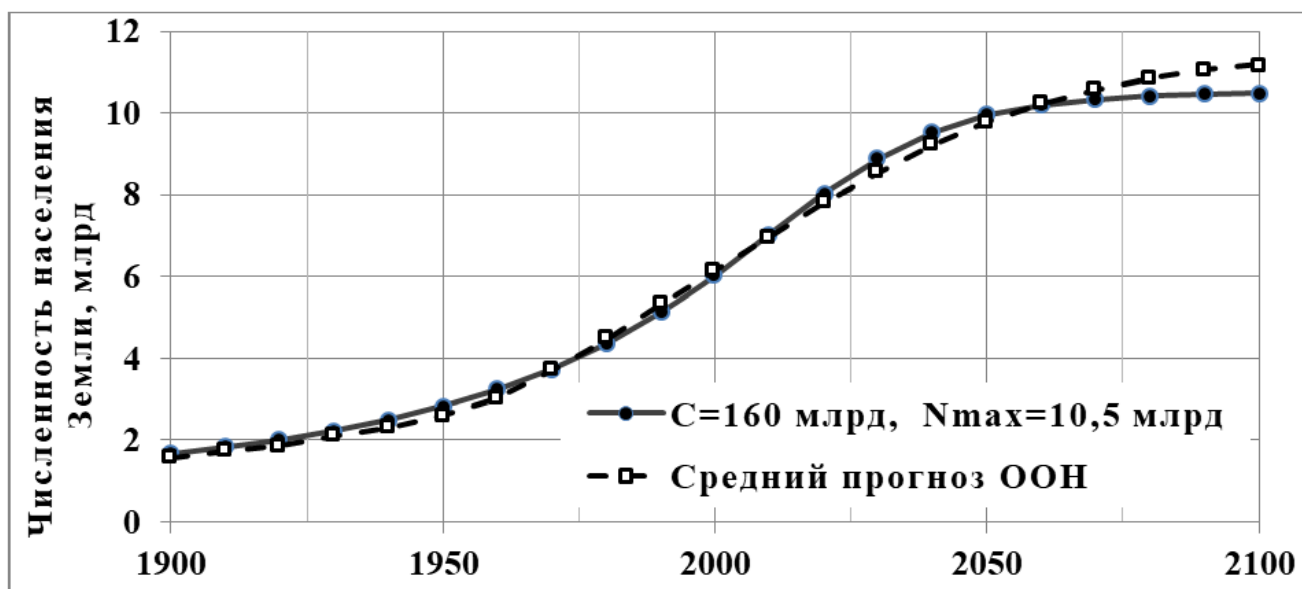


Рис. 1.3. Сравнение полученного решения со средним прогнозом ООН, млрд чел.

Анализ данных ООН о годовом приросте населения Земли¹⁴¹ в миллионах человек показывает, что вызванные войнами демографические провалы проявляются в дальнейшем несколько раз с периодом примерно в 25 лет и они приводят к отклонению реальной демографической кривой от аналитического решения (1.14). В частности, высокое влияние на колебания скорости роста населения Земли оказали демографические процессы в Китае, России и Японии. Наибольшие колебания прироста населения характеризуют Китай и Россию, в которых заметны три провала прироста населения, достигающих более 50% от максимального значения. В России первый провал начинается во время II мировой войны, а в Китае после нее.

¹⁴⁰ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

¹⁴¹ World Population Prospects: The 2017 Revision. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York.

Хотя детальные прогнозы, типа прогноза ООН, и отличаются большей детализацией и учетом многообразных демографических реалий, предложенное выше аналитическое решение (1.14) несет в себе дополнительную системную информацию о процессе демографического перехода, которую мы проанализируем ниже.

Рассмотрим роль коэффициентов A , k (1.9), (1.11) в уравнении (1.7). Величина k характеризует, при какой величине G/N женщины будут отдавать приоритет наемному труду, а не воспитанию детей. В этом и состоит экономическое содержание демографического перехода. Размерность константы k — [чел.·год/долл.]. Из приведенного выше выражения (1.10) для величины k следует, что она равна $k = 1/\gamma \cdot N_{\max} \cdot (1 + m/\gamma \cdot N_{\max})$. Так как $m/\gamma \cdot N_{\max} \approx 0,015$, то с погрешностью в 2% $k = 1/\gamma \cdot N_{\max}$. При $N_{\max} = 11\,000$ млн чел. величина $1/k \approx 16\,900$ долл./чел.·год (в междунар. долл. 2017 года). Снижение рождаемости, несмотря на рост благосостояния, становится значимым при величине ограничивающего множителя в уравнении (1.7) — $k \cdot G/N \sim 0,3$. При этом $(G/N)_{\text{dem}} \approx 0,3/k \approx 5070$ долл./чел. в междунар. долл. 2017 года. Как видно из рис. 1, данная величина достигла этого уровня в 1960 году, что и положило начало падению рождаемости в мире.

Из уравнения (1.14) видно, что определяющим процесс демографического перехода параметром является отношение $C/N_{\max}$. Чем больше его величина, тем быстрее происходит демографический переход. При характерных для человечества параметрах $C = 160\text{--}180$ млрд, $N_{\max} \approx 11$ млрд отношение $C/N_{\max}$ составляет ~ 15 лет, и это время характеризует скорость демографического перехода. Так, с 1965 года, когда эффект демографического перехода стал заметно проявляться (рис. 1.2), до 2040 года, когда он в основном будет завершен, проходит примерно пять таких периодов.

С другой стороны, из выражений (1.9) (1.10) с учетом малости $m/\gamma \cdot N_{\max}$ можно показать, что $A \approx k/C \cdot N_{\max}$. Это и определяет величину A как характеристику скорости достижения ВВП на душу населения, при котором снизится рождаемость в процессе демографического перехода. Однако вместо параметра A удобнее использовать произведение $C/N_{\max}$, имеющее удобную наглядную трактовку.

Из анализа констант уравнений динамики числа людей (1.8), (1.14) следует, какие характеристики человечества, как системы, определяют темп его роста в процессе демографического перехода:

- на гиперболической стадии роста ключевым является коэффициент C ;
- вблизи демографического перехода важными являются: уровень ВВП на душу населения, при котором начинается демографический переход — $(G/N)_{\text{dem}} \approx 0,3/k \approx 5070$ долл./чел., а также характерный временной масштаб перехода — $T_{\text{dem}} = C/N_{\text{max}} \approx 15$ лет.

Анализ уравнения динамики численности человечества показывает, что все его характеристики были заложены задолго до процесса демографического перехода, а сам переход происходит фактически за время жизни одного человека (~ 75 лет). Именно скорость этого перехода и представляет основную проблему, поскольку не дает времени для адаптации людей к новым системным условиям. И хотя демографический переход еще не завершен полностью, но до его окончания остается крайне мало времени.

1.3. Эволюция ключевых факторов и резервов роста человеческого капитала

В качестве основных сил, определяющих закономерности развития общества, исследователями в разное время выдвигалось множество разнообразных факторов: божественный замысел, классовая борьба, великие люди (элиты), изменения естественной среды и катастрофы, знание, прогресс человеческого разума, прогресс производительных сил общества, возрастающие потребности и интересы людей, инновационная активность, рост численности человечества, рост объема информации и другие.

Неоднократные попытки сформировать адекватную модель мирового социально-экономического развития, включая Мир-системный анализ и моделирование мировой динамики на базе системного анализа с помощью ЭВМ, не привели к достижению принципиальных успехов. Однако был решен ряд частных задач в этой сфере, в частности, в области построения моделей демографи-

ческой динамики, что позволяет считать исследования в данном направлении плодотворными.

Современная Россия обладает одним из крупнейших человеческих капиталов в мире, однако сырьевые приоритеты страны ведут к тому, что тормозится развитие человеческого капитала (ЧК) и его адекватное использование. Так, согласно Прогнозу социально-экономического развития Минэкономразвития РФ¹⁴², в краткосрочной и среднесрочной перспективе приоритетными источниками экономического роста будут увеличение инвестиций в основной капитал и рост производительности труда. Только в более долгосрочной перспективе планируется увеличение вклада человеческого капитала в экономический рост.

В данном разделе для изучения концепции человеческого капитала и системы трудовой деятельности, в рамках которой он действует, в качестве основной методологии используется системный анализ и моделирование^{143, 144}, на основе частных функций которого формируется стратегия и структура применяемых методов исследования. Помимо этого используется методика построения системных схем. Также применяются элементы близкой к системному подходу методики концептуального моделирования, идею которой предложил А. Т. Welford¹⁴⁵.

В качестве информационной основы работы используется анализ трудов предыдущих авторов по тематике человеческого капитала^{146, 147}. При этом задействован критический анализ анализируемых работ, в частности, с позиции си-

¹⁴² Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года. Министерство экономического развития Российской Федерации. С. 22–23. 34945_prognoz_rf_2019_2024.pdf

¹⁴³ Meadows D.H. Thinking in Systems: a primer. — Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008. — p. XI + 211.

¹⁴⁴ Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. — СПб.: Бизнес-пресса, 2000.

¹⁴⁵ Welford A.T. On the human demands of automation: Mental work conceptual model, satisfaction and training. // Industrial and business psychology. 1961. Vol. 5. P. 182–193.

¹⁴⁶ Schultz T.W. The Economic Value of Education. New York: Colambia University Press. 1963.

¹⁴⁷ Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие. Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ, 2013.

стемного подхода, а также возможности практического применения формируемых моделей.

В работе также применяются математические методы исследования и моделирования. В связи с концептуальным характером формируемых моделей используется метод выделения параметров порядка и абстрагирования от менее значимых факторов. Ниже приведены результаты проведенного исследования.

1.3.1. Компоненты человеческого капитала

Понятие человеческого капитала значительно изменилось со времени своего появления. Согласно С. Фишеру: «Человеческий капитал есть мера воплощенной в человеке способности приносить доход. ЧК включает в себя врожденные способности и талант, а также образование и приобретенную квалификацию»¹⁴⁸. Расширенное представление о ЧК¹⁴⁹ включает в его накопление компонент культуры, искусства, информационного обслуживания (рис. 1.1.) и многого другого.

Такое расширение понятия ЧК различными авторами делает его как бы всеобъемлющим и системно не структурированным. Это затрудняет использование ЧК в качестве инструмента прогнозирования и управления. Фактически происходит размывание данного понятия. Хотя наука, здравоохранение, культура, инфраструктурные активы и корпоративная культура вносят вклад в развитие человеческого капитала, но это не означает, что все затраты на эти виды деятельности должны быть включены в его стоимость. Капиталом должно считаться только то, что приносит адекватный доход. Поэтому метод оценки величины ЧК, основанный на учете инвестиций (затрат), как было показано выше, имеет значительные недостатки.

Исходя из сказанного выше, в настоящей работе в качестве основы понимания концепции человеческого капитала используется, прежде всего, системный подход, а также индикаторные методы. Для понимания того, какие компоненты относятся к человеческому капиталу, а какие к другим активам, полезно обратить

¹⁴⁸ Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономическая теория. М., Юнити, 2002.

¹⁴⁹ Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005. — С. 25.

внимание на понятие «Интеллектуальный капитал»¹⁵⁰, основные компоненты которого представлены в таблице 1.1.

Существенно то, что понятие интеллектуальный капитал сформировано с целью выделить нематериальные активы, которые конкретно влияют на рыночную капитализацию компаний и оцениваются с использованием известных методик. Также они помогают понять структуру надсистемы человеческого капитала.

Таблица 1.1.

Классификация компонент интеллектуального капитала

Потребительский капитал – Бренды – Лояльность потребителей – Каналы дистрибуции – Альянсы и кооперация – Лицензионные соглашения	Человеческий капитал – Образовательный уровень персонала – Профессиональная квалификация – Навыки работы в команде – Мотивация и лояльность – Креативность и инновационность
Интеллектуальные активы – Торговые марки – Патенты – Авторские права – Знаки обслуживания – Другие исключительные права	Инфраструктурные активы – Корпоративная культура – Управленческие процессы – Информационные системы – Философия управления – Системы качества и менеджмента

Исходя из логики системного подхода, для дальнейшей работы мы будем использовать понятие ЧК, основанное на схеме, представленной на рис. 1.4.

Здесь мы выделяем две тесно связанные подсистемы ЧК, одна из которых включает в себя накопленные интеллектуальные способности человека, а вторая характеризует его физические характеристики: здоровье, возраст, выносливость, способность выполнять работу, требующую физических и умственных способностей. Необходимость такого разделения связана с тем, что способность ЧК вы-

¹⁵⁰ Albert, S. Bradley, K. (1996) Intellectual Capital as the Foundation for New Conditions relating to Organizations and Management Practices, Working Paper Series, No. 15, Milton Keynes, Open University Business School. (Russian translation: “Intellectual Capital”. Teaching aid “Knowledge Management in Organizations” / Preparatory and Ed.: V.N. Golubkin. — Zhukovsky, MIM LINK, 2007).

полнять функцию капитала в современном мире связана, в основном, с интеллектуальной частью ЧК. Избыточные вложения в физическую компоненту, скорее всего, не приведут к росту отдачи от капитала, если речь не идет о спортсменах.

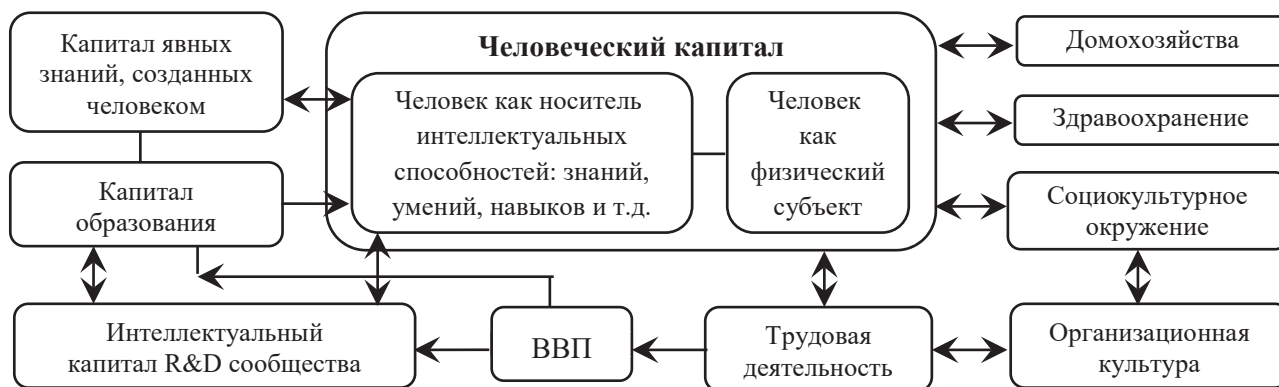


Рис. 1.4. Модель концепции человеческий капитал

Также мы не включаем в ЧК такие компоненты, как социальный капитал, организационная культура, предпринимательские способности, предпринимательский климат, институциональное обслуживание и т. д. Эти компоненты не относятся к работникам непосредственно и характеризуют, в большей мере, организационную структуру, в которой используется этот ЧК. Когда мы используем системный подход, то важно правильно выделить подсистемы и надсистемные структуры. Основанием для их выделения, как правило, является различие функционального назначения.

Важной особенностью данной системы является то, что компонента «знание» имеет явную (кодифицированную) часть и неявную (ментальную), которая находится в сознании людей. Поэтому на рис. 1.4 выделен «капитал явных знаний, созданных человеком», и «интеллектуальный капитал науки — R&D-сообщества», не входящие непосредственно в ЧК отдельных R&D-специалистов. В эту подсистему, видимо, и следует выделять, в определенной мере, организационный, предпринимательский, институциональный, социальный и другие аналогичные типы капитала, поддерживающие работу ЧК. Также отдельно выделен «капитал образования», который включает в себя и явные знания (учебники, методические разработки, образовательные технологии и т. д.), и неявные знания специалистов образования.

1.3.2. Диалектика развития человеческого капитала

В явлениях медленного роста и неэффективного использования ЧК заключены возможности роста результатов применения ЧК. Движущей силой роста результатов деятельности ЧК является стремление повысить результативность труда, однако по мере ее повышения снижаются резервы роста, поскольку почти любой резерв исчерпаем. По мере исчерпания резервов общество задействует новые. Это не означает, что фактор перестает действовать — он перестает приносить рост результатов работы ЧК. Основные резервы роста ЧК и эффективности его использования даны в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

Основные резервы роста человеческого капитала

Традиционные резервы	Современные резервы
– Численность населения	– Управление демографией
– Явное знание	– Экономика знания
– Использование орудий труда	– Сетевые сообщества
– Грамотность	– Оптимизация стратегий роста ЧК
– Научная деятельность (R&D)	– Инклюзивная экономика
– Разделение труда и специализация	– Эффективные научные команды
– Профессиональное обучение	– Инновационные системы
– Здоровоохранение	– Новые образовательные технологии
– Инновации, предпринимательство	– Экосистема счастья
– Высшее образование	– Навыки будущего
– Обучение всю жизнь	– Управление участием в технореволюциях
– Кибернетические технологии	– Глобализация
– Передовые технологии	– Искусственный интеллект

Общая картина динамики факторов роста результативности трудовой деятельности достаточно сложна. Некоторые факторы действуют гораздо дольше других. Например, важнейшим фактором роста ЧК был рост числа людей, причем примерно до 1960 года он происходил в соответствии с гиперболической зависи-

мостью¹⁵¹ (1.1). После 1960 года во всемирном масштабе проявился эффект демографического перехода¹⁵². В разделе 1.2 показано¹⁵³, что его причиной является то, что с ростом общественной производительности труда женщинам стало более выгодно участвовать в наемной трудовой деятельности и иметь меньше детей. В результате этого скорость роста населения уменьшилась, и это привело к снижению темпов роста ЧК. Дифференциальное уравнение динамики численности человечества имеет вид (1.8), а его решение (1.14). Далее мы рассмотрим закономерности действия ряда из этих факторов с тем, чтобы управлять их действием.

1.3.3. Знания человечества, как фактор роста ЧК

Одним из важнейших факторов роста ЧК является рост знаний человечества. В разделе 1.2 мы учли, как влияет рост ВВП на душу населения на численность человечества. Там же мы обратили внимание на существенное проявление системных характеристик человечества и на то, что системные свойства связаны с информационным взаимодействием людей. Важно выявить, что представляет собой это взаимодействие и как оно связано с человеческим капиталом. Можно предположить, что оно связано с явным знанием, которое распространяется, прежде всего, в виде книг и способствует развитию производства ВВП.

В качестве источника информации о количестве знаний в данной работе используется информация о количестве книг и брошюр¹⁵⁴ в библиотеке Конгресса США^{155, 156, 157, 158}, которая является крупнейшей в мире. В ней в 1960 году хра-

¹⁵¹ Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science 132:1291–5. 1960.

¹⁵² Капица С. П. Математическая модель роста населения мира// Мат. модел. — 1992. Т. 4. — #6.

¹⁵³ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

¹⁵⁴ Орехов В. Д. Знания в системе развития общества// Бизнес-образование. — М.: РАБО. 2010. № 28. — С. 73–84.

¹⁵⁵ Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. 2007. № 7.

¹⁵⁶ Библиотека конгресса. — Википедия, 2012. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

¹⁵⁷ General Information — About the Library (Library of Congress). 2012.

¹⁵⁸ General Information — About the Library (Library of Congress). 2017. URL: <http://www.loc.gov/about/general-information> Дата обращения: 01.12.2018.

нилось ~ 14,5 млн брошюр и книг, в 2000 году — 30 млн, в 2012-м — 35,8 млн, а в 2017-м — 39,3 млн.

Среди этих публикаций, конечно, есть дубликаты, но это отчасти компенсируется тем, что в библиотеке конгресса хранятся не все изданные в мире публикации, содержащие знания. Принципиально то, что мы применяем единый подход для оценки динамики количества знаний по времени. Таким образом, мы оцениваем объем знаний примерно с точностью до постоянного коэффициента. Для измерения количества знаний используем единицу условная книга — у.к. Тем самым мы отличаем единицу измерения знаний от количества информации или данных. Условная книга при ее оцифровании будет содержать 1 Мбайт информации или примерно 100 страниц текста. В этих единицах количество знаний, содержащихся в библиотеке конгресса, будет равно значениям, приведенным в таблице 1.3¹⁵⁹.

Таблица 1.3.

Объем знаний человечества

№	Библиотека	Год новой эры	Число людей, млн	Кол-во знаний, тыс. у.к.	Знаний на тыс. чел., у.к.
1.	Конгресса	2017	7 500	23 600	3,15
2.		2012	7 000	21 500	3,07
3.		2000	6 000	18 000	3,00
4.		1960	3 077	8 700	2,83
5	Александрийская	–300	86	80	0,93

Одной из крупнейших библиотек древности была Александрийская, созданная около 300 года до нашей эры и имевшая в хранилищах от 100 до 770 тысяч свитков¹⁶⁰. Объем знаний в каждой свитке оценим величиной 20% у.к. Следовательно, количество знаний в Александрийской библиотеке равно 80 000 у.к.

¹⁵⁹ Prichina O.S., Orekhov V.D. et al (2019). Evolution of Key Factors and Growth Potential of Human Capital. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) Volume-8 Issue-7, P. 2226–2234.

¹⁶⁰ Советский энциклопедический словарь. М., 1987.

Из таблицы 1.3. следует, что объем знаний (Z) на тысячу человек меняется достаточно медленно во времени. Следовательно, число людей (N) служит основным параметром, определяющим объем знаний: $Z \sim N$. Для аппроксимации объема знаний можно применить функцию типа гиперболы (1.1). В результате получим выражение для объема знаний в условных книгах (1.15):

$$Z \approx 1,5 \cdot 10^9 / (T_1 - T)^{1,25} \quad (1.15)$$

Формула (1.15) корректна в период гиперболической динамики числа людей, а вблизи даты сингулярности $T_1 = 2025$ она становится некорректной.

Поэтому после 1960 года ее можно улучшить, используя формулу (1.1). Поскольку вблизи даты сингулярности скорость роста числа людей велика, а явные знания производят только взрослые люди, то нужно также ввести поправку на время взросления ~ 25 лет. В результате получим выражение (1.16) для количества знаний во время демографического перехода

$$Z \approx 30 \cdot (N(T-25)/N_0)^{1,25} \quad (1.16)$$

Здесь размерность Z — у.к., N — млрд чел.; 25 — возраст начала трудовой деятельности, $N_0 = 0,0001$ млрд — условная начальная численность человечества¹⁶¹. Погрешность аппроксимации данных, приведенных в таблице 1.3. и формулой (1.16), за последнее столетие не превышает 6%.

Полученные выше формулы (1.15), (1.16) представляют собой оценки объема знаний в первом приближении. Однако они представляют функциональную структуру роста знаний. В частности, они демонстрируют, что их объем растет, в основном, пропорционально числу людей. Следует также отметить, что показатель степени 1,25 показывает, насколько количество знаний растет быстрее числа людей.

Полученная связь динамики количества знаний в зависимости от числа людей позволяет связать их с продуктивностью трудовой деятельности, которую можно характеризовать величиной ВВП по паритету покупательной способности (ППС).

В работах А.В. Коротаева, А.С. Малкова, Д.А. Халтуриной было предложено уравнение для подсчета мирового ВВП: $G = N \cdot (m + \gamma N)$, где $\gamma = 1,04 \cdot 10^{-6}$ долл./

¹⁶¹ Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

чел. год; $m = 221$ долл./чел. год, а величина ВВП измеряется в международных долларах 1995 года. Однако сравнение данной формулы со статистическими данными за последнее время показывает, что ВВП растет быстрее, чем квадратичная зависимость. Автором показано¹⁶², что для аппроксимации мирового ВВП лучше подходит зависимость, пропорциональная объему знаний человечества (1.16), которая выражается формулой типа (1.17)

$$G \approx k \cdot N(T-25)^{2,25}. \quad (1.17)$$

Зависимость ВВП от времени, в соответствии с формулой (1.17), приведена на рис. 1.5, где G дано в трлн долл. 2017 года по ППС, N — млрд человек, $k = 2,72$. Там же для сравнения даны значения ВВП, в соответствии с данными Maddison¹⁶³, а после 2008 года — World Bank и пересчет к долл. 2017 года прогноза PwC¹⁶⁴.

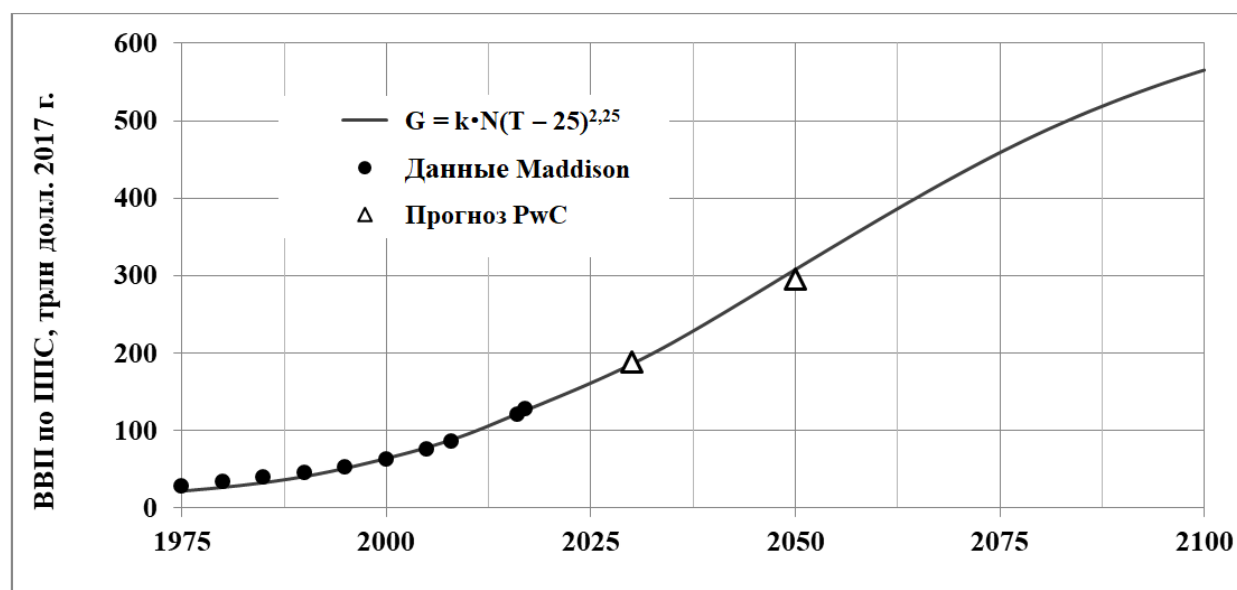


Рис. 1.5. Прогноз мирового ВВП согласно зависимости $G = k \cdot N(T-25)^{2,25}$

¹⁶² Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

¹⁶³ Maddison, A. Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD. GGDC, 2010.

¹⁶⁴ PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. 11.02.2015. 12:00. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>

Видно, что статистические данные вблизи 2000 года хорошо согласуются с зависимостью (1.17). Также хорошо согласуется с (1.17) прогноз РwС на 2030 год. Хотя данные РwС на 2050 год лежат несколько ниже прогноза, они были пересмотрены в 2016 году и снижены по сравнению с данными двухлетней давности на 6%. Поэтому данная погрешность не превышает точности прогноза РwС.

Сравнение формул (1.16) и (1.17) подтверждает вывод, что мировой ВВП приближенно может быть вычислен по формуле (1.18), где G — трлн долл. 1990 года по ППС, Z — млн у.к., N — млрд чел., $A \approx 0,91$.

$$G \approx A \cdot Z \cdot N(T-25) \quad (1.18)$$

Таким образом, ВВП на душу населения прямо пропорционален мировому объему явных знаний (с точностью до коэффициента сдвиги по времени численности населения на 25 лет). Тем самым выявлена связь продуктивности людей, как персон, обладающих ЧК, от суммарного объема знаний человечества. Следует отметить, что сами явные знания ничего производить не могут. Они лишь являются важнейшим источником для формирования неявных знаний, находящихся в сознании людей, которые непосредственно могут быть использованы в продуктивной деятельности.

Следует также отметить, что хотя ВВП пропорционален N в степени 2,25 (1.17), но, ввиду демографического перехода, в настоящее время зависимость ВВП от времени близка к линейной (рис. 1.5). Так? за последние 10 лет ВВП по ППС в междунар. долл. 2011 года согласно данным World Bank¹⁶⁵ является линейной функцией с коэффициентом детерминации 0,9982. Эта линейная зависимость продлится примерно до 2065 года, а затем темп роста ВВП начнет быстро снижаться.

Как было показано выше (рис. 1.3), численность человечества не превысит примерно $N_{\max} = 11$ млрд человек, поэтому согласно формуле (1.17) мировой ВВП на душу населения не превысит 54,5 тыс. долл. 2017 г., что в 3,2 раза больше, чем сейчас.

¹⁶⁵ World Bank, International Comparison Program database. (2020) URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.KD?view=chart>

Согласно полученному результату, увеличение численности населения положительно сказывается на производительности труда, а демографический переход — негативно.

В настоящее время многие научные и общественные деятели считают, что рост численности населения мира является негативным фактором, угрожающим перенаселением Земли¹⁶⁶. Однако, как показано выше, снижение темпов роста также создает негативные тенденции. Уже сейчас экономисты развитых стран встревожены замедлением темпов роста их экономик, особенно на фоне развивающихся стран. Но постепенно такая же ситуация будет наступать и в странах, которые сейчас являются развивающимися. Из проведенного анализа следует, что постоянное снижение темпов экономического роста является системно обусловленной закономерностью развития человечества, связанной с демографическим переходом.

Не меньшую опасность представляет резкое замедление роста знания (1.16), также связанное с демографическим переходом и ограниченностью $N_{\max}$. Данный феномен при его реализации может привести к радикальному изменению познавательной деятельности человечества, фактически к стагнации.

На фоне этих процессов могут обостриться конфликты между различными странами, которые будут возникать из-за экономических кризисов и будут крайне опасными в условиях потенциально быстро возрастающего уровня вооружения стран.

Для противодействия этим тенденциям следует использовать новые резервы роста человеческого капитала и знания человечества. Именно такая стратегия управления мировым развитием была бы наиболее оправдана. Конечно, при этом необходимо уделять значительно больше внимания экологическому совершенствованию производственной деятельности.

¹⁶⁶ Вишневский А.Г. Демографическая революция меняет репродуктивную стратегию вида Homo Sapiens. Демографическое обозрение. Том. 1, № 1, 2014. С. 11.

1.3.4. Воздействие образования и науки на рост ЧК

Согласно исследованиям R.J. Barro¹⁶⁷, ВВП на душу населения в различных странах зависит от среднего числа лет обучения (Е) населения, примерно экспоненциально, согласно формуле $G/N = 438 \cdot 10^{0,2E}$.

В работе В.Д. Орехова¹⁶⁸ на основе данных о ВВП крупнейших экономик и распределения специалистов по уровням образования показано (рис. 1.6), что аналогичная экспоненциальная зависимость (1.19) характерна и для отдельных групп специалистов в зависимости от числа лет их обучения (Е):

$$J_E = K_E \cdot 10^{P \cdot E}. \quad (1.19)$$

Данная зависимость, которую далее мы будем называть «образовательной экспонентой», свидетельствует об очень сильном влиянии продолжительности обучения на величину ВВП и экономическую динамику.

Коэффициент K_E для крупнейших экономик равен 125 межд. долл. 2010 г. по ППС. Из формулы (1.19) следует, что увеличение продолжительности образования на один год ведет к росту вклада специалиста в ВВП страны на 58%, что на порядок превышает его дополнительный вклад в бюджет компании, в которой он работает^{169, 170}. Коэффициент Р применительно к исследованиям 2015 года¹⁷¹ равен 0,2.

Такое отличие возникает вследствие того, что положительный эффект от образования через рост ЧК и внедрение новых технологий получает не только компания, реализующая новые продукты, но и ее потребители, поставщики, последо-

¹⁶⁷ Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.

¹⁶⁸ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

¹⁶⁹ Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие. Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ, 2013.

¹⁷⁰ Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. М.: Наука, 2002.

¹⁷¹ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

ватели, R&D-сообщество¹⁷² и все общество через экстернальные эффекты. Концептуальная модель влияния образования на социально-экономическое развитие общества приведена на рис. 1.7.

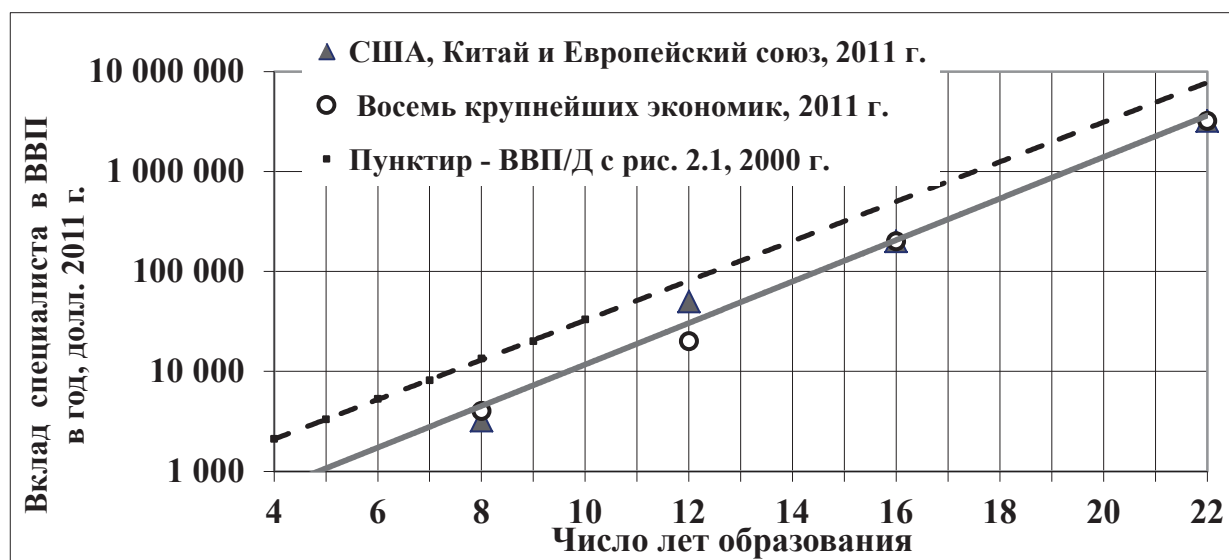


Рис. 1.6. Зависимость вклада специалиста в ВВП от его образования

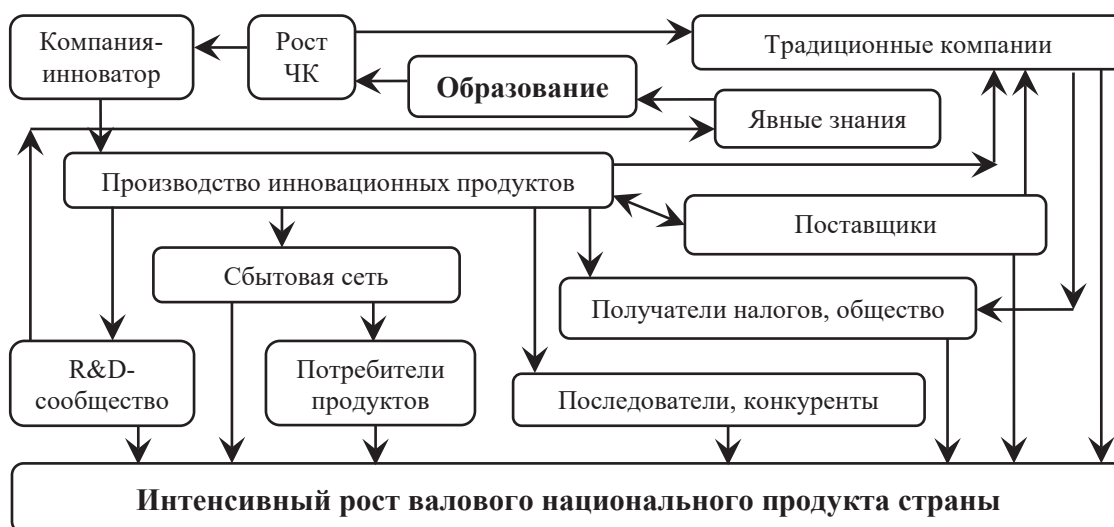


Рис. 1.7. Модель влияния образования на экономическую динамику

¹⁷² Shinkareva O.V., Orekhov V.D., Solodukha P.V., Prichina O.S., Gizyatova A.Sh. Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018. T. 9. # 13. С. 303–317.

Функция образования согласно рис. 1.7 заключается в повышении квалификации специалистов, составляющих ЧК, за счет явного знания. Высококвалифицированные специалисты, попадая в инновационные компании, создают новые технологии или внедряют полученные в других компаниях и странах. Тем самым они создают возможности высокой конкурентоспособности и получения «экономической прибыли» для своей компании и ее партнеров. Именно в этом заключается важнейшая функция образования.

Конечно, важен и второй поток роста человеческого капитала через традиционные компании. Специалисты, которые попадают в эти компании, будут более квалифицированно выполнять различные трудовые функции. Традиционные компании также имеют своих поставщиков и потребителей, платят налоги и также создают экстернальные потоки вклада в ВВП.

Деятельность образования по насыщению ЧК знаниями осуществляется с использованием научных (R&D) и образовательных кадров. Эти же специалисты создают явные знания, поэтому важно учитывать их динамику, чтобы не возникло разрывов между знаниями и человеческим капиталом.

Хотя явные знания и являются общемировой ценностью, но в реальности они находятся в конкретных странах и в собственности конкретных организаций и лиц. Именно R&D-специалисты осуществляют диффузию новых знаний от их места появления в другие страны, в частности в Россию. При этом они осуществляют преобразование знаний в требуемую языковую и понятийную форму. Поэтому система управления наукой должна способствовать R&D-специалистам в обеспечении человеческого капитала России этими знаниями.

1.3.5. Количественная связь образования с ЧК

Для того чтобы более детально изучить влияние образования на динамику ЧК, проанализируем, как меняется по времени доля людей, имеющих высшее (третичное) образование^{173, 174} (рис. 1.8).

Следует учитывать, что, согласно международным стандартам¹⁷⁵, среднее профессиональное образование относится к третичному (short-cycle tertiary education — 5-й уровень ISCED 2011) и предполагает обучение в течение примерно 13–14 лет. Из рис. 1.8 видно, что число студентов третичного образования по времени меняется в соответствии с экспоненциальной зависимостью, которая может быть аппроксимирована уравнением (1.20), где время T дано в тысячах лет,

$$N_E = 0,04 \cdot 10^{16(T-1,9)}. \quad (1.20)$$

Если считать, что среднее время обучения студента третичного образования составляет 4 года и он работает в течение 40 лет, то доля специалистов с высшим образованием составляет примерно в 10 раз больше, чем доля студентов среди населения. Соответственно, из рис. 1.8 следует, что к 2030 году более 50% населения мира будет иметь третичное образование, а к 2040-му — порядка 70%.

В развитых странах эта доля будет еще выше. Из-за разброса интеллектуальных способностей людей (25% людей имеет IQ менее 85%), а также по другим причинам, вряд ли эта доля сможет превысить 70%. Таким образом, доля специалистов с высшим образованием приближается к естественному пределу. Тем самым данный важнейший резерв роста человеческого капитала прекратит действовать в течение 20 лет, но отклонение от экспоненциальной зависимости начнется еще раньше.

Тем не менее останется резерв увеличения числа лет обучения, что в силу уравнения образовательной экспоненты (1.19) позволит еще длительное время ис-

¹⁷³ Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. 2006.

¹⁷⁴ Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>

¹⁷⁵ UIS UNESCO. International Standard Classification of Education. 2013. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-ru.pdf>.

пользовать ресурс высшего образования для роста человеческого капитала и ВВП стран.

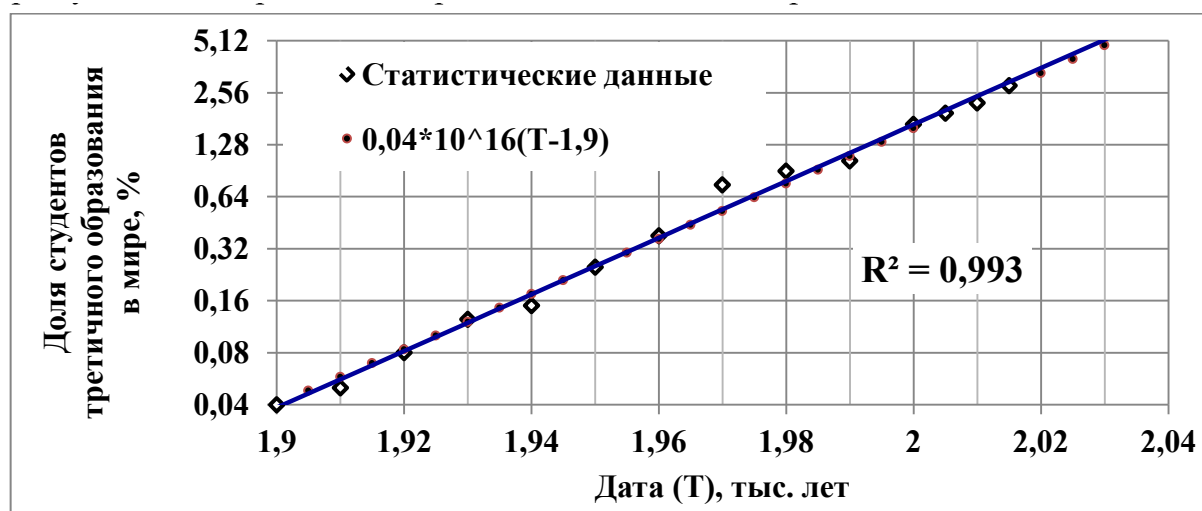


Рис. 1.8. Доля студентов третичного образования в мире, %

1.3.6. Вклад науки в человеческий капитал

Еще одним важным резервом человеческого капитала, согласно таблице 1.2, являются работники в сфере НИОКР или R&D. Вклад в ВВП специалистов данной сферы также может быть корректно учтен с помощью выражения (1.19) с учетом того, что они имеют уровень образования примерно на 6 лет больше, чем те, кто имеет высшее образование (рис. 1.6).

Согласно имеющимся данным^{176, 177}, с XVII века число ученых N_s удваивается каждые 10–15 лет. Соответствующая зависимость в аналитическом виде может быть представлена формулой (1.21).

$$N_s = 10^{(T-1650)/50}. \quad (1.21)$$

Но такая зависимость в прошлом недостаточно адекватна, поскольку тогда ко времени учреждения во Франции академии наук в 1666 году в мире было всего два ученых. Наличие античной науки и науки эпохи Возрождения также не согласуется с формулой (1.21). Видимо, такая несогласованность возникает в связи с раз-

¹⁷⁶ Советский энциклопедический словарь. М., 1987.

¹⁷⁷ Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». <http://biofile.ru/his/2038.html>

личным пониманием того, кого следует считать учеными. В настоящее время к их числу относят специалистов, занятых исследованиями и разработками, — R&D.

Если отталкиваться от выражений (1.15), (1.16), характеризующих объем знаний человечества, и предположить, что именно те специалисты, которые создают знание и являются учеными, то несложно вывести формулу для числа R&D-специалистов от времени. Если ограничиться периодом времени не далее настоящего, то за счет того, что создавать знания начинают люди примерно в возрасте 25 лет, можно модифицировать формулу (1.15), представив ее в виде (1.22), где $T_2 = 2050$:

$$Z \approx 2,25 \cdot 10^9 / (T_2 - T)^{1,25}. \quad (1.22)$$

В таком виде формула корректна примерно до 2020 года. Если считать, что существует закономерная связь между числом ученых и конструкторов и созданием нового знания, то можно сделать оценки величины числа N_s . Годовой прирост знания ΔZ можно оценить, продифференцировав уравнение (1.22). В этом случае дифференциальное уравнение для числа R&D-специалистов будет иметь вид (1.23):

$$dZ(T)/dT = K/(T_2 - T)^{2,25}. \quad (1.23)$$

Как было отмечено выше, производительность создания знаний возрастает более быстро, чем число людей (1.1) пропорционально гиперболе в степени 0,25, следовательно, при определении числа ученых необходимо скорректировать формулу (1.23) на рост производительности труда и мы получим выражение для роста числа R&D-работников во времени (1.24)¹⁷⁸, где $A = 16 \cdot 10^9$:

$$N_s = A/(T_2 - T)^2. \quad (1.24)$$

На рис. 1.9 приведено сравнение зависимостей (1.21) и (1.24), а также существующих данных о числе ученых.

Согласно выражению (1.24), во время Возрождения в мире было 60 тысяч R&D-специалистов, в Античности — около 3000, во времена древнего Егип-

¹⁷⁸ Prichina O., Orekhov V.D., Shchennikova E.S. World Number of Scientists in Dynamic Simulation for the Past and the Future. Economic and Social Development Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. С. 69–81.

та — 600, в мегалитическую эпоху ~ 100. Представляется, что такое число R&D-специалистов лучше соответствует сложности создаваемых в те времена сооружений и изделий, чем согласно экспоненте (1.21). Видно, что в настоящее время согласно экспоненте (1.24) число R&D-специалистов должно быть примерно вдвое больше, чем есть в реальности¹⁷⁹.

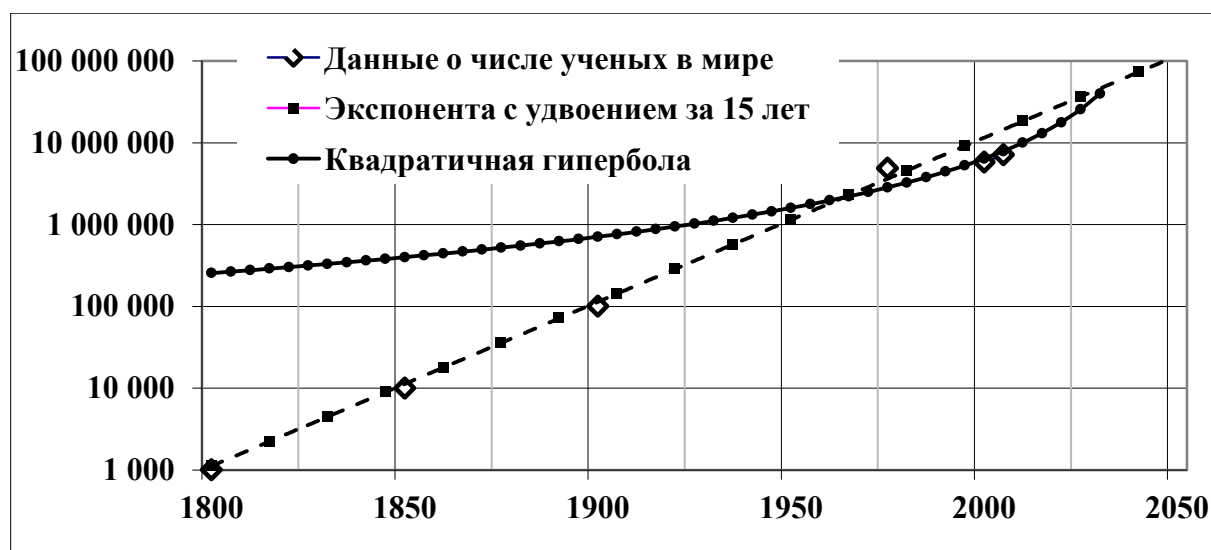


Рис. 1.9. Прогноз количества ученых в мире

Из рис. 1.9 видно, что формула (1.24) при приближении к 2050 году становится неприменимой, поскольку количество ученых растет слишком быстро. Отметим также, что на рис. 1.9 точка, соответствующая 1975 году, лежит выше прогнозов. Причиной этому является то, что в 1975 году в СССР работало большое количество R&D-специалистов, а после распада Союза число ученых в мире резко уменьшилось.

Из сравнения выражений (1.1), (1.24) и (1.17) видно, что число R&D-специалистов в зоне гиперболического роста пропорционально квадрату числа людей и примерно пропорционально величине мирового ВВП.

$$N_s \sim G. \quad (1.25)$$

Это достаточно логично, поскольку ясно, что численность R&D специалистов зависит от возможностей финансирования научной деятельности. С дру-

¹⁷⁹ UNESCO. Press release. # 2009–139. 2009.

гой стороны, увеличение числа R&D-специалистов приводит к увеличению количества знаний и, соответственно, к росту ВВП, поэтому эти две величины взаимозависимы.

Анализ статистики роста ВВП и числа ученых показывает¹⁸⁰, что действительно эти две величины по порядку величины пропорциональны друг другу, хотя локально (1995–2010 гг.) отношение N_s/G несколько уменьшается и на 2017 год составляет 76 специалистов R&D на млрд долл. 2017 г. ВВП по ППС. Это связано и с уменьшением числа ученых в постсоветских странах и с другими локальными факторами.

Также оказывали влияние на динамику числа ученых конкурентные стратегии развития науки в разных странах. Анализ динамики отношения N_s/G с 1995 по 2017 год показал, что в США оно остается на стабильном среднемировом уровне. В Китае произошло снижение до среднемирового уровня. В России этот показатель длительное время снижался и сейчас примерно в полтора раза выше среднемирового уровня — 109 чел./млрд долл. Несколько снизилось N_s/G в Японии — до 126 чел./млрд долл. Продолжает расти N_s/G только в Южной Корее, где он достиг 193 чел./млрд долл. и превышает уровень США более чем в 2 раза.

1.3.7. Сопоставление образовательных компонент ЧК

Еще один резерв человеческого капитала, который перестает давать прирост, — численность грамотных людей. Поскольку до демографического перехода число людей росло в соответствии с зависимостью (1.1), то важно наблюдать картину изменений в координатах, соответствующих природе этого процесса. Из формулы (1.1) следует, что такой естественной системой координат по времени для периода гиперболического роста численности человечества является логарифмическая с сингулярностью в момент $T_1 \approx 2025$ год. Если выбрать шаг сетки в такой системе координат равным 0,15 и округлить положение точки сингуляр-

¹⁸⁰ Prichina O., Orekhov V.D., Shchennikova E.S. World Number of Scientists in Dynamic Simulation for the Past and the Future. Economic and Social Development Book of Proceedings. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. С. 69–81.

ности — $T_1 = 2020$ год, то мы получим систему дат, близкую к датам технологических революций^{181, 182}.

Если представить относительный уровень грамотности (N_e/N_w) в мире¹⁸³ в двойной логарифмической системе координат, где по оси абсцисс отложены даты в логарифмической системе с сингулярностью в 2020 году, то данная зависимость будет иметь вид прямой, которая представлена на рис. 1.10. Поскольку в настоящее время уровень грамотности в мире составляет около 90%, то этот резерв повышения ЧК вскоре будет исчерпан.

Полученные выше данные о числе специалистов, имеющих различный образовательный уровень, можно представить на том же рис. 1.10 в виде единой зависимости, которая дает представление об относительной доле людей, имеющих третичное образование — $Lg(N_t/N_w)$, R&D-специалистов — $Lg(N_s/N_w)$ и грамотных — $Lg(N_e/N_w)$.

Для вычисления величины N_t использовались данные о численности студентов (рис. 1.8). С учетом того, что срок получения третичного образования составляет примерно четыре года (от 2 до 7), а время трудовой деятельности — 40 лет, то было принято, что число специалистов с третичным образованием в 10 раз больше, чем число студентов за 20 лет до этой даты.

При такой оценке в 2015 году доля специалистов с третичным образованием, по отношению ко всему населению Земли, составляет примерно 14,4%. Если пересчитать эту величину на количество людей в трудоспособном возрасте с коэффициентом 2, то доля людей, имеющих третичное образование, составит 28,8%. Для стран G20 в 2017 году, по данным (OECD, 2018), эта величина составляет 29,8%.

Как видно из рис. 1.10, с 1600 года число специалистов, имеющих третичное образование, выросло примерно в 1000 раз. Именно эта компонента образования вносила в этот период наибольший вклад в рост человеческого капитала.

¹⁸¹ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. — 210 с.

¹⁸² Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. 1925. Т. I. Вып. 1.

¹⁸³ Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М., 2005.

Развитию высшего образования способствовало распространение книгопечатания¹⁸⁴ в XV веке. Количество грамотных людей за это же время выросло примерно в 10 раз, а ученых — в 20.

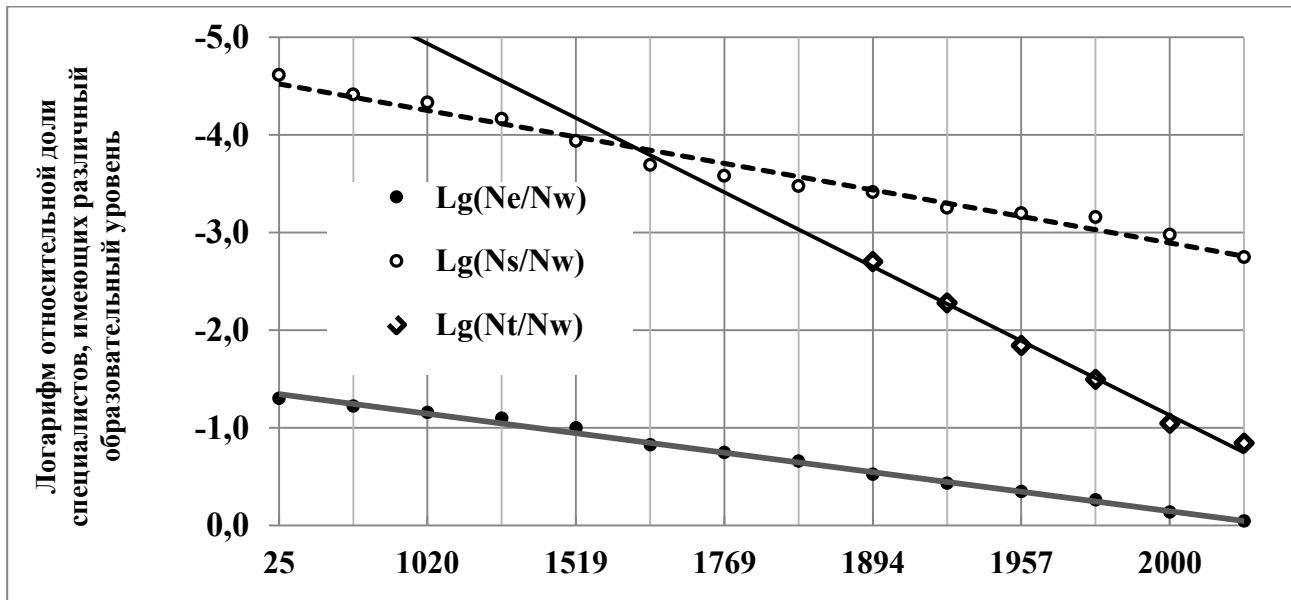


Рис. 1.10. Динамика образовательных факторов роста ЧК

К настоящему времени резервы роста грамотности практически исчерпаны. Высшее образование в развитых странах также в значительной мере исчерпало резерв роста числа людей, имеющих третичное образование, но при этом увеличивается продолжительность обучения. Развивающиеся страны сейчас наиболее активно используют данный ресурс роста ЧК. Одним из наиболее значимых ресурсов роста ЧК в дальнейшем будет наука, но ее резервы достаточно ограничены в силу высокой стоимости научных исследований. Также широко будет использоваться резерв пожизненного обучения специалистов, поскольку первоначальное высшее образование достаточно быстро устаревает и его нужно восстанавливать за счет мощных образовательных программ для взрослых людей.

¹⁸⁴ Sotheby. Principia Typographica. — L., 1858.

1.4. Индикативная диагностика образовательной компоненты человеческого капитала на основе математического моделирования

Человеческий капитал (ЧК) в современную эпоху стал ключевым фактором производства¹⁸⁵. Страны, имеющие высокий уровень ЧК, быстро развиваются и обеспечивают своему населению высокий уровень благосостояния. Поэтому очень важно знать, как ЧК влияет на рост богатства общества и как можно эффективно увеличить его капитализацию.

Для многих исследований в отношении оценок ЧК и результатов его функционирования присуща асимметрия в отношении позиций заинтересованных сторон. Она происходит в результате ориентации авторов, прежде всего на целевые установки работника и его родителей, работодателей, институтов общества, профессиональных сообществ или государства. Вследствие влияния этих позиций на оценки уровня и компонент ЧК оценка человеческого капитала, как важнейшего фактора экономической динамики, происходит несопряженно и разновекторно по своим целевым, структурным, а также инструментально-методическим факторам реализации.

В этой связи актуализируется практическая и научная потребность в индикативной диагностике вклада человеческого капитала в экономическое развитие, которая имеет минимальную асимметрию целей заинтересованных сторон и позволяет делать прогнозы экономической динамики в зависимости от образовательных характеристик человеческого капитала.

Использование индикативной диагностики образовательной составляющей ЧК как ключевого фактора экономической динамики позволяет определять долю вклада в ВВП специалистов с различными уровнями образования или числом лет образования, а также уровень использования ЧК для генерации ВВП, что важно для повышения эффективности капитализации ЧК.

¹⁸⁵ Нестеров Л., Аширова Г. Национальное богатство и человеческий капитал. Вопросы экономики. 2003 (2):103–110.

Рассмотрение трудовой деятельности с позиции системного подхода^{186, 187} позволяет понять, что кроме целей самого работника, вкладывающего средства, время и усилия в свое образование и желающего получать соответствующую заработную плату¹⁸⁸, есть и спектр других заинтересованных сторон, которые имеют собственные цели, влияющие на формирование и производительность компонент ЧК.

Работодателю требуется высокая производительность труда и получение прибыли от производства. Обществу необходим рост ВВП/Д, высокая производительность труда и социальная стабильность. Многие люди не хотят или не могут работать. Но их нужно обеспечивать средствами существования для сохранения стабильности общества. В целом происходит конкуренция за результаты труда. И это делает спорными ряд предположений, применяемых при расчете величины ЧК.

Базовой для построения индикативной диагностики является зависимость результатов производительной деятельности от квалификации работников, важнейшим показателем которой является число лет образования. В соответствии с известной функцией заработка J. Mincer¹⁸⁹ заработная плата работника экспоненциально зависит от количества лет обучения — $Y = Y_0 e^{R \cdot E}$. Здесь Y_0 — заработок без образования, R — норма отдачи от образования за один год, E — число лет образования. Кроме формального образования J. Mincer ввел в данную зависимость показатели обучения на работе¹⁹⁰, но это не меняет экспоненциальную зависимость заработка от продолжительности обучения.

Еще одним примером зависимости результатов трудовой деятельности от образования является связь ВВП на душу населения по ППС (J) и со средним

¹⁸⁶ Meadows D.H. (2008) Thinking in Systems: a primer. Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008.

¹⁸⁷ Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. СПб.: Бизнес-пресса, 2000.

¹⁸⁸ Fischer S., Dornbusch R. (1988). Schmalensee. Economics. — 2nd ed, McGraw-Hill.

¹⁸⁹ Mincer J. (1974), Schooling, Experience and Earnings, New York: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.

¹⁹⁰ Berndt E.R. (1991). The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

числом лет образования населения, представленная в работе¹⁹¹ для различных стран. В этом случае статистические данные для работников в возрасте 25–65 лет аппроксимируются экспоненциальной зависимостью $J_E = 438 \cdot 10^{0,2E}$ в международных долларах 2017 года. Вместе с тем используемый показатель среднего числа лет обучения неявно предполагает, что вклад в ВВП обучения на различных образовательных уровнях учитывается с одинаковым весом, что достаточно спорно.

В работе Орехова В.Д.¹⁹² на основе анализа вклада в ВВП работников четырех образовательных уровней было показано, что доли их вклада также описываются экспоненциальным уравнением (1.19) $J_E = K_E \cdot 10^{P \cdot E}$, где $P \approx 0,2$. В этом случае, в отличие от работ Barro, R.J., Lee, J.W., вклады работников разного образовательного уровня существенно различаются.

Приведенные примеры демонстрируют, что результаты труда специалистов, как правило, экспоненциально зависят от продолжительности их образования. Такое сильное влияние продолжительности получения знаний и навыков на результаты труда является важнейшим фактором с точки зрения экономического роста. Поэтому требуется исследовать его более детально с учетом современного состояния крупнейших мировых экономик.

В данной работе исследования проведены в направлении совершенствования методики, оценки влияния временного дрейфа на вклад в ВВП, построения системы индикативной диагностики, которая позволит делать оценку эффективности образования в разных странах.

1.4.1. Цели и задачи

Основная цель работы, представленной в данном разделе, заключается в разработке системы индикативной диагностики образовательной компоненты ЧК,

¹⁹¹ Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.

¹⁹² Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

имеющей минимальную асимметрию целей заинтересованных сторон и представляющей вклад ЧК в развитие экономик различных стран.

Поскольку величиной ВВП состояние общества характеризуется только с экономической стороны, то это также представляет собой асимметрию заинтересованных сторон. Поэтому нацеленность данной работы на определение индикаторов, отражающих образовательное (интеллектуальное) состояние общества, которое является системообразующим в производительной деятельности, имеет большое значение для снижения фактора асимметрии.

Исходными для данной работы, таким образом, являются следующие позиции:

- ориентация на симметричный учет интересов заинтересованных сторон общества, а также использование в качестве одного из основных показателей величины ВВП по ППС (также обозначается буквой — G);
- использование индикаторной модели ЧК, как имеющей минимальные проявления асимметрии заинтересованных сторон;
- формирование математической модели на базе известного факта доминирования ЧК в национальном богатстве большинства крупнейших экономик (исключая богатых сырьевыми ресурсами);
- ключевое значение для роста величины ЧК продолжительности образования;
- предположительно экспоненциальная зависимость вклада специалистов в ВВП от количества лет образования;
- нацеленность на формирование интегральных индикаторов образовательной компоненты ЧК.

В числе задач, которые стоят перед этой работой, отметим следующие:

1. Подтверждение экспоненциальной зависимости вклада работников в ВВП от количества лет образования.
2. Определение доли вклада в ВВП различных по продолжительности обучения групп специалистов в период времени — 2017 г.
3. Увеличение количества рассматриваемых групп работников в зоне среднего образования.
4. Увеличение набора базовых экономик, используемых для определения коэффициентов вклада в ВВП.

5. Оценка погрешности прогнозирования величины ВВП по данным о продолжительности обучения в синхронный период времени, то есть с учетом специалистов, только недавно получивших образование.

6. Определение возможностей применения разрабатываемой модели для характеристики эффективности использования человеческого капитала в различных странах.

Сравнительный анализ, выполненный в работе, охватывает данные 19 экономик (China, United States, European Union 23, India, Japan, United Kingdom, Brazil, Russia, Germany, France, Mexico, Turkey, Indonesia, Italy, Spain, Korea, Rep., Canada, Australia, Israel).

В соответствии с целью работы важным также представляется вопрос проверки других характеристик используемой математической модели.

1.4.2. Методика исследования

Приведенные выше исходные позиции позволяют сформулировать следующую ключевую гипотезу, на основе которой базируется разрабатываемая математическая модель: существует индикатор образовательного человеческого капитала (I_{HC}), связанный с ВВП/Д = G зависимостью (1.26).

$$G/N_c \approx K \cdot I_{\text{HC}}. \quad (1.26)$$

Компоненты ВВП, которые генерируют физический и природный капиталы, входят в формулу (1.26), как добавки, увеличивающие коэффициент K и составляющие для большинства стран (кроме богатых природными ресурсами) ~ 15% его величины¹⁹³.

Вторым основанием разрабатываемой модели является гипотеза о том, что индикатор I_{HC} является аддитивным и может быть вычислен путем суммирования вкладов специалистов с разным уровнем образования (1.27).

$$I_{\text{HC}} = \sum K_i \cdot D_i. \quad (1.27)$$

Здесь D_i — доля каждой группы специалистов в составе трудоспособного населения (в возрасте 25–64 года), а K_i — коэффициенты вклада групп специалистов

¹⁹³ Нестеров Л., Аширова Г. Национальное богатство и человеческий капитал. Вопросы экономики. 2003; (2):103–110.

в ВВП. Нормируем эти коэффициенты к вкладу работников уровня бакалавра (для них $K_i = 1$).

При этом мы вводим предположение о том, что другие компоненты человеческого капитала (демография, здравоохранение и др.) в определенной мере отражаются величиной численности населения — N_c . Другая их часть не будет учтена и увеличит погрешность расчетов. Однако поскольку считается¹⁹⁴, что здоровье в благополучии человека составляет около 10%, а уровень здоровья людей только на ~10% зависит от здравоохранения, то и их вклад в человеческий капитал относительно мал.

1.4.3. Определение коэффициентов вклада работников в ВВП

Для определения коэффициентов вклада специалистов с разным уровнем образования — K_i в ВВП страны применяется следующий алгоритм.

1. Формируются базовые группы крупнейших экономик (стран). Согласно мнению Саймона Кузнеца, именно размер накопленного ЧК определяет возможность удачного применения накопленного передовыми странами опыта.

2. Формируются пять образовательных групп работников (E_i), которые характеризуются длительностью обучения: от неполного среднего образования до специалистов в сфере НИОКР (R&D).

3. Предполагается, что работники каждой образовательной группы вносят определенный количественный вклад в ВВП страны (K_i), который не зависит от страны. Коэффициент K_i , который соответствует уровню бакалавра — $K_4 = 1$.

4. Для каждой страны определяется доля специалистов (D_i) в возрасте 25–64 года, которые относятся к различным образовательным группам.

5. Вычисляется средняя величина индикатора образовательного ЧК — I_{HC} (1.27) для каждой экономики при вариативных коэффициентах K_i (а в дальнейшем при определенных в исследовании коэффициентах K_i).

¹⁹⁴ Кирьянов Д.А., Сухарева Т.Н. Методы оценки человеческого капитала: анализ объективности и достаточности исходных данных // Теория и практика общественного развития. 2011. № 3. С. 337–340.

6. Определяется вариативная прогнозная величина ВВП (G_V) для каждой экономики согласно формуле (1.26), а также ее отношение к реальному ВВП страны (G_C/G_V).

7. Путем вариации коэффициентов K_i определяются те значения, при которых обеспечивается минимальное относительное стандартное отклонение величины G_C/G_V ($\Delta(G_C/G_V)$), а также математическое ожидание данной величины ($M = M(G_C/G_V)$).

8. Проводится анализ комбинаций K_i для разных групп базовых экономик и выбирается наиболее адекватная базовая группа.

9. Определяется вклад в ВВП работников с различным числом лет образования и обобщенная зависимость ВВП от E_i .

Более детально особенности математической модели представлены в следующем разделе.

1.4.4. Параметры исследуемой математической модели

В работе были проанализированы четыре группы базовых экономик:

1. Китай, США, Европейский союз 23 (3 экономики).
2. Китай, США, Европейский союз 23 и композиция из показателей пяти стран: Япония, Бразилия, Мексика, Индонезия, Турция (условно 4 экономики).
3. Китай, США, Европейский союз 23, Япония, Бразилия, Мексика, Индонезия и Турция (8 экономик).
4. Китай, США, Европейский союз 23, Япония, Бразилия, Мексика, Индонезия, Турция, Великобритания, Германия, Франция, Италия, Испания и Канада (14 экономик).

Были рассмотрены уровни образования, представленные в таблице 1.4 согласно международной классификации ISCED 2011¹⁹⁵. Пятый уровень не является образовательным. Он относится непосредственно к научной деятельности. Это связано с тем, что именно научные результаты, а не наличие ученых степеней формируют реальный вклад в ВВП. Нужно отметить, что определенным уровням

¹⁹⁵ UIS UNESCO. International Standard Classification of Education. 2013. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/isced-2011-ru.pdf>.

образования в разных странах соответствует разное количество лет обучения. Поэтому здесь представлены осредненные по странам значения.

Таблица 1.4.

Использованные образовательные уровни работников

Уровень	Международное название уровня	Российское название образовательного уровня	Е, лет обучения	ISCED 2011
E ₁	Below upper secondary education	Неполное среднее	~6	1–2
E ₂	Upper secondary education	Среднее образование	11	3–4
E ₃	Short-cycle tertiary education	Среднее специальное	13	5
E ₄	Tertiary education (bachelor, master)	Высшее образование	16	6, 7
E ₅	R&D-specialist	Научный специалист	22	8

В работе использовались данные о доле специалистов с различной продолжительностью обучения¹⁹⁶; данные о количестве специалистов в сфере НИОКР¹⁹⁷; данные о ВВП по ППС разных стран в 2017 году¹⁹⁸. Используемая в работе информация представлена в таблице 1.5.

Информация о доле специалистов с различным уровнем образования — D_i относится к работникам в возрасте 25–64 года. Поэтому количество исследователей также приведено к аналогичной доле населения (~50%), а не ко всей численности населения (здесь N_c — численность населения стран). Величина ВВП (G_c) для каждой страны приведена к международным долларам 2017 года согласно данным World Bank¹⁹⁹. Данные по России, Индии и Южной Корее при оптимизации коэф-

¹⁹⁶ OECD.Stat. (2018). Educational attainment and labor-force status. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EAG_NEAC

¹⁹⁷ Researchers in R & D. Indicator. Worldbank, (2015). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?view=chart>

¹⁹⁸ Indicators. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org/indicator>

¹⁹⁹ Deflator. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org>

фициентов K_i не использовались, поскольку, согласно результатам предыдущих исследований²⁰⁰, они дают заметно выпадающие результаты.

Таблица 1.5.

Использованные данные по вкладу образования в ВВП

Страна	Код	G_C , \$	D_1 , %	D_2 , %	D_3 , %	D_4 , %	D_5 , %	N_C , млн	E_{ef} , лет	C_{nc}
ЕС 23	EUU	20986	18,7	46,3	5,4	28,9	0,70	510	10	0,95
США	USA	19391	8,5	44,3	10,9	35,5	0,85	326,5	12,7	1,07
Китай	CHN	23301	53,4	30	10,1	6,5	0,24	1388	3,8	1,01
Япония	JPN	5487		48,6	21,2	30,2	1,05	126,0	13,6	0,88
Бразилия	BRA	3241	51,1	34,1		14,8	0,14	211,2	4,0	0,80
Турция	TUR	2140	60,7	19,3	5,5	14,5	0,23	80,4	4,9	1,30
Мексика	MEX	2358	62,3	20,2	0,5	16,9	0,05	130,2	4,2	0,94
Индонезия	IDN	3243	62,1	26	2,8	9,1	0,02	263,5	2,6	1,04
Германия	DEU	4187	12,6	57,9	0,5	28,1	0,89	80,6	9,9	1,18
Великобритания	GBR	2857	18,0	35,4	10	35,7	0,89	65,5	12,7	0,79
Франция	FRA	2857	20,8	43,2	14,2	21	0,83	64,9	9,8	1,02
Италия	ITA	2387	38,7	42,2		18,7	0,40	59,8	5,9	1,52
Испания	ESP	1770	40,4	22,7	11,2	25,2	0,53	46,1	9,2	0,95
Канада	CAN	1714	8,0	34,4	25,5	31,2	0,90	36,6	13,8	0,81

Для Китая отсутствуют данные OECD об уровнях образования населения после 2010 г. Согласно данным О.М. Карпенко²⁰¹, в 2005 году в Китае число студентов третичного образования (6–7-й уровень согласно ISCED 2011²⁰²) составляло 10,8 млн чел. Данные по суммарному числу студентов третичного образования

²⁰⁰ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

²⁰¹ Карпенко О.М., Бершадская М.Д., Вознесенская Ю.А. Показатели уровня образования населения в странах мира: анализ данных международной статистики. // Социология образования, 2008, № 6. С. 4–20. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly>

²⁰² UIS UNESCO. International Standard Classification of Education. 2013.

неоднозначны. Так, согласно данным ВШЭ²⁰³, в 2011 г. третичное образование имели 29,3 млн чел., а согласно другой работе²⁰⁴ в 2016 году число студентов — 28,9 млн чел., хотя рост числа студентов после 2011 года составлял 0,8 млн в год.

Оценка динамики числа специалистов с третичным образованием в Китае была выполнена с использованием модели линейного роста. Согласно ей, в 2017 году в Китае было 10,1% работников с третичным образованием уровня 5 и 6,5% — с уровнем 6–7²⁰⁵.

Согласно результатам предыдущих исследований²⁰⁶, вклад работника с высшим образованием ($K_4 = 1$, $E = 16$ лет) в ВВП страны составляет $J_4 = 137 \cdot 10^{E/5} = 137 \cdot 10^{3,2} \approx 218\,000$ долл. 2017 г. за год (1.28).

$$J_4 = 218\,000 \text{ долл. в год} \quad (1.28)$$

Значение (1.28) было использовано в качестве начального для расчетов, в результате которых для каждой страны вычислялось вариативное значение ВВП с применением формулы (1.29).

$$G_V = 0,5 \cdot J_4 \cdot I_{HC} \cdot N_C. \quad (1.29)$$

Коэффициент 0,5 использован для того, чтобы в первом приближении учесть, что около 50% населения страны не вносит вклад в ВВП. Можно было бы использовать более точное значение данного коэффициента, например, учесть долю трудоспособного населения. Но тогда нужно было бы учитывать безработных и людей с неполной занятостью и т. д. Известно, что в странах с большой долей трудоспособного населения зачастую много безработных. Поэтому решено не усложнять расчетную схему и все отклонения от 50% относить к индивидуальным особенностям стран.

²⁰³ Альтбах Ф., Андрущак Г., Кузьминов Я., Юдкевич М., Райсберг Л. (2013) Будущее высшего образования и академической профессии: страны БРИК и США. Высшая школа экономики; Москва.

²⁰⁴ Донецкая С.С., Цзи Цяньнань. Реформирование системы высшего образования в Китае: современные итоги // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 12. С. 79–92.

²⁰⁵ Orekhov V.D., Prichina O.S., et al. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. *Opción*, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337–2365.

²⁰⁶ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

Затем для каждой экономики определялось отношение G_C/G_V . Вслед за этим производился поиск значений K_i , обеспечивающих минимизацию относительного стандартного отклонения $\Delta(G_C/G_V)$ для всей группы базовых экономик. Кроме того, определялось значение математического ожидания $M = M(G_C/G_V)$. Аналогичные вычисления осуществлялись для каждой из групп базовых экономик.

1.4.5. Результаты оценки вклада в ВВП разных уровней образования

В результате проведенных вычислений были определены оптимальные значения коэффициентов K_i для исследованных групп экономик, которые представлены в левой части таблицы 1.6. Чтобы применить расчетные значения K_i для прогнозирования величины ВВП (G_p), используем выражение (1.30), а также то, что $G_C/G_V \approx M$ и, следовательно,

$$G_p \approx G_C \approx G_V \cdot M = 0,5 \cdot J_4 \cdot (I_{HC} \cdot M) \cdot N_C. \quad (1.30)$$

Так как математическое ожидание (M) не одинаково для разных групп экономик, то из (1.30) видно, что для сравнения величины вклада в ВВП по результатам разных групп экономик важны не сами значения K_i , а их произведения с математическим ожиданием $K_i \cdot M$, значения которых даны в правой части таблицы 1.6.

Таблица 1.6.

Результаты расчета коэффициентов вклада образования в ВВП

	Число экономик				Среднее		Число экономик				Среднее
	3	4	8	14			3	4	8	14	
M	0,320	0,488	0,897	0,892	0,65	$\Delta(G_C/G_V)$	8,2%	6,5%	15,2%	14,3%	11,0
K_1	0,05	0,04	0,002	0,04	0,033	$K_1 \cdot M$	0,016	0,020	0,002	0,036	0,02
K_2	0,025	0,050	0,025	0,22	0,08	$K_2 \cdot M$	0,008	0,024	0,022	0,196	0,06
K_3	0,50	0,520	0,58	0,03	0,41	$K_3 \cdot M$	0,158	0,254	0,520	0,027	0,24
K_4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	$K_4 \cdot M$	0,316	0,488	0,897	0,892	0,65
K_5	140	70,0	16,0	12,0	60	$K_5 \cdot M$	44,2	34,2	14,4	10,7	25,9

Значения произведения $K_i \cdot M$, характеризующего величину вклада различных образовательных групп и экономик в ВВП, графически представлены на рис. 1.11. Пунктиром представлен экспоненциальный тренд для варианта 8 экономик

($R^2 = 0,95$), а сплошной линией — приблизительно осредненная зависимость для всех вариантов. Видно, что они расходятся в области минимальных сроков обучения.

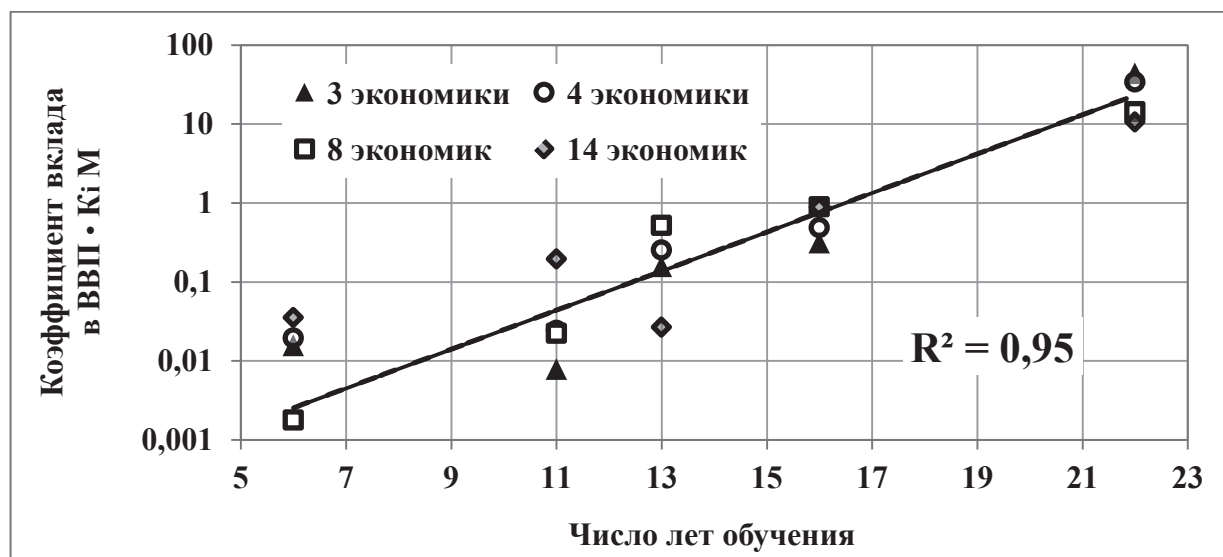


Рис. 1.11. Коэффициенты вклада образования в ВВП ($K_i \cdot M$)

Чтобы перевести полученные значения произведения $K_i \cdot M$ в размерную величину вклада в ВВП страны специалистов различных уровней, их нужно умножить на указанный выше коэффициент J_4 (1.28). Соответствующие значения вклада в ВВП в международных долларах 2017 года даны в таблице 1.7. Построенный по данным значениям график для 8 экономик приведен на рис. 1.12. Экспонента, аппроксимирующая точки на рис. 1.12, аналогична выражению (1.19), причем здесь имеют место значения $K_E = 20,5$, а $P = 0,246$ (1.31).

$$J_E = 20,5 \cdot 10^{0,246 E}. \quad (1.31)$$

Таблица 1.7.

Вклад в ВВП работников с различным уровнем образования

Образовательная группа	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
Образование, лет	6	11	13	16	22
Коэффициенты вклада в ВВП — $K_i \cdot M$	0,0018	0,0224	0,520	0,897	14,36
Вклад в ВВП по ППС, тыс. долл.	0,39	4,89	113,5	195,6	3 130

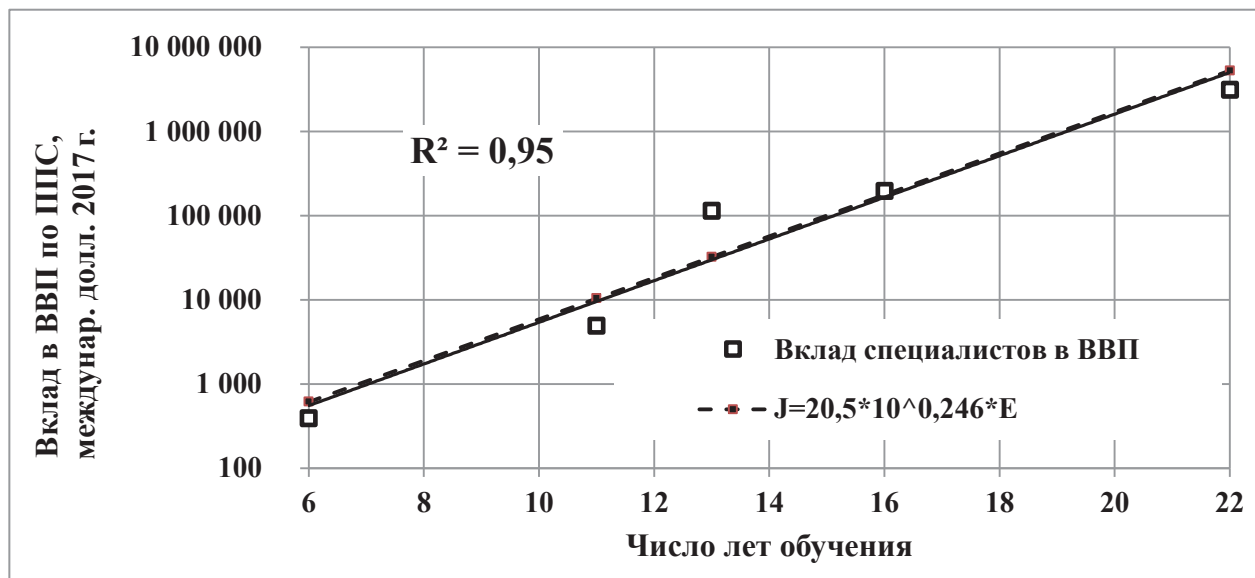


Рис. 1.12. Вклад в ВВП работников с различным образованием для 8 экономик

Указанное выше отклонение от экспоненты в группах среднего образования (рис. 1.11) нужно рассматривать с учетом ограниченного числа базовых экономик, которые уместно привлекать к рассмотрению. Это ведет к проявлению характерных особенностей различных стран. Так, в варианте 3 экономик это проявляется в относительно малом вкладе в ВВП полного среднего образования. Можно предположить, на уровне гипотезы, что это происходит вследствие того, что в Китае, где много работников с неполным средним образованием, удалось организовать эффективную работу этих специалистов, используя факторы высокой трудовой нагрузки и догоняющего развития. С другой стороны, в ЕС и США при наличии большого количества специалистов, имеющих высшее образование, работники с полным средним образованием, вероятно, используются примерно так же эффективно, как те, у кого имеется незаконченное среднее образование. В результате этого проявляется несоответствие в эффективности использования в трех крупнейших экономиках различных групп работников со средним образованием.

Вариант 14 экономик, в котором значителен вес средних по размеру развитых стран, показывает, что краткосрочное третичное образование (13 лет обучения) является недостаточно эффективным в сравнении с многочисленным и качественным полным средним образованием. Поскольку вес коэффициентов $K_i \cdot M$

в этих группах образования относительно мал по величине, то и на ВВП развитых стран они влияют относительно слабо. Поэтому погрешность расчетов этих коэффициентов достаточно велика.

Отметим также дифференциацию по вкладу НИОКР (22 года обучения) в вариантах 3–4 и 8–14 экономик. В них коэффициенты вклада в НИОКР различаются примерно в три раза (рис. 1.11 и таблица 1.6). Вероятно, это соответствует соотношению мощности научных школ в разных группах экономик, а соответственно, и вкладу науки в ВВП²⁰⁷.

На рис. 1.13 приведено сравнение исследований, выполненных по данным за 2011²⁰⁸ и за 2017 годы для четырех экономик (Китай, США, Европейский союз 23 и пять стран суммарно). Результаты, полученные по данным за разные годы, в основном хорошо согласованы. Несколько хуже согласование для среднего образования. Однако это в большей мере проявляется в составе данных за 2017 год, где коэффициент детерминации ($R^2 = 0,91$) значительно ниже, чем по данным за 2011 год ($R^2 = 0,99$). Это является следствием дифференциации в 2017 году среднего образования на полное общее и профессиональное. В результате выявлен тот факт, что полное среднее образование практически не дает роста вклада в ВВП по сравнению с незаконченным средним.

Для использования в дальнейшем полученных результатов необходимо выбрать наилучший вариант сочетания базовых экономик. Как видно из рис. 1.11, а также проведенного выше анализа, варианты 3–4 и 14 экономик имеют значительную специфику, которая отличается от средних закономерностей. Наиболее адекватным является вариант 8 экономик. Он в наибольшей мере лишен ориентации на малое число крупнейших экономик, а также достаточно большого числа небольших развитых экономик. Положительным также является то, что значения

²⁰⁷ Shinkareva O., Orekhov V., Soloduha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

²⁰⁸ Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с.

коэффициентов $K_i \cdot M$ для данного варианта хорошо аппроксимируются экспоненциальной зависимостью, для которой коэффициент детерминации $R^2 = 0,95$.

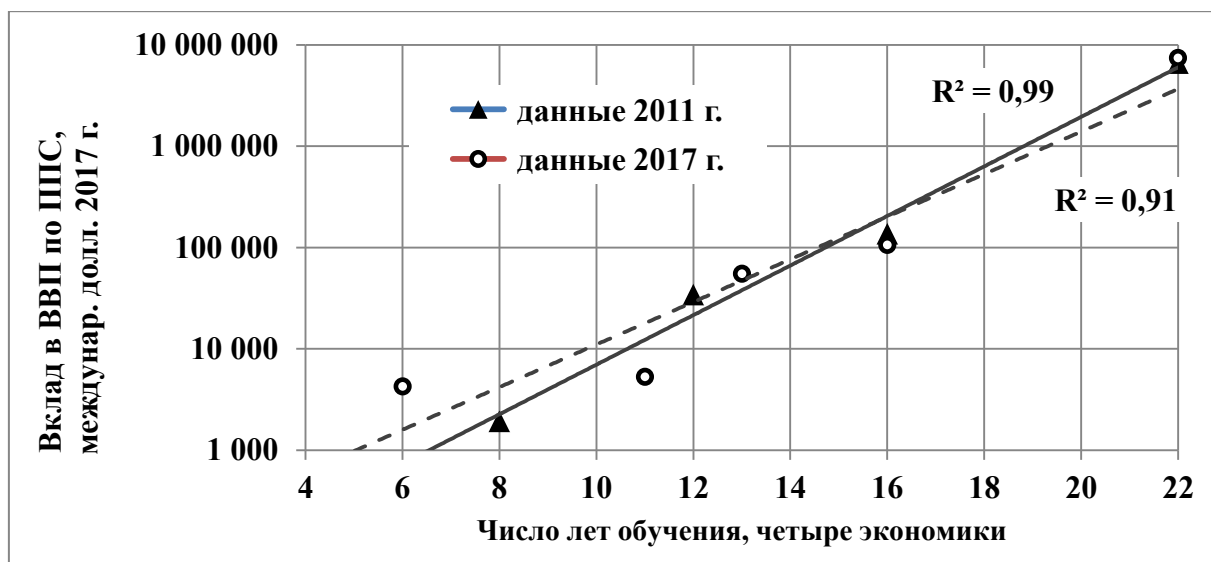


Рис. 1.13. Вклад работников в ВВП для 4 экономик, данные 2011 и 2017 гг.

Вклад в ВВП специалистов с высшим образованием (уровни 6, 7 ISCED 2011) для варианта 8 экономик составил $J_4 = 195,6$ тыс. долл. Это меньше предыдущих результатов на 11% (1.28), что относительно немного с учетом того, что последние исследования проведены в условиях, значительно отличающихся от предыдущих. При этом наблюдаемая отдача от образования в течение года выше, чем в предыдущих исследованиях, и равна $10^{0,246} - 1 \approx 76,2\%$. Если взять в качестве базовых коэффициенты вклада в ВВП для разного числа экономик, то значения относительного стандартного отклонения $\Delta(G_c/G_v)$ для 8 экономик равны 15%, для трех крупнейших экономик — 6,3% и для 14 экономик — 21%.

1.4.6. Влияние образования на вклад в ВВП разных стран

Полученные значения $M \cdot K_i$ позволяют определить суммарные показатели влияния образовательных характеристик в их вклад в ВВП. В качестве одного показателя можно использовать произведение $M \cdot I_{HC}$ (1.27), а в качестве другого — отношение G_c/G_p (реальный ВВП стран в 2017 году по отношению к расчетной величине, в соответствии с определенными выше значениями $M \cdot K_i$).

Первый из показателей характеризует эффективный (с точки зрения генерации ВВП) уровень образовательного человеческого капитала работников страны в соответствии со средними значениями коэффициентов вклада в ВВП (для 8 экономик). Он оценивает исключительно образовательную компоненту и не ориентирован на учет индивидуальных особенностей страны.

Второй из показателей отражает индивидуальную для каждой страны эффективность конверсии в ВВП образовательного ЧК. Определяется он по отношению к расчетному (осредненному) параметру (G_p), который позволяет вычислить первый показатель.

Для удобства применения эффективный уровень образования представим в виде эффективного количества лет обучения специалистов — E_{ef} . Для этого нужно выбрать коэффициент перехода от произведения $M \cdot I_{HC}$ к E_{ef} . Если этот коэффициент принять равным 25 (1.32), то эффективное число лет обучения и осредненное среднее будут примерно равными для крупнейшей развитой экономики (США), что удобно в качестве ориентира.

$$E_{ef} = 25 \cdot M \cdot I_{HC}. \quad (1.32)$$

Значения E_{ef} для рассмотренных стран приведены в предпоследнем столбце таблицы 1.5, а для России и стран, не вошедших в нее, в таблице 1.8. На рис. 1.14 приведено сравнение средней арифметической (E_m — пунктир) и эффективной (E_{ef}) продолжительности обучения для девятнадцати экономик, представленных в таблицах 1.5, 1.8.

Таблица 1.8.

Вклад образования в ВВП стран, не вошедших в таблицу 1.5

Страна	Код	G_c , \$	D_1 , %	D_2 , %	D_3 , %	D_4 , %	D_5 , %	N_c , млн	E_{ef} , лет	C_{HC}
Индия	IND	9449	71,3	18,1	0,8	9,8	0,043	1342	2,6	0,62
Россия	RUS	3817	5,4	40,9	25,1	28	0,626	143,4	12,0	0,51
Южная Корея	KOR	1973	11,0	39,9	13,5	34,2	1,417	50,7	14,7	0,60
Австралия	AUS	1192	18,1	35,6	11,5	33,9	0,906	24,6	12,6	0,88
Израиль	ISR	333	10,9	36,5	14,3	36,6	1,651	8,3	16,2	0,56

Черным цветом обозначены точки для следующих стран: Китай, Европейский союз, Россия, США и Израиль (последовательно, слева направо).

Видно, что эффективное значение числа лет обучения значительно отличается от среднего арифметического. Для образования менее 12 лет эффективные значения получаются меньше средних. Линейная зависимость между эффективным и средним значениями лет обучения имеет вид (1.33); $R^2 = 0,95$.

$$E_{ef} = 2,6 \cdot (E_m - 7,4). \quad (1.33)$$

Из формулы (1.33) следует, что если среднее число лет обучения менее 7,4, то эффективное значение E_{ef} близко к нулевому. Конечно, этот вывод является приближенным, но он отражает тот факт, что работники с низким уровнем обучения вносят, как правило, малый вклад в ВВП, что соответствует данным рис. 1.13.

Отношение $G_c/G_p = C_{HC}$ реального ВВП стран к расчетной величине (1.30) можно назвать коэффициентом конверсии образовательного человеческого капитала, который характеризуется величиной I_{HC} или E_{ef} , в валовый внутренний продукт, согласно формуле (1.34).

$$C_{HC} = G_c/G_p = (G_c/N_c)/(4370 \cdot E_{ef}). \quad (1.34)$$

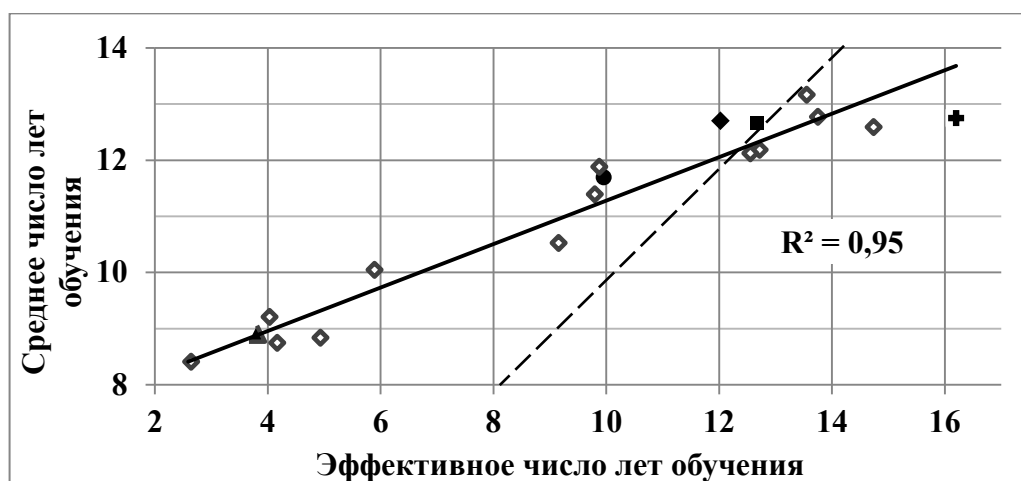


Рис. 1.14. Сравнение эффективного и среднего числа лет обучения

Из выражения (1.34) видно, что коэффициент конверсии равен отношению ВВП/Д к величине, характеризующей образовательный ЧК (E_{ef}). Значения коэффициента конверсии ЧК — C_{HC} приведены в таблицах 1.5, 1.8. Лидерами по этому

показателю являются: Италия (1,52), Турция (1,3), Германия (1,18) и США (1,07). Относительно низкие показатели имеют Канада (0,81), Бразилия (0,8) и Великобритания (0,79). Среди стран, не включенных в таблицу 1.8, можно заметить такие, которые имеют высокий E_{ef} , определенный согласно формулам (1.32, 1.33). Среди них: Израиль, Южная Корея и Россия. Но у них низкий коэффициент конверсии ЧК: $C_{HC} = 0,5-0,6$. Это может рассматриваться как потенциальный резерв роста ЧК. Распределение характеристик изученных экономик в индикативной плоскости $E_{ef} — C_{HC}$ дано на рис. 1.15.

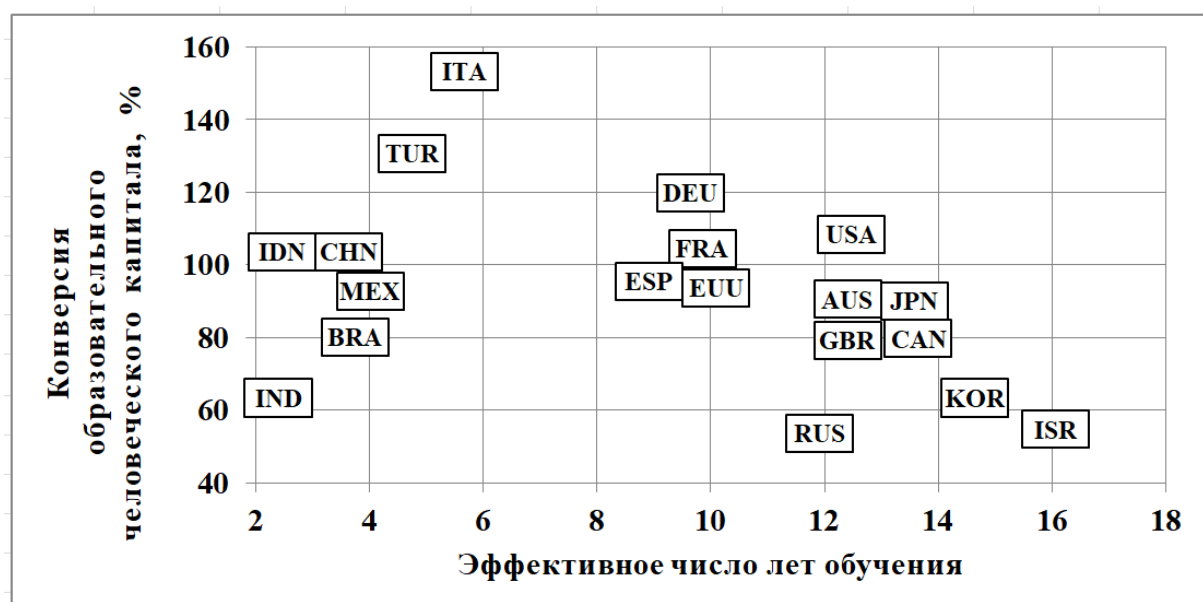


Рис. 1.15. Эффективный уровень образования и коэффициент конверсии в ВВП

Хотя для ряда крупнейших экономик (CHN, USA, EUU, IDN, JPN, MEX), составляющих 67% мирового ВВП, коэффициент конверсии ЧК — $C_{HC} \approx 100\%$, есть и страны, заметно отклоняющиеся от уровня 100%. Среди них присутствуют страны с высоким уровнем образования (KOR, ISR, RUS, GBR, CAN), географически удаленные от цивилизационного ядра. К ним также можно отнести Индию и Бразилию. Положительное значение коэффициента конверсии ЧК наблюдается для стран, расположенных вблизи центра Европы (Германия, Италия и Турция) и имеющих относительно низкий уровень E_{ef} .

Уравнение (1.31) с учетом влияния коэффициента конверсии может быть преобразовано к виду (1.35)

$$J_E = 20,5 \cdot C_{HC} \cdot 10^{0,246 E}. \quad (1.35)$$

С методической точки зрения принципиально, что среди 8 базовых экономик относительно малую долю имеет коэффициент конверсии, существенно отличный от 100% (Бразилия и Турция). Среднее значение $C_{HC} = 99,8\%$ характерно для группы из 8 экономик, а относительное стандартное отклонение составляет 15,2%. Большую часть отклонения в этом случае создает высокое C_{HC} Турции. Если удалить ее из этой базовой группы, то относительное стандартное отклонение снижается до 10%. А если оптимизировать коэффициенты K_i , то до 8,8%. В данном случае коэффициенты вклада в ВВП изменяются только в отношении науки, для которой $M \cdot K_5$ увеличивается до 18,2.

Сравнительно малое значение относительного стандартного отклонения означает то, что другие погрешности (исключая особенности отдельных экономик) относительно малы. Это подтверждает ключевое предположение о том, что компоненты природного и физического капитала, которые не пропорциональны величине ЧК, малы и формула (1.26) достаточно корректна.

1.5. Организационно-институциональная модель образовательных стратегий на базе теории человеческого капитала

В разделе 1.4 было показано, что вклад специалистов в ВВП страны растет экспоненциально в зависимости от количества лет образования (1.19), (1.31). На этом основании ее предложено называть «Образовательной экспонентой». Таким образом, с ростом образовательного уровня населения ВВП стран возрастает очень быстро. Высокообразованные специалисты вносят существенно больший вклад в ВВП страны, чем менее образованные. Согласно формуле (1.31) каждый год образования увеличивает вклад специалиста в ВВП страны на 76%. При этом рост доходов компании составляет всего порядка

10%^{209, 210}. Соответственно, и дифференциация по заработной плате относительно невелика.

Почему же происходит такое значительное различие между вкладом в ВВП страны и доходами компании? Дело в том, что известные методы расчета ЧК недостаточно учитывают так называемые экстерналии, то есть выгоды, которые получает от инвестиций в ЧК не сам инвестор, а все общество и другие субъекты^{211, 212}. Как оказалось, эти экстерналии могут значительно превышать доходы инвестора в ЧК. Это связано с тем, что внедрение любой инновации или нового продукта дает выгоду не только компании-инноватору, но, прежде всего, ее потребителю, также поставщику комплектующих, сети продаж и даже конкурентам, которые ее в какой-то мере копируют (рис. 1.7).

Оценки экстерналий, выполненные для распределения доходов от инновации «Открытое дистанционное образование», разработчиком которой был Открытый университет Великобритании²¹³, с использованием формулы (1.19), показали, что суммарный доход от инновации за 10 лет обучения составил порядка 1 млрд долл. Российский инноватор «Международный институт менеджмента ЛИНК» вместе с региональной сетью получил примерно 3,7% суммарного дохода от инновации. Последователи инноватора получили 26%, а остальную выгоду получили потребители, а также пенсионные, налоговые и социальные фонды. Потребители крупнейшего последователя инноватора в России (Московский экономико-статистический институт) получили доход порядка 2 млрд долл. Конечно, столь большие экстерналии в образовании — это специфика отрасли, но и в других отрас-

²⁰⁹ Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2013.

²¹⁰ Капелюшников Р. И. Эволюция человеческого капитала в России. Центр гуманитарных технологий. 2015.

²¹¹ Fuente. A., Ciccone A. Human capital in a global and knowledge-based economy. — Final report. European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003 — VI, 114 pp.

²¹² Hanushek E. Publicly Provided Education // Handbook of Public Economics. Amsterdam; Auerbach A. J., Feldstein M., eds. North-Holland, 2002. P. 2045–2141.

²¹³ Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. М.: Наука, 2002.

лях экстерналии могут значительно превышать доходы инноватора. Рассмотрим, с чем это связано.

Если полвека назад главным в инновационном процессе была генерация изобретений, разработка продуктов и их выпуск, то в условиях глобализации приоритеты существенно изменились (рис. 1.16).

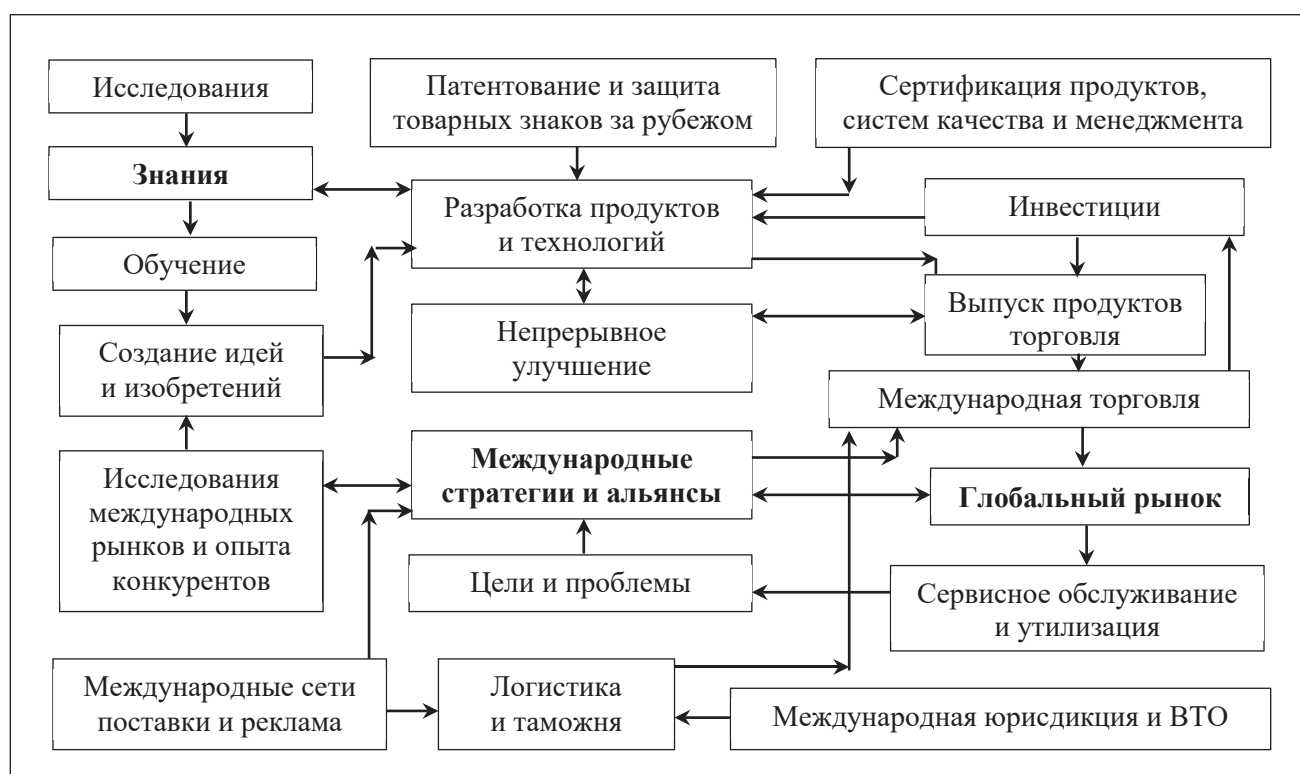


Рис. 1.16. Международный инновационный процесс

Ключевыми аспектами стали: возможность получения доходов с глобального рынка, разработка международных стратегий и альянсов для деятельности на этом рынке, а также генерация знаниевого потенциала, на базе которого создается продукция. Рассмотрим, какие функции выполняет на этом рынке специалист высшей квалификации по передовым технологиям (рис. 1.17).

Кроме собственно должностных обязанностей, его задача заключается в том, чтобы получить доступ к существующим в мире идеям, знаниям и технологиям и внедрить их в своей компании и смежных с ней структурах. Это связано с тем, что, например, в России создается порядка 2-3% мировых технологий, а осталь-

ные создаются в других странах мира. Далее не менее важно вывести разработанные продукты на мировой рынок, который также примерно в 30 раз больше отечественного.

Теперь мы можем вернуться к Образовательной экспоненте (1.19) и с ее помощью сформулировать особенности и преимущества основных стратегий развития человеческого капитала.



Рис. 1.17. Функции специалистов высшей квалификации

Стратегия № 1: сохранение/рост численности населения страны (N_c) или региона. Увеличение человеческого капитала дает возможность стране реализовать крупные передовые проекты и быть способной обеспечивать свою международную безопасность. Однако это не дает возможности непосредственно увеличивать ВВП на душу населения. Данная стратегия весьма актуальна для России, поскольку в настоящее время, с учетом демографических колебаний, существует угроза депопуляции. Как было показано в разделе 1.1, за счет внедрения ряда экономи-

ческих стимулов, например материнского капитала, возможно некоторое повышение рождаемости. Кроме того, Россия имеет возможность увеличения населения за счет миграции из бывших стран СССР.

Стратегия № 2: рост доли специалистов с высшим и средним профессиональным образованием (в РФ этот показатель равен 57%). Существует мнение о том, что Россия — лидер по реализации стратегии № 2, так как 57% граждан имеют профессиональное (третичное) образование (таблица 1.8). Но около половины из них имеют только среднее специальное образование, и в этом Россия проигрывает таким странам, как США, Япония, Великобритания (таблица 1.5). В целом система высшего профессионального образования в России имеет высокий потенциал, обеспеченный тем, что в структуре образования доля инженерных специальностей на сегодняшний день высока и подготовка их проходит в признанных научных школах. Однако затраты на образование в России в отношении к ВВП невысоки (порядка 4% ВВП, что существенно меньше, чем в развитых странах).

Стратегия № 3: рост доли специалистов с высшим образованием. Из числа крупных экономик лидируют по стратегии № 3 США и Великобритания, в которых около 35% граждан имеют высшее образование. В России в последние годы происходит снижение интереса к этой стратегии. Это отчасти связано с неоправданным ростом числа заочных образовательных учреждений высшего образования. Также сказывается то, что лидерство по третичному образованию не отозвалось адекватным повышением ВВП на душу населения. Как видно из рис. 1.15, конверсия образования в ВВП в России одна из минимальных. Также наблюдается отток специалистов с высшим образованием за рубеж.

Стратегия № 4: рост доли специалистов в области НИОКР (R&D). Эта стратегия весьма затратная и требует не только много специалистов в области НИОКР, но и обеспечения их адекватным финансированием. Поэтому ее сложно реализовать развивающимся странам. К тому же попытки нацеливания НИОКР на самообеспечение страны, без выхода на международные рынки, явно неэффективны, поскольку не используют возможности глобального рынка (1.16, 1.17). В последние годы по ряду направлений Россия заняла достойное место

на глобальных рынках: энергоносители, вооружение, ядерные технологии, зерновые продукты и др. Это способствует росту спроса на работу специалистов в области НИОКР.

Стратегия № 5: увеличение отношения ВВП к уровню человеческого капитала за счет снижения межгосударственных барьеров. Стратегия нацелена на реализацию догоняющего развития. Для ее использования необходимо активно создавать международные стратегические альянсы, что, как показывает практика, нашей стране не всегда удается.

Стратегия № 6: увеличение эффективности работы R&D-специалистов в группах за счет улучшения управления человеческими ресурсами. Стратегия нацелена на управление эффективностью работы групп наиболее квалифицированных специалистов, и мы на ней остановимся более подробно.

Проведем мысленный гипотетический эксперимент, базирующийся на формуле образовательной экспоненты. Поскольку формула включает в себя только продолжительность обучения, то она в некоторой степени может работать и для команд специалистов. Если два специалиста работают как команда и каждый имеет уровень образования 22 года, то условный уровень образования команды может быть примерно на 20% выше, чем каждого из них, то есть 26,5 года. Согласно образовательной экспоненте вклад в ВВП такой группы должен быть в восемь раз больше, чем каждого из них, то есть эффективность работы в группе в четыре раза больше, чем каждого из них по отдельности. Для группы из четырех человек повышение вклада каждого может составить порядка 16 раз. Однако данный эффект синергетической деятельности образовательной экспоненты нужно еще реализовать и для этого необходимо использовать конкретные технологии командной деятельности.

Однако опыт зарубежных консультантов показывает, что существуют значительные сложности в реализации такой командной работы специалистов высшей квалификации. Согласно М.Р. Белбину²¹⁴, команды из таких специалистов, как правило, отличаются: слабой коллективной работой, плохой управляемостью,

²¹⁴ Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2009. [пер. с англ.] 2-е изд. — Лондон и др., Квитс.

склонностью к деструктивным дебатам, проявляется сложность принятия решений, несогласованность с действиями коллег.

Тем не менее некоторые группы, в которых инновационная активность специалистов связана с особенностями их социально-психологического климата, добились хороших результатов. Этого достигли за счет особой внутриорганизационной комплектации групп:

- тщательный анализ личных качеств членов групп;
- исключение «трудных людей»;
- отсутствие явно доминирующих лиц, за исключением «Председателя»;
- минимум лиц с высокой агрессивностью и развитым критическим мышлением.

Следует отметить, что парадигма современного образования нацелена на оценивание учеников с точки зрения первенства в учебе. Им ставится цель выиграть, а не работать совместно. Чрезмерная нацеленность на первенство в группе выливается в бессознательное обучение антикомандной работе.

Сверхзадача современного образования заключается в том, чтобы использовать такие формы практической и учебной деятельности, которые одновременно формируют университетскую среду, направленную на развитие внутреннего предпринимательства учащегося, и инновационную культуру согласованной командной работы, направленную на развитие способностей студентов.

Другой аспект работы высококвалифицированных специалистов отмечен в работе Нонака И. и Такеучи Х. «Для того чтобы получить исходный материал — догадки и ощущения, компания, создающая знание, нуждается в разнообразных талантах своих сотрудников. Это разнообразие стимулирует разнообразие информации, являющееся одним из неотъемлемых организационных условий создания знания»²¹⁵. Данное утверждение свидетельствует о том, что именно разнообразие неявных знаний членов команды (аналог числа лет обучения) способствует дополнительному вкладу в совместную сокровищницу знаний и навыков команды.

²¹⁵ Nonaka, I., Takeuchi, H. The Knowledge-creating company: How japenese create the dynamice of innovation, Oxford University Press, 1995 (Русс. пер. Нонака И., Такеучи Х. Компания — создатель знания. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003).

Задача специалиста по управлению человеческими ресурсами заключается в том, чтобы использовать такие формы практической и учебной деятельности, которые формируют культуру согласованной командной работы. Одним из таких инструментов могут служить формы активного обучения, использующие групповую работу²¹⁶. Процесс обучения, в соответствии с этой технологией, нацелен на две основные задачи: научить членов группы успешно взаимодействовать и принимать групповые решения, а также использовать на практике изученные концепции программы. Каждый день таких занятий включает в себя 3–5 циклов групповой работы, а всего за программу слушатели проходят 50–150 таких циклов, причем в разных по составу группах. При этом вырабатываются навыки и культура быстрого формирования рабочей обстановки в группе и работы по решению практической проблемной ситуации. В нашей стране такое обучение прошли уже более 80 тысяч руководителей, в том числе и из сферы науки. Таким образом, освоение специалистами методов командной работы вполне достижимо и технологии такого изменения культуры творческой работы успешно действуют.

В заключение приведем слова Г.Б. Клейнера, который акцентирует внимание на том, что «в экономике знаний мы уже не сможем рассматривать конкуренцию как главенствующий способ взаимоотношений между предприятиями. Сочетание конкуренции и кооперации, сочетание сотрудничества и соперничества — это принципиально новый момент, на который я хотел бы обратить внимание... Конкуренция — лишь одна сторона медали. Да, конкуренция важна, но не всеобъемлюща. Без кооперации, так же как и без конкуренции, невозможно существование современной экономики вообще и экономики знаний тем более»²¹⁷.

²¹⁶ Технологичное деловое образование взрослых. Методология и практика. Моногр./ Жуковский: АНО ВО «Международный институт менеджмента ЛИНК», 2017. 408 с.

²¹⁷ Клейнер Г. Микроэкономика знаний и мифы современной теории // Высшее образование в России. 2006. № 9.

Выводы к главе 1

1. Разработана диалектическая модель резервов роста человеческого капитала, на базе которой сформирована динамическая концептуальная модель роста ЧК с количественным обоснованием действия отдельных ключевых резервов. Показано, что ключевым фактором развития, проявившимся в росте промышленного производства, был рост числа специалистов, имеющих высшее образование.

2. Разработана динамическая аналитическая модель численности работников (N) в процессе демографического перехода

$$T = T_1 - C/N - (C/N_{\max}) \cdot \ln(N/(N_{\max} - N)),$$

которая хорошо согласуется со статистическими данными. Тем самым дано обоснование того, что потенциально общество может с помощью экономических стимулов управлять принятием в семьях решений, обеспечивающих демографическую состоятельность страны.

3. Доказан факт приближенно линейной зависимости ВВП на душу населения от объема явных знаний человечества, откуда следует, что величина ВВП пропорциональна численности населения Земли в степени 2,25.

4. Разработан алгоритм вычисления дифференцированного вклада в ВВП работников с различным уровнем образования на базе минимизации отклонения прогнозного значения ВВП от реального при межстрановом сравнении. Относительное стандартное отклонение расчетной величины ВВП согласно базовой модели из 8 экономик составляет 15%.

5. Разработана модель индикативной диагностики образовательной компоненты человеческого капитала, согласно которой обобщенная зависимость вклада в ВВП по ППС от числа лет образования — «образовательная экспонента» — имеет вид

$$J_E = C_{\text{HC}} \cdot K_E \cdot 10^{P \cdot E},$$

где $K_E = 20,5$, $P = 0,246$, C_{HC} — коэффициент конверсии, который для России равен 0,51.

6. Показано, что, согласно модели образовательной экспоненты, рост ВВП по ППС может существенно превышать величину, характерную для роста зара-

ботной платы, и достигать 76% за год обучения. Большая часть результатов образования за счет мощных экстернальных эффектов становится стратегическим ресурсом интеллектуальной системы R&D-сообщества.

7. Разработан алгоритм формирования системы основных стратегий развития человеческого капитала, базирующийся на модели образовательной экспоненты.

Глава 2. Разработка когнитивных моделей прогнозирования развития социально-экономических систем на примере России

2.1. Разработка когнитивной модели прогнозирования развития системы трудовой деятельности на примере России

Ключевым фактором, влияющим на рост человеческого капитала, как показано выше, служит образование. При этом вклад работников в ВВП страны сильно зависит от времени их эффективного обучения. Данная зависимость представляет собой экспоненту, причем «образовательная экспонента» имеет вид (1.31).

Образование само по себе не влияет на величину ВВП, но способствует росту производительности труда, а она влияет на увеличение ВВП. Однако производительность труда зависит и от других факторов, в том числе от организации труда и производительности оборудования. И это приводит к тому, что в России, при высоком уровне образования работников, величина ВВП на душу населения относительно мала²¹⁸. Система взаимосвязанных факторов, влияющих на трудовую деятельность, весьма сложна и смоделировать ее с использованием традиционных математических методов вряд ли возможно.

Для системного исследования взаимодействия различных факторов в этой сфере экономической деятельности, влияющих на уровень ВВП на душу населения страны, была использована технология когнитивного моделирования сложной слабоструктурированной системы, включая ее динамические аспекты.

Целью представленного в этом разделе исследования является поиск системных возможностей увеличения ВВП на душу населения России путем роста эф-

²¹⁸ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики № 2, 2017. С. 77–81.

фективности использования человеческого капитала с применением методологии когнитивного анализа.

2.1.1. Методика исследования

Система труда, как и многие другие социально-экономические системы, является слабоструктурированной. Моделирование таких систем, как правило, осуществляется на качественном уровне. В связи с этим моделирование ее динамического поведения под влиянием управленческих воздействий с использованием количественных подходов вряд ли возможно. Качественные же методы не могут обеспечить адекватность результатов.

Однако существует возможность ранжировать параметры модели за счет опроса экспертов. Это делает реальным моделирование сложившихся причинно-следственных связей, закономерностей и тенденций трудовой деятельности работников с использованием когнитивного метода.

Формирование нечёткой когнитивной матрицы^{219, 220} дает возможность формализовать взаимосвязи исследуемой системы. Затем можно моделировать альтернативные варианты поведения этой системы при воздействии различных управляющих факторов, что позволяет получить варианты прогнозов развития системы. Чтобы получить информацию о компонентах и связях изучаемой слабоструктурированной системы, необходимо использовать субъективную информацию о ней от экспертов. Далее она обрабатывается с привлечением алгоритмов «здравого смысла», а также интуиции.

В рамках применяемой методики можно выделить следующие этапы исследования:

²¹⁹ Saaty, Thomas L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors — The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2), 2008-06. — P. 251–318.

²²⁰ Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагереv, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября — 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3 т. Т. 3. М.: ЛЕНАНД, 2008. С. 329–336.

1. Подготовка списка концептов, существенных для включения в модель трудовой деятельности.
2. Обоснованный выбор величины каждого концепта по отношению к максимальному по величине.
3. Обработка с помощью экспертной системы представлений экспертов о системе с целью кодификации причинно-следственных связей концептов и снижения фактора субъективизма в процессе построения когнитивной матрицы взаимосвязей в исследуемой системе трудовой деятельности.
4. Моделирование системных параметров когнитивной матрицы в статическом состоянии и установление консонанса (степени доверия) к изучаемой модели трудовой деятельности.
5. Динамическое моделирование развития системы под воздействием управленческих импульсов.

Поведение моделируемой системы трудовой деятельности людей, применительно к России, рассчитывалось с использованием экспертной системы поддержки принятия решений «ИГЛА»²²¹.

2.1.2. Ключевые факторы эффективной трудовой деятельности

Обоснование выбора комплекса факторов

На начальном этапе работы были сформированы четыре группы факторов макроокружения, являющихся СТЭП-факторами. Их перечень дан в таблице 2.1. В той же таблице указан начальный уровень концептов — L (в квартилях: 1 — низкий, 2 — средний, 3 — высокий).

Далее будут рассмотрены более подробно 22 концепта данной системы по их состоянию в 2018 году в России, по отношению к уровню передовых развитых стран. Среди основных источников информации о состоянии данной системы «индекс глобальной конкурентоспособности»²²² (далее — индекс). Представлен-

²²¹ Там же.

²²² The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. URL: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018>.

ные в индексе оценки переведены в 5-балльную из 7-балльной шкалы умножением на 5/7. Также для оценок использовались данные, представленные в работах^{223, 224, 225} и др.

Таблица 2.1.

Уровни факторов трудовой деятельности

№	Факторы	L	№	Факторы	L
Социальные факторы			12	Изношенность основных фондов	3
1	Человеческий капитал	2	13	Макроэкономическая стабильность	2
2	Уровень образования персонала	2			
3	Стимулы к образованию	2	14	Финансовые институты и рынки	1
4	Деловое образование	2	15	Расходы на науку	1
Технологические факторы			16	Глобализация	2
5	Производительность труда	1	17	Расходы на систему ВПО	1
6	Инфраструктура	1	18	Уровень безработицы	2
7	Инновационная деятельность	1	Политические факторы		
8	Научно-технический прогресс	2	19	Стратегические программы	2
9	НИОКР	2	20	Межстрановые барьеры	2
Экономические факторы			21	Затраты на обороноспособность	2
10	ВВП на душу населения	2	22	Институты социально-трудовые	2
11	Природные ресурсы	3			

Из таблицы 2.1 следует, что представленные факторы охватывают значительную часть аспектов социально-экономического развития страны с акцентом на производственную и трудовую деятельность. В явном виде отсутствуют факто-

²²³ Мировая глобализация. ICC Russia. 2018.

²²⁴ Стратегия инновационного развития России на период до 2020 года. Распор. Правительства РФ № 2227-р от 8 дек. 2011 г. URL: <http://minsvyaz.ru/common/upload/2227-pril.pdf>

²²⁵ Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве РФ, Социальный бюллетень. № 9, 2017. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>

ры здравоохранения, однако они в значительной мере включены в концепт — социально-трудовые институты. В числе концептов присутствуют как экономические, так и социальные факторы, связанные, прежде всего, с человеческим капиталом.

Предварительный список концептов (факторов) составлялся методом мозгового штурма, с привлечением экспертов. Систематизация факторов показала, что они хорошо структурируются по известному СТЭП-принципу (социальные, технологические, экономические, политические), характеризующему внешнее окружение.

Социальные концепты

1. *Человеческий капитал (ЧК)*. В национальном богатстве России доля ЧК равна примерно 50 %, что ниже, чем в развитых странах, но выше, чем в развивающихся²²⁶, поэтому отнесем его к средним по уровню.

2. *Уровень образования персонала*. По доле работников, имеющих профессиональное образование²²⁷ (~58%), Россия впереди большинства стран. Однако по данным индекса²²⁸ «Высшее образование и профессиональная переподготовка» он оценен в 3,6 балла. Это связано с тем, что в процессе обучения слушатели в недостаточной мере осваивают современное технологическое оборудование. Поэтому отнесем этот фактор к среднему уровню.

3. *Стимулы к образованию*. Учащиеся школ, как правило (80%), планируют учиться в высших учебных заведениях. При этом значительная часть школьников не очень мотивирована учиться. В 9-м классе только 60% из них интересуются учебной²²⁹. Следовательно, стимулы к образованию тоже средние.

²²⁶ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. — Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2013.

²²⁷ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018. URL: https://www.hse.ru/data/2018/04/06/1164671180/Doklad_obrazovanie_Web.pdf

²²⁸ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. URL: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index.2017-2018>.

²²⁹ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018.

4. *Деловое образование.* Сейчас в России работает порядка 50 школ бизнеса. Степень MBA получили около 90 тыс. чел. В рамках Президентской программы подготовки кадров прошли обучение более 100 тыс. менеджеров. Всего это около 2% управленцев, поэтому отнесем деловое образование к уровню ниже среднего.

Технологические концепты

1. *Производительность труда.* По итогам 2015 года, по словам Д. Медведева, производительность труда меньше, чем в странах OECD, примерно вдвое. Она равна 23 \$/час. на специалиста в ценах 2010 года по ППС²³⁰. Отнесем производительность труда к низкому уровню.

2. *Инфраструктура.* Согласно индексу, имеет оценку — 3,5, поэтому отнесем концепт к низкому уровню.

3. *Инновационная деятельность.* Согласно индексу, «Инновационный потенциал» оценивается крайне низко — 1,8, поэтому отнесем концепт к низкому уровню.

4. *НТП* (научно-технический прогресс) не носит в России активного характера, однако в сферах, связанных с ядерными и ракетными технологиями, обороноспособностью страны, и в некоторых сферах ИТ-технологий он достаточно энергичный. Отнесем НТП к среднему уровню.

5. *НИОКР.* После кризисных лет состояние НИОКР в России значительно ухудшилось. Однако число ученых на душу населения высокое, даже по меркам развитых стран. Относительно активная научная деятельность ведется в сферах оборонной промышленности и ядерных технологий. Поэтому отнесем НИОКР к среднему уровню.

Экономические концепты

1. *ВВП на душу населения* по ППС в 2017 году составил, по данным МВФ, в тысячах долларов США: Китай — 17, Россия — 28, США — 59. Поэтому величину ВВП на душу населения в России можно отнести к среднему уровню.

²³⁰ Россия и страны — члены Европейского союза. 2017: М., Стат. сб. /Росстат РФ, 2017.

2. *Природные ресурсы.* По природным ресурсам Россия является одной из самых богатых стран. По оценке World Bank, в конце 2000 года природный капитал РФ составлял 24 трлн долл.²³¹. На каждого жителя страны приходилось 167 тыс. долл. Это приблизительно в шесть раз больше, чем годовой ВВП на душу населения. Поэтому отнесем Россию к богатым природными ресурсами странам.

3. *Износ основных фондов.* К 2014 году уровень износа основных фондов в России составил 48%²³². Поэтому отнесем износ основных фондов в России к высокому уровню.

4. *Макроэкономическая стабильность.* Этот пункт имеет, согласно индексу, оценку 3,6, то есть среднюю. На макроэкономическую стабильность негативное влияние оказывает нестабильность цен на нефть и международные санкции. Однако значительные запасы в Фонде национального благосостояния и низкая задолженность позволяют отнести его к средним по величине.

5. *Финансовые институты и рынки.* Данный параметр, согласно индексу, имеет низкую оценку — 2,4, поэтому отнесем его к низкому уровню.

6. *Расходы на науку.* Затраты на науку в 2016 году составили 1,1% ВВП²³³. В США, для сравнения, — 2,8%. Такой уровень затрат отнесем к низкому.

7. *Глобализация.* Большинство новых технологий (80%) в настоящее время в мире создают транснациональные компании²³⁴. В мире среди 500 наиболее успешных ТНК: 203 — из США, 105 — европейские, 109 — японские и только 2 — российские. Вместе с тем ряд этих компаний работает в России. Со вступлением РФ в ВТО их деятельность активизировалась. Поэтому отнесем фактор к среднему, негативному уровню.

8. *Расходы на систему ВПО (высшее профессиональное образование).* Финансирование ВПО в России составляет около 1% от ВВП. На обучение одного

²³¹ Корицкий А.В. Влияние человеческого капитала на экономический рост. — Новосибирск, НГАСУ (Сибстрин), 2013.

²³² Россия и страны — члены Европейского союза 2017: М., Стат. сб. /Росстат РФ, 2017.

²³³ Там же.

²³⁴ Мировая глобализация. ICC Russia. 2018.

студента тратится в год около 7500 долл.²³⁵. Это примерно в 2 раза меньше, чем в Японии. Поэтому этот концепт отнесем к низкому уровню.

9. *Уровень безработицы.* В численности трудовых ресурсов России в 2015 году доля безработных составила 5,6%. В мире в среднем в 2017 году уровень безработицы составляет 5,6%²³⁶. Поэтому отнесем этот концепт к среднему уровню.

Политические концепты

1. *Стратегические программы.* В настоящее время в России реализуется программа «Стратегия инновационного развития России на период до 2020 года». Также разрабатывается программа социально-экономического развития до 2030 года: «Стратегия–2030». Вместе с тем уровень реализации стратегических программ не высокий, поэтому отнесем концепт к средним по уровню.

2. *Межстрановые барьеры* приобретения знаний и технологий. Получение знаний и технологий от развитых стран происходит в недостаточной мере для реализации программы догоняющего развития. Введены различные санкции, которые затрудняют получение доступа к знаниям и технологиям. Однако завершение эпохи однополярного мира и развитие каналов коммуникации способствуют уменьшению барьеров. Отнесем их к средним, негативным.

3. *Затраты на обороноспособность.* Обладание богатыми природными ресурсами в существующем мировом окружении вынуждает Россию создавать оборонный потенциал. Поэтому затраты на обороноспособность достаточно велики и составили в 2017 году 69,2 млрд долл.²³⁷ или 5,3% ВВП. Для сравнения, в США они составляют 611 млрд долл. или 3,3% ВВП. Однако отрасли науки и техники, которые связаны с обороноспособностью, достаточно стабильно развиваются в стране. Фактор относится к среднему, негативному уровню.

²³⁵ OECD «Education at a glance 2017.

²³⁶ Россия и страны — члены Европейского союза 2017: М., Стат. сб. /Росстат РФ, 2017.

²³⁷ Расходы России на оборону приблизились к \$70 млрд. Известия. URL: <https://iz.ru/670905/alina-evstigneeva-aleksei-ramm/raskhody-rossii-na-oboronu-priblizilis-k-70-mlrd>

4. *Институты социально-трудовые.* Индекс оценивает качество институтов как низкое (2,6 балла). Однако индекс характеризует, преимущественно, важные для бизнеса институты. В рассматриваемом случае более важны институты, которые поддерживают социально-трудовые отношения. К ним относятся институты профессионального образования, занятости, найма, увольнения и оплаты труда, а также пенсионного обеспечения. Они развиты в России достаточно хорошо. Поэтому отнесем параметр к среднему уровню.

2.1.3. Когнитивное моделирование трудовой деятельности

На этом этапе разработки модели трудовой деятельности были установлены и кодифицированы связи между концептами. Был также определен их уровень с использованием шкалы: 1,0; 0,75; 0,5; 0,25; 0; -0,25; — 0,5; -0,75; — 1,0 (в квартилях: 4, 3, 2, 1, 0, -1, -2, — 3, — 4).

На основе кодифицированных взаимосвязей²³⁸ с помощью компьютерной системы поддержки принятия решений ИГЛА — «Интеллектуальный Генератор Лучших Альтернатив»²³⁹ была подготовлена нечеткая когнитивная карта (матрица) — FCM (таблица 2.2), которая отражает причинно-следственные взаимосвязи между концептами. Сила связи выражена в квартилях.

²³⁸ Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О.С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94–101.

²³⁹ Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерева, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября — 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3 т. Т. 3. — М.: ЛЕНАНД, 2008. С. 329–336.

Таблица 2.2.

Когнитивная карта трудовой деятельности (квартили)

	Концепты, на которые оказывается воздействие																					
Воздействующие концепты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1. Человеческий капитал									3													
2. Уровень образования персонала	3				3		2											-1				
3. Стимулы к образованию		3		2																		
4. Деловое образование					3		2															
5. Производительность труда										3												
6. Инфраструктура	1				3																	
7. Инновационная деятельность								3														
8. НТП					3														3			
9. НИОКР								3			1								1			
10. ВВП на душу населения						3						-3										2
11. Природные ресурсы										3												
12. Изношенность основных фондов			-3		-3					-3												
13. Макроэкономическая стабильн.							2							3				-2				3
14. Финансовые институты и рынки							3					-2										
15. Расходы на науку									3													
16. Глобализация						2	2													-2		
17. Расходы на систему ВПО		3																				
18. Уровень безработицы			2						-2													
19. Стратегические программы					2						-3			3		3						3
20. Межстрановые барьеры									-3						1							-3
21. Затраты на обороноспособность									2				3									
22. Институты социально-трудовые	3					2												-2				

На базе когнитивной карты была рассчитана матрица когнитивного диссонанса, которая представляет уровень недоверия к концептам FCM. Матрица показывает, что когнитивная карта характеризуется низким диссонансом, среднее значение которого равно 26%. Наибольший диссонанс влияния концептов на систему фиксируется по уровню безработицы — 65% и 62% по институтам социально-трудовым. Максимальный диссонанс влияния системы на концепты наблюдается среди образовательной группы, в частности уровень образования персонала — 47%, деловое образование — 51% и стимулы к образованию — 53%. В основном когнитивная карта обладает невысоким диссонансом. В противоположность диссонансу консонанс демонстрирует уровень доверия к концептам. Альфа-срез взаимного консонанса на уровне отсечения 90% приведен на рис. 2.1.

Альфа-срез консонанса FCM визуализирует взаимовлияние концептов, для которых уровень консонанса больше 90%, то есть доверие имеет очень высокий уро-

вень. Важно, что в их числе присутствуют важнейшие концепты данной системы: инновационная деятельность, стратегические программы, НТП, НИОКР, расходы на науку и ВПО, а также изношенность основных фондов.

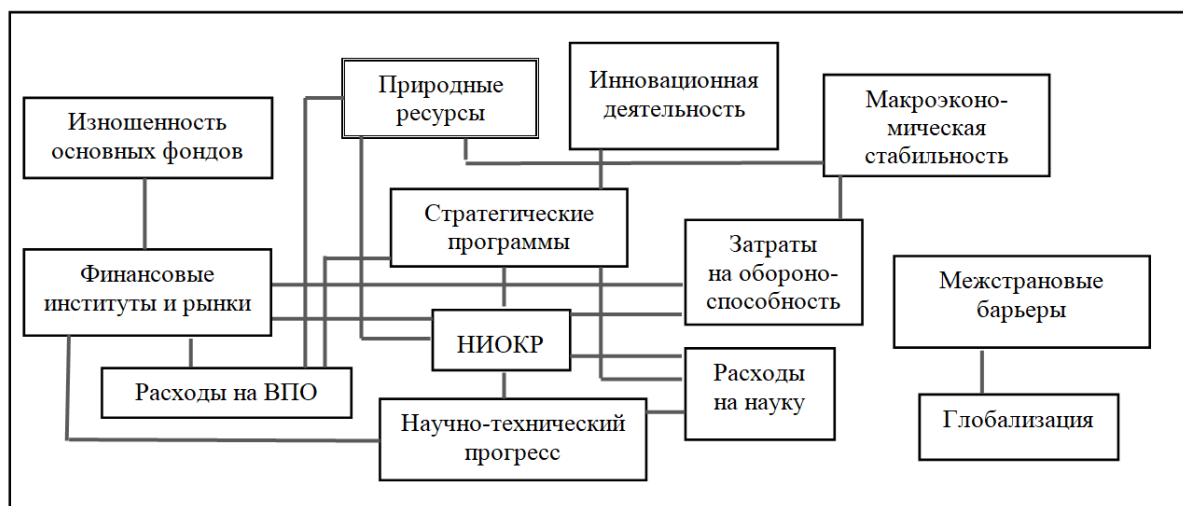


Рис. 2.1. Альфа-срез взаимного консонанса, уровень отсечения 90%

Рассмотрение положительной транзитивно-замкнутой матрицы позволяет выявить экстремальные концепты. В наибольшей степени влияют на другие факторы: стратегические программы — среднее значение (ср.) — 36%, НТП — 31% и НИОКР — 28%. Положительное влияние в наибольшей мере направлено на такие концепты, как ВВП — среднее значение 45% и производительность труда — 47%. При этом средний уровень влияния по матрице составляет 22%.

Альфа-срез для взаимного влияния концептов при уровне отсечения 75% представлен на рис. 2.2 (здесь отрицательные связи обозначены пунктирной линией, а взаимно-отрицательные влияния показаны курсивом, в отличие от взаимно-положительных). Взаимно-положительное влияние изучаемых СТЭП-групп на целевой фактор представляет собой систему сложившихся устойчивых макроэкономических взаимосвязей, определяющих меру увеличивающейся организованности — ВВП на душу населения.

Анализ рис. 2.2 дает возможность выделить основные узлы прямого влияния на целевой концепт — ВВП на душу населения, а именно три взаимно-положительных и два взаимно-отрицательных. Среди них следующие:

- человеческий капитал (подфакторы: уровень образования персонала и институты социально-трудовые);
- природные ресурсы;
- производительность труда (НТП, инфраструктура, деловое образование, изношенность основных фондов);
- изношенность основных фондов (стратегические программы);
- межстрановые барьеры получения знаний и технологий.



Рис. 2.2. Схема взаимного влияния концептов FCM

Узловые концепты, в принципе, могут быть изменены. Менее всего можно изменить природные ресурсы за счет развития новых технологий добычи, переработки и транспортировки. Также маловероятно изменение межстрановых барьеров.

Взаимно-положительное влияние (рис. 2.2) на «ВВП на душу населения», который является целевым показателем макроэкономической политики — взаимосвязанных отношений СТЭП-подсистем, характеризуется:

- целесообразностью функционирования, задающего активное направление для устойчивого роста системы управления макроэкономическими показателями: человеческим капиталом, ВВП на душу населения, научно-техническим прогрессом и др.;

- целостностью макроэкономической политики России, способной проявить себя как единое целое, обладающее набором общих свойств зависимости ВВП от развития макрорегистрации, неприсущих ни одной из подсистем;
- групповым институциональным разнообразием, а значит, устойчивостью макроэкономического комплекса к временным кризисным циклам, что позволяет в дальнейшем прогнозировать увеличение темпов роста ВВП на душу населения;
- взаимосвязанностью и структурированностью.

Взаимно-отрицательные влияния на макроэкономическую динамику концептов трудовой деятельности (рис. 2.2) показывают нарушение диалектики приоритета частей и целого, в частности: рассогласованности поведения целого — макроэкономики (стратегические программы развития) и его частей — микроэкономики (высокий уровень изношенности основных фондов, приводящих к отраслевым кризисам). Это приводит к снижению производительности труда, а в конечном счете к эффективности производства и, следовательно, жизненного уровня.

2.2. Когнитивное моделирование динамического развития системы трудовой деятельности России

«Общая сверхзадача всех россиян заключается в достижении мощного рывка в развитии страны в соответствии с приоритетными мировыми трендами»²⁴⁰, считает Президент России В.В. Путин. Он отметил среди направлений, которые должен затронуть этот рывок, обеспечение темпов роста экономики России и придание ей инновационного характера, а также развитие здравоохранения, образования, производства и инфраструктуры.

Задача подготовки и осуществления такого рывка крайне сложна²⁴¹, поскольку требует учета влияния большого числа разнообразных факторов, некоторые из которых сложно считать однозначными.

²⁴⁰ Путин назвал сверхзадачей россиян рывок в развитии страны. Информ. агентство России ТАСС. 31.01.2017. URL: <http://tass.ru/politika/4915051>

²⁴¹ Экономический рывок может превратиться в «нырок». Независимая газета. 11 июня 2018 г. URL: http://www.ng.ru/economics/2018-03-20/1_7193_nurok.html

Данная работа является продолжением представленных выше исследований по разработке когнитивной модели прогнозирования развития системы трудовой деятельности на примере России²⁴². Результаты исследований, полученных в стационарном режиме (раздел 2.1) с учетом стоящих перед Россией задач, рассмотрим и в динамике. Хотя изначально задача ставилась в отношении трудовой деятельности, но из-за ключевой роли человеческого капитала она вобрала в себя большинство аспектов, влияющих на социально-экономическое развитие страны, которые были отмечены в речи Президента России.

Для эффективного применения разрабатываемых решений по адаптации российского рынка труда к растущим требованиям глобализации и неопределенности, определения параметров разрабатываемой стратегии авторами применен программно-целевой подход. Разработка альтернативных вариантов стратегических программ проведена посредством использования экономико-математического метода — технологии когнитивного моделирования. Представленные в разделе 2.1. исследования, как в рамках программно-целевого, так и в рамках органического подхода, позволили авторам выбрать список тех факторов, которые обеспечивают наибольшую эффективность решения задачи — достижение целевых параметров ВВП на душу населения (ВВП/Д).

В целом исследование управляемых экономических процессов базируется на подходах общей теории управления, согласно которой система социально-экономического развития страны развивается циклически — с периодичностью (в зависимости от детализации) от четырех до шестнадцати этапов развития.

В рамках управленческого цикла присутствуют следующие классические (идущие от методов научной организации труда) этапы:

1. Сбор информации (в нашем случае — формирование списка концептов, отражающих проблемную область фактического состояния социально-экономической системы в целом).

²⁴² Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О. С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94–101.

2. Комплексный анализ оценки собранных показателей с учетом взаимосвязанных (взаимозависимых) факторов макроэкономической динамики и принуждающих связей.

3. Построение системы сценарных альтернатив и их оценка (имеющийся опыт показал, что в системах поддержки принятия решений оптимально разрабатывать варианты развития стратегических сценариев и нестандартных управленческих решений с ориентацией на сохранение механизма функционирования социально-экономической системы).

4. Проведение ситуационного контроля за развитием процесса под задающим управляемым воздействием.

В разделе 2.1. были выполнены первые два этапа полного цикла работ. В данном разделе более детально будут представлены результаты, полученные при динамическом моделировании развития системы с воздействием на систему управляющих концептов.

Целью исследования, выполненного в данном разделе, является разработка когнитивной модели развития социально-экономической системы трудовой деятельности России и изучение на ее основе системных возможностей роста ВВП на душу населения путем осуществления рывка в темпах подъема экономики.

2.2.1. Поиск лучшего сценария развития системы

В качестве целевого параметра при динамическом моделировании развития системы был выбран ВВП/Д с целевым значением — высокий уровень. В качестве управляемых параметров использовались следующие концепты: деловое образование, активность инновационной деятельности, расходы на систему ВПО и наличие стратегических программ.

Алгоритм выбора лучшего сценария управленческого решения по целевой функции включал в себя²⁴³:

²⁴³ Солодуха П.В., Орехов В.Д., Селиванов С.В. Динамическое моделирование тенденций социально-экономического развития в сфере трудовой деятельности в России. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 4. С. 78–82.

1. Задание случайного начального управленческого импульса, созданного управляющими концептами системы.
2. Расчет изменения значений всех концептов системы за каждый шаг по условному времени с учетом имеющихся сил связей системы.
3. Расчет изменения значений концептов системы в течение следующих 40 шагов условного времени развития системы.
4. Фиксация конечного состояния концептов системы.
5. Определение степени достижения целевого параметра в данной альтернативе.
6. Перебор альтернатив с различными начальными воздействиями.
7. Сравнение различных альтернатив по степени достижения целевого показателя и времени, за которое он достигнут.
8. Выбор наилучших альтернатив.
9. Фиксация параметров начального управленческого импульса для лучших альтернатив.
10. Выявление концептов начального управленческого импульса, которые наиболее быстро позволяют достигнуть целевого уровня.

В результате динамического моделирования были получены 255 недоминирующих альтернатив и выбраны две наилучшие: Альт. 167 и Альт. 63. Параметры управляющих концептов по результатам начального импульса данных альтернатив приведены в таблице 2.3. Видно, что альтернативы принципиально различаются по начальному импульсу управляющих концептов. Так, в Альт. 167 только концепт «стратегические программы» получает максимальный импульс, а в Альт. 63 — максимальны три управляющих концепта, а концепт делового образования даже уменьшается против своего начального значения. Но обе альтернативы стартуют с момента резкого увеличения уровня стратегических программ.

Таблица 2.3.

Параметры наилучших альтернатив

Управляющие концепты	Альт. 167	Альт. 63
Стратегические программы	Высокий	Высокий
Активность инновационной деятельности	Выше среднего	Высокий
Расходы на систему ВПО	Ниже среднего	Высокий
Деловое образование	Выше среднего	Очень низкий
Результат: ВВП на душу населения	100%	100%
Число шагов до достижения целевого уровня	10	10

Так как при динамическом моделировании был задан только один целевой концепт (ВВП на душу населения), то нужно отследить, какого конечного уровня достигают другие концепты в процессе перехода системы на стационарный режим. Анализ показал, что большинство концептов достигают в стационарном режиме (шаг 12) значений, близких к желательным, в том числе такой важный, как человеческий капитал. Единственным исключением является деловое образование, которое в Альт. 63 сохраняет уровень «ниже среднего» (37%), а в Альт. 167 — 97%.

Из концептов отрицательного влияния два значительно снижаются: безработица (до 17%) и изношенность основных фондов (до 13%). Межстрановые барьеры остаются на прежнем уровне (50%), а затраты на обороноспособность увеличиваются с 50% до 71%. Несколько параметров не достигают 100% уровня, а именно: стимулы к образованию — 83%, инфраструктура — 64%, макроэкономическая стабильность — 83%, финансовые институты и рынки — 70%, что достаточно хорошо соответствует возможностям воздействия на эти концепты.

Такая согласованность полученных результатов с желательным и реально возможным состоянием системы косвенно подтверждает корректность разработанной когнитивной матрицы.

На рис. 2.3 показано изменение управляющих и целевых концептов в Альт. 167. На начальном этапе наиболее быстро растет величина концепта стратегических программ. Затем быстро возрастают расходы на систему ВПО, а следом — инновационная деятельность. После трех шагов начинает быстро увеличиваться ВВП/Д.

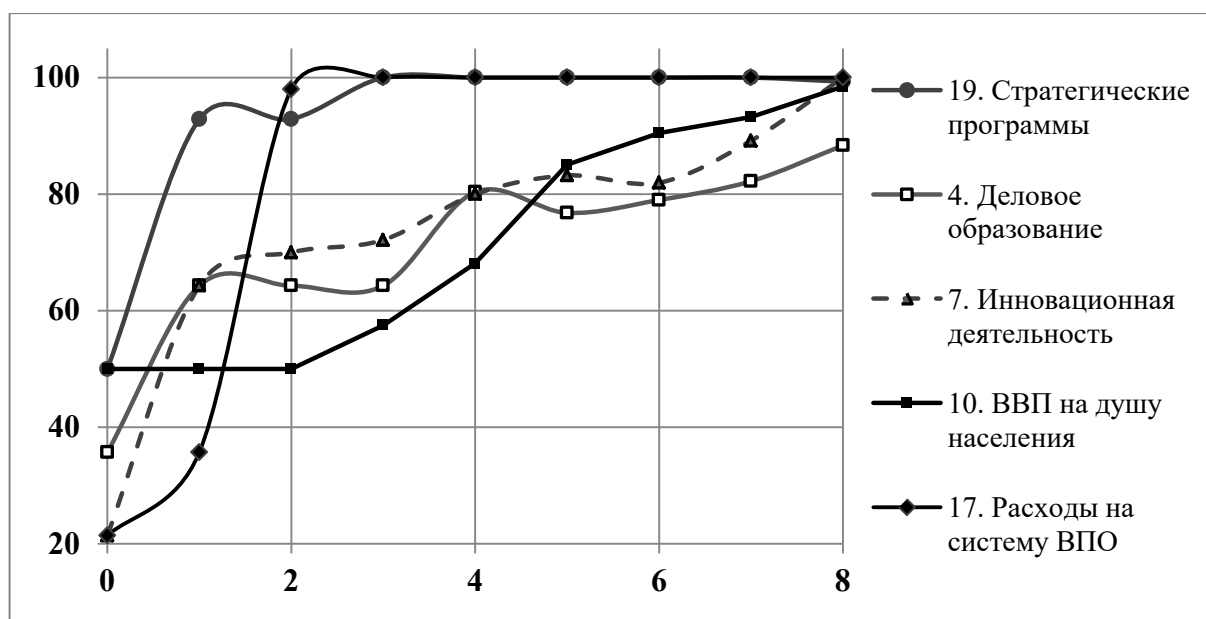


Рис. 2.3. Динамика управляющих и целевого концепта (Альт. 167)

На первом шаге по условному времени значения концептов получают управляющий импульс, и далее быстро происходит дальнейшее изменение управляющих концептов, а затем и рост ВВП/Д, который к 10-му шагу достигает целевого значения.

На рис. 2.4 дана динамика ряда важных концептов, которые связаны с производительностью труда (Альт. 167). Быстрее других происходит рост параметра, связанного со стратегическими программами, затем — уровень образования, далее — ЧК.

Наиболее медленно растут ВВП/Д и производительность труда, при этом они растут приблизительно с той же скоростью, с которой снижается изношенность основных фондов (приблизительно на 30% за 4 шага условного времени). Таким образом, именно изношенность основных фондов в наибольшей мере может тормозить реализацию стратегических планов развития.

На рис. 2.5 представлена динамика ряда концептов в Альт. 167, связанных с НТП и социально-трудовыми отношениями. Наиболее быстро растут расходы на науку, за ними возрастает скорость роста концептов НИОКР и НТП. Более медленно растут стимулы к образованию и социально-трудовые институты, а уровень безработицы монотонно падает.

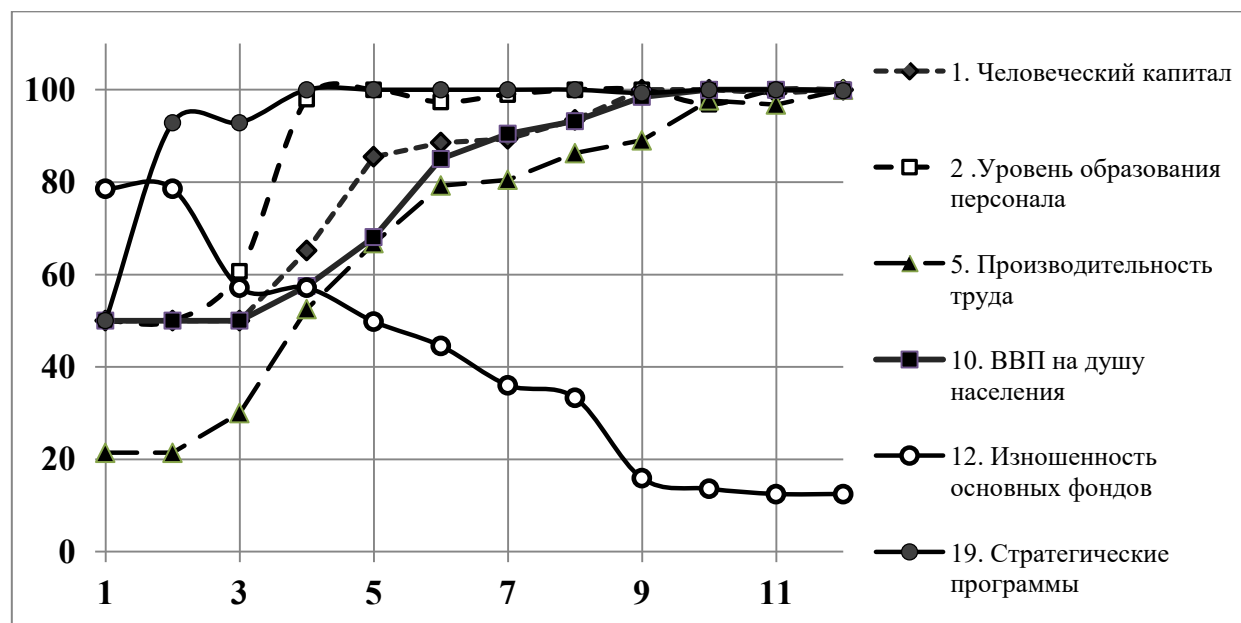


Рис. 2.4. Изменение основных параметров развития системы (Альт. 167)

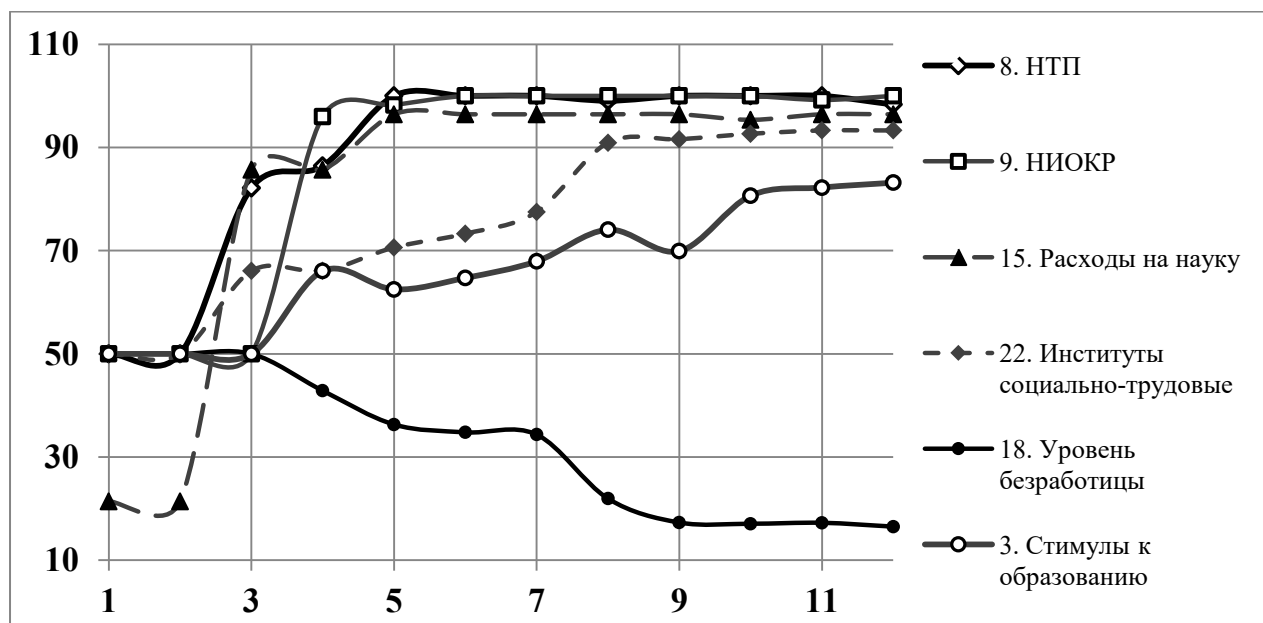


Рис. 2.5. Динамика социально-трудовых параметров и НТП (Альт. 167)

В Альт. 63, в отличие от Альт. 167, деловое образование не растет, а падает, и производительность труда растет более медленными темпами. Динамика остальных концептов примерно такая же, как и в Альт. 167, включая и рост ЧК и ВВП/Д.

Динамическое моделирование взаимодействия концептов показало, что лучшие варианты достижения целевого параметра (ВВП/Д — высокий) связаны

с первоочередным развитием уровня стратегических программ. В числе первых необходимо развитие инновационной деятельности и развитие НИОКР, включая повышение расходов на науку. Оптимальный вариант развития достигается при комплексном воздействии управляющих факторов.

По мере реализации программы роста ВВП на душу населения критически важно обеспечить снижение уровня изношенности основных фондов.

Данные исследования проводились при достаточно сильном изменении управляющих факторов с тем, чтобы выявить ключевые параметры взаимодействия. В дальнейшем необходимо провести более тонкое моделирование системы трудовой деятельности людей, а также оценить влияние фактора нечеткости в когнитивной матрице для данного процесса.

Поскольку наилучший вариант характеризуется весьма значительным управляющим импульсом, который в реальности может быть очень затратным или невыполнимым, в данной работе были изучены и другие возможности управления социально-экономическим процессом. Для этого было рассмотрено поведение системы под воздействием отдельных управляющих импульсов.

2.2.2. Анализ влияния отдельных управляющих концептов

Для выяснения того, как влияют отдельные управляющие концепты на целевой параметр, были проведены расчеты с той же когнитивной матрицей²⁴⁴. Так, на рис. 2.6 представлена динамика целевого фактора и группы концептов, которые могли быть управляющими, но в данном случае в начальный момент только концепт «Инновационная деятельность» был импульсно увеличен с 20% до 50%.

Видно, что после начального импульса данные концепты начинают быстро расти, а затем выходят «на полку», причем инновационная деятельность — на уровень 87%, деловое образование — 70%, а остальные стремятся к 100%.

²⁴⁴ Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of managed external — and intrieconomic processes in conditions of global and uncertainty. В сборнике: Economic and Social Development Book of Proceedings. Editors: Aleksander Maloletko, Natasa Rupcic, Zoltan Baracska. 2018. С. 860–872.

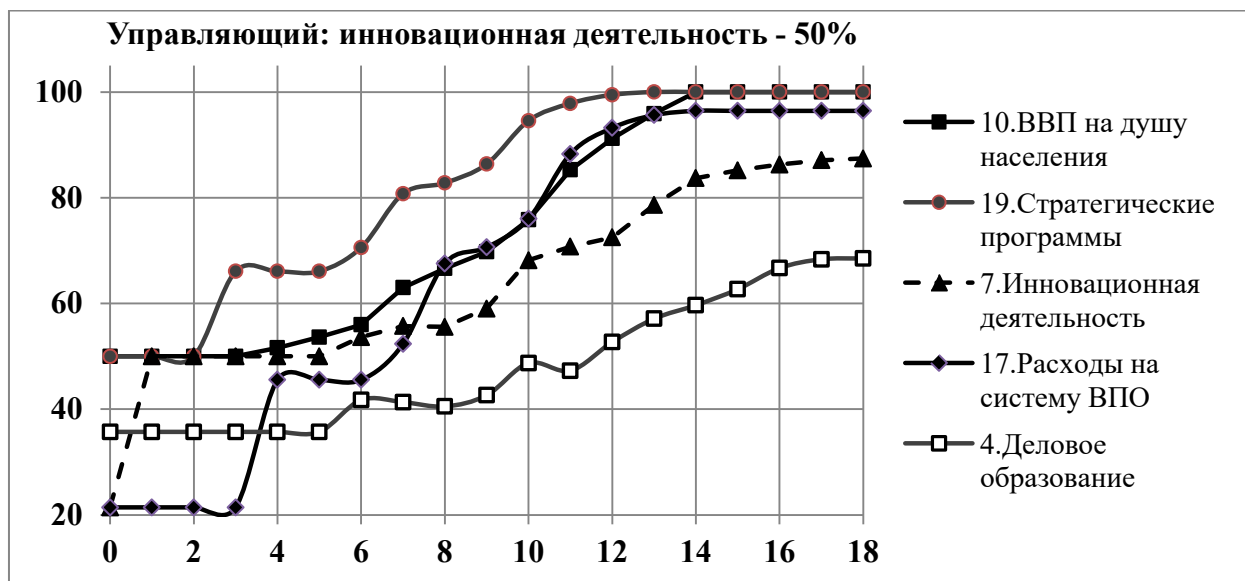


Рис. 2.6. Влияние инновационной деятельности на концепты системы

Целевой концепт при таком управляющем воздействии достигает 100% на 14-м шаге вместо 9-го, как при комплексном воздействии факторов. Отметим, что инновационная деятельность влияет, согласно когнитивной карте (таблица 2.2), только на НТП, а он, в свою очередь, влияет на стратегические программы. Далее уже стратегические программы воздействуют на весь комплекс концептов, включая производительность труда, и приводят к их росту и достижению целевого значения.

На рис. 2.7 представлено поведение концептов, связанных с производительностью труда, а на рис. 2.8 — связанных с НТП и социально-трудовыми отношениями при таком же управляющем воздействии.

Видно, что из факторов, представленных на рис. 2.7, наиболее быстро, хотя и медленнее, чем при управляющем воздействии «Стратегические программы», реагирует на управляющее воздействие «Производительность труда». Далее можно отметить рост факторов «Изношенность основных фондов» и «Инфраструктура», увеличение «Уровня образования», а затем — «Человеческого капитала».

Из рассмотрения динамики факторов, представленных на рис. 2.8, следует, что наиболее быстро реагирует на управляющее воздействие НТП, а остальные

концепты начинают изменяться примерно с четвертого шага, то есть реагируют на динамику «Стратегических программ».

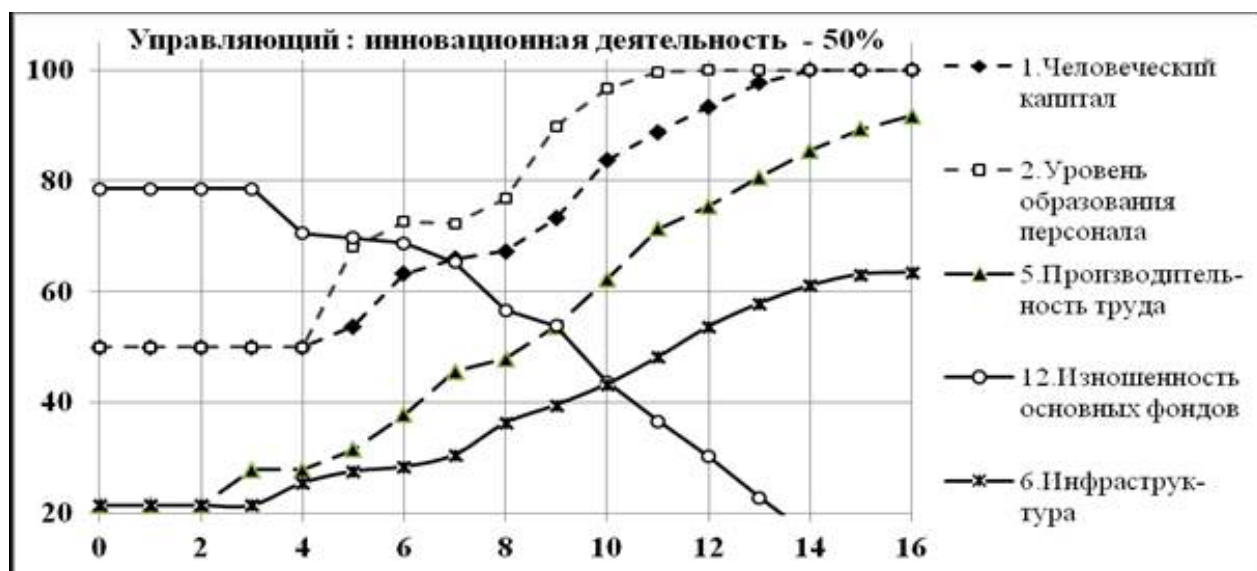


Рис. 2.7. Динамика концептов, связанных с производительностью труда

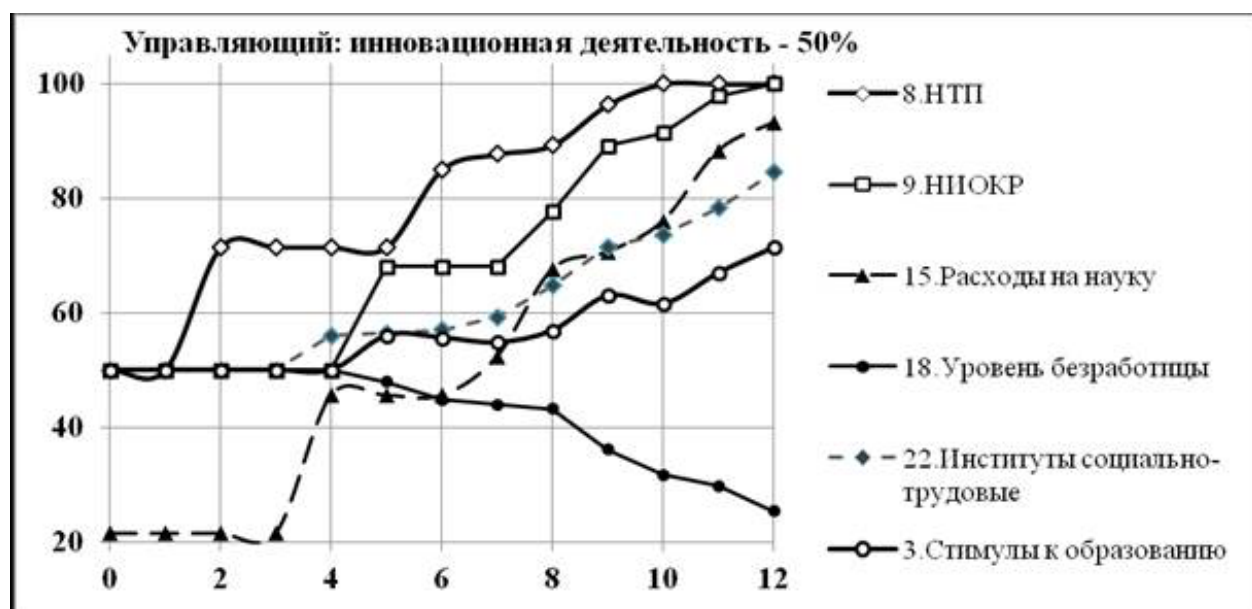


Рис. 2.8. Динамика концептов НТП и социально-трудовых отношений

Характерно, что динамика концептов в данном случае имеет скачкообразный характер, что связано с задержками прохождения управляющего импульса

по сети концептов: «Инновационная деятельность» → НТП → «Стратегические программы» →.

Под воздействием управляющего фактора «Деловое образование», управляющее воздействие которого заключается в росте с 36% до 50%, целевой фактор достигает целевого значения значительно медленнее — после 30-го шага. Изменение системы происходит более монотонно. Это, вероятно, связано с тем, что деловое образование непосредственно и сильно влияет на производительность труда, которая в свою очередь влияет на целевой параметр.

Под воздействием управляющего концепта («Расходы на систему ВПО») изменение также происходит достаточно медленно и целевое значение достигается вблизи 30-го шага по времени. Процесс изменения в данном случае также достаточно монотонный. При этом в данной системе расходы на ВПО влияют только на образование персонала, что приводит к росту производительности труда и, как следствие, — ВВП на душу населения.

На рис. 2.9, 2.10 представлена динамика системы под воздействием управляющего концепта «Стратегические программы».

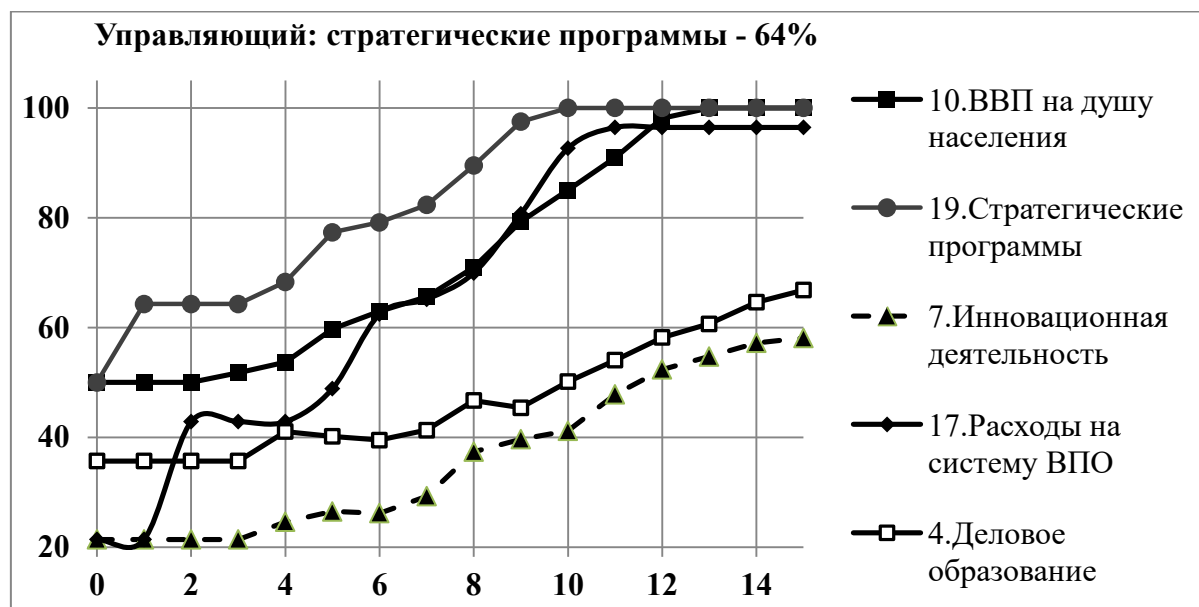


Рис. 2.9. Динамика целевого фактора и управляющей группы

В данном случае целевое значение достигается на 13-м шаге, то есть примерно так же быстро, как под воздействием управляющего концепта «Инновационная деятельность» и, значительно быстрее, чем под воздействием управляющих концептов образовательной группы.

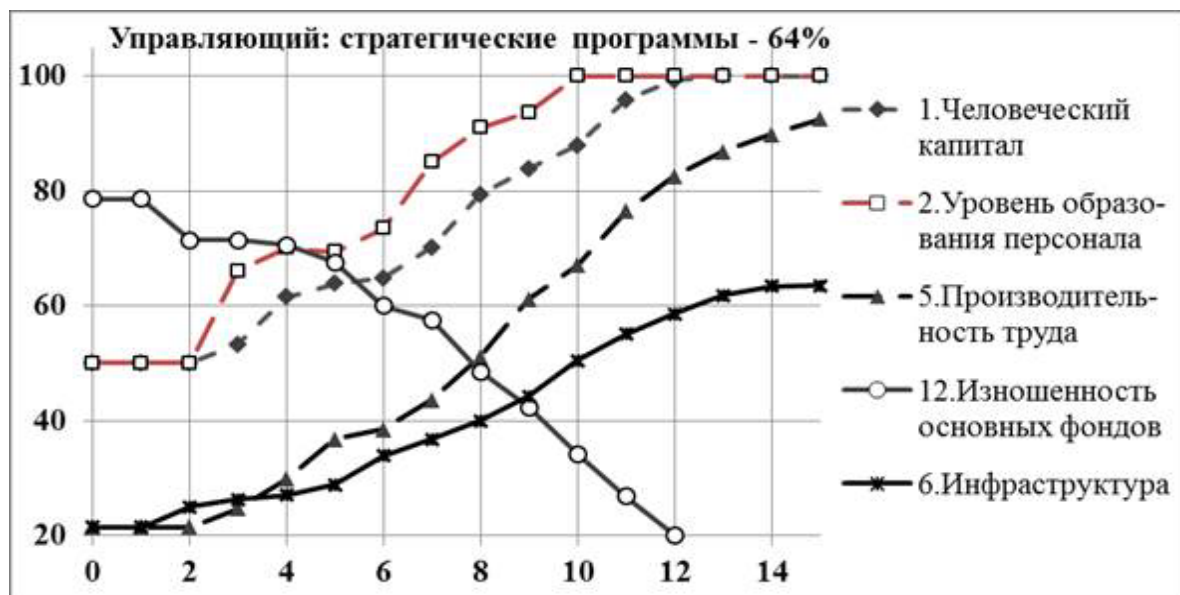


Рис. 2.10. Динамика концептов, связанных с производительностью труда

Характерно, что в этом случае управляющее воздействие концепта «Стратегические программы» составляет только 64% (начальное 50%), тогда как при комплексном воздействии оно очень высокое (92%). Тем не менее целевой результат достигается достаточно быстро.

Влияние интенсивности управляющего концепта «Инновационная деятельность» приведено на рис. 2.11.

Видно, что увеличение интенсивности на 14% приводит к ускорению достижения целевого концепта на 1-2 шага, то есть на 10–15% по времени.

Сравнение воздействия отдельных управляющих факторов и оптимального комплексного воздействия (Альт. 167) представлено на рис. 2.12. Как видно, комплексное воздействие примерно на 3 шага быстрее позволяет достичь целевого фактора, однако при этом требуется значительно большее управляющее воздействие на систему.

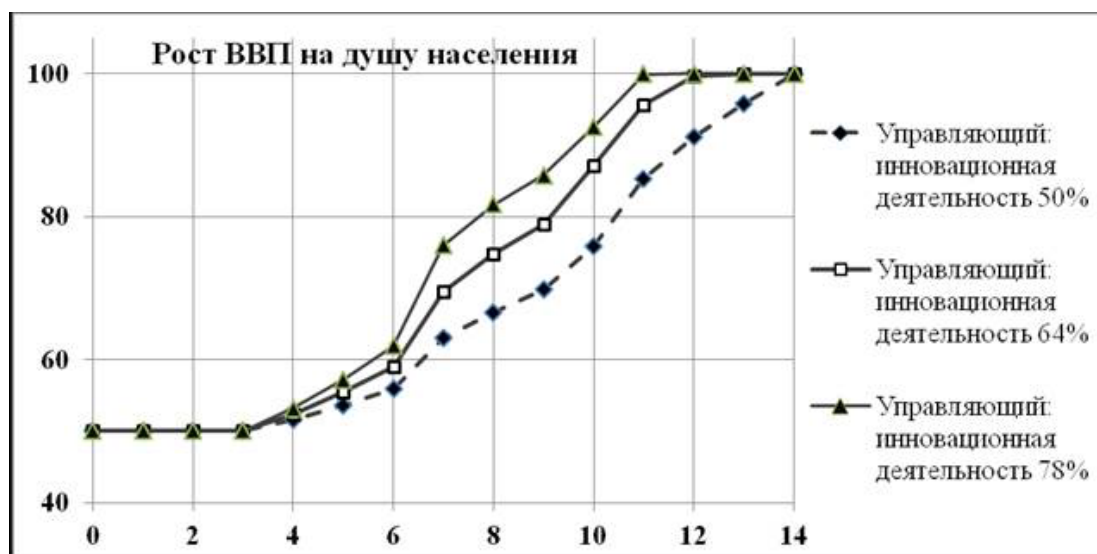


Рис. 2.11. Влияние интенсивности управляющего фактора

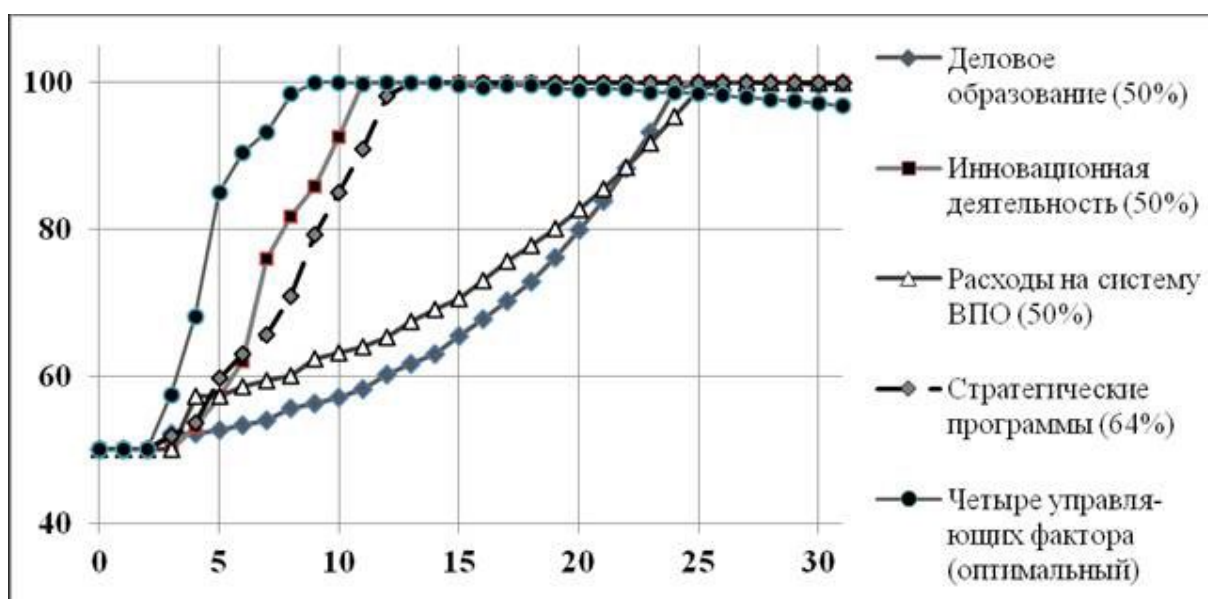


Рис. 2.12. Влияние разных управляющих воздействий на ВВП на душу населения

В целом результаты динамического анализа социально-экономической системы показывают, что инновационная деятельность и стратегические программы, как управляющие факторы, значительно быстрее влияют на достижение параметром ВВП на душу населения целевого уровня 100%, чем расходы на систему ВПО или деловое образование. При совместном воздействии четырех управляющих факторов наиболее быстро достигается целевой уровень, но это требует мощного

управляющего воздействия: стратегические программы — 78%, инновационная деятельность — 64%, расходы на ВПО — 36%, деловое образование — 64%.

2.3. Разработка когнитивной модели динамического моделирования программ управления эффективностью научного труда

Как было показано в главе 1, деятельность в сфере НИОКР является одним из важнейших ресурсов человеческого капитала, поскольку обогащает человеческий капитал наиболее квалифицированными кадрами и дает возможность для эффективного использования этого капитала по увеличению ВВП стран. Также было показано, что вклад специалистов в сфере НИОКР (R&D), в среднем, значительно больше, чем специалистов, имеющих только высшее образование, и составляет порядка 3 млн долл. в год на человека.

Великий математик, один из инициаторов создания Академии наук в России, Г. Лейбниц так определил цель науки: «Благодеяние человечеству, то есть преумножение всего, что полезно людям, но не ради того, чтобы затем предаваться безделью, а для поддержания добродетели и расширения знаний»²⁴⁵.

Начиная с XVII века наука перестала выполнять только познавательную функцию и стала материальной основой практической деятельности людей. Роль науки существенно выросла после того, как примерно в середине 1930-х гг. остро обозначились проявления научно-технической революции. Быстрый рост доли ЧК в составе национального богатства стран мира в XX веке, когда его доля в крупнейших развитых и развивающихся странах выросла с 30% до 80%, также послужил возрастанию значимости науки в мире.

Но в будущем роль науки станет еще более незаменимой. Если в конце XX века рост человеческого капитала и, соответственно, производительности труда во многом происходил за счет увеличения доли высококвалифицированных специалистов, получавших высшее образование, то сейчас этот резерв уже исчерпывается, как показано в разделе 1.3. В этих условиях важнейшим резервом роста нацио-

²⁴⁵ Роль науки в обществе. 2020. BioFile URL: <http://biofile.ru/bio/21289.html>

нального богатства станет наука. Но инвестиции в науку являются тяжелым грузом для экономики страны, поэтому важно изучать возможности повышения эффективности научного труда с учетом совокупности разнообразных факторов. Именно эта тема и стала предметом работы, представленной в данном разделе.

Научно-исследовательская деятельность представляет собой сложную систему когнитивных, экономических, социальных, производственных и других факторов, трансформирующихся и развивающихся в соответствии с протекающими одновременно общественными процессами.

В разделе 1.4 показано, что ВВП на душу населения различных стран экспоненциально зависит от среднего числа лет образования населения, а средний вклад специалиста в ВВП страны экспоненциально зависит от числа лет его образования согласно формуле (1.19) — $J_E = K_E \cdot 10^{PE}$.

Данная формула позволяет оценить вклад в ВВП страны не только специалистов с различными уровнями образования, но и работников сферы НИОКР, если учесть, что их продолжительность обучения примерно на 6 лет больше, чем для получения высшего образования. Столь сильное влияние образования на вклад специалистов в ВВП страны делает его основной системной причиной роста благосостояния наций.

Анализ формулы (1.19) позволяет сделать несколько важных выводов. Во-первых, наиболее выгодно увеличивать образовательный уровень специалистов с наивысшей квалификацией, в частности — ученых, поскольку это дает больший вклад в ВВП.

Во-вторых, можно применить эту формулу к группе специалистов для определения синергетического эффекта от их совместной работы. Такие оценки показывают (раздел 1.5), что в принципе можно достичь многократного увеличения вклада специалистов в ВВП страны, в частности, известные данные об эффективности групповой работы показывают, что при формировании так называемой команды возможно значительное увеличение производительности труда²⁴⁶.

²⁴⁶ Shinkareva O., Orekhov V., Solodukha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

Однако R.M. Belbin провел исследования, которые показывают, что существуют значительные сложности организации совместной работы специалистов высшей квалификации, в частности — научных работников. Поэтому вопрос организации эффективной работы команд научных специалистов требует системного рассмотрения.

Еще одно направление повышения эффективности мыслительной деятельности связано с методами «критического мышления», противостояния «ловушкам сознания» и другими подходами к повышению производительности умственного труда, которые представляют собой целое научное направление²⁴⁷. В частности, Агентство стратегических инициатив (Россия) инициировало проект «Навыки будущего». В число этих навыков входят²⁴⁸: критическое мышление, креативное мышление, стратегическое мышление, системное мышление, коммуникация, кооперация, самоорганизация и саморегуляция.

Для того чтобы целостно проанализировать весь комплекс вопросов, связанных с эффективностью научного труда, в данной работе используется метод когнитивного моделирования²⁴⁹, о чем детально описано в разделе 2.1.

Целью исследования является разработка когнитивной модели управления эффективностью научного труда.

2.3.1. Методика

Для изучения системы научного труда используется функция системного анализа — обеспечение исследовательской и реальной трудовой деятельности методологией частных функций системного анализа.

Частные функции системного анализа представлены следующим:

²⁴⁷ Темпл Ч. Критическое мышление и критическая грамотность // Перемена. 2005. № 2. С. 15–20.

²⁴⁸ Навыки будущего. Агентство стратегических инициатив, 2020. URL: https://asi.ru/future_skills/

²⁴⁹ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А. Кулинич // Проблемы управления. 2010. № 3.

- идентификацией полноты и правильности диагностики определения основных групп элементов (концептов) в виде некоторой системы существующего состояния проблемной области;
- построением совокупной структуры силы связей (взаимосвязей) между концептами системы научной деятельности;
- феноменом целостности построения когнитивной матрицы и введением ее в систему поддержки принятия решений — СППР;
- анализом функции ее ценности (эффективности);
- моделированием поведения взаимодействующих элементов системы на амбивалентной основе в рамках целевой функции.

Совокупность факторов, взаимодействующих в рамках исследуемой проблемы, ранжируется с помощью опроса экспертов, как по величине факторов, так и по их взаимовлиянию друг на друга. Полученные результаты представляются в виде сети взаимодействующих ранжированных концептов, которая называется нечёткой когнитивной картой — Fuzzy Cognitive Map²⁵⁰. Далее с помощью компьютерной системы поддержки принятия решений проводится анализ уровня доверия к различным факторам системы, определяются кумулятивные воздействия концептов через сеть связей и производится динамическое моделирование ее поведения под воздействием управляющих импульсов.

2.3.2. Формирование исходной системы концептов

На начальном этапе работы был сформирован исходный список концептов (e_i), влияющих на научную эффективность, представленный в таблице 2.4.

Также был определен их относительный уровень значимости (математическое ожидание) — M_i , который был оценен 14 экспертами, квалифицированными в данной сфере деятельности. Использовалась урезанная пятибалльная шкала с оценками: 2 — низкий уровень, 3 — средний, 4 — высокий, 5 — очень высокий (не применялся). В таблице 2.4 также представлены значения стандартного отклонения — S_i для каждого концепта.

²⁵⁰ Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. Vol. 1. P. 65–75.

Для того чтобы эксперты могли согласованно оценивать состав системы концептов и их взаимовлияние, важно согласовать понимание основных из них.

Эффективность научной работы является основным целевым фактором в данном исследовании, и он определяется как величина вклада специалиста или группы специалистов в области НИОКР в ВВП страны.

Таблица 2.4.

Исходный список концептов, влияющих на научную эффективность

i	Концепт, группа (e_i)	M_i	$S_i(E_i)$
	<i>Индивидуальные концепты эффективности</i>	3,3	
1	Уровень образования специалиста	3,6	0,50
2	Интеллектуальный уровень (IQ)	3,6	0,65
3	Опыт специалиста	3,8	0,43
4	Коммуникативные навыки, связи	3,5	0,65
5	Знание иностранных языков	2,6	0,74
6	Статус специалиста	2,5	0,65
7	Компьютерные системы поддержки	3,4	0,63
	<i>Критическое мышление и ловушки сознания</i>	3,2	
8	Наличие неправильных суждений в сознании	3,1	0,77
9	Влияние ловушек сознания на мышление	3,2	0,70
10	КМ повышает эффективность анализа знаний	3,6	0,50
11	Эффективность алгоритмов КМ	2,9	0,86
12	Повышение инновационности за счет КМ	3,2	0,70
13	Умение выявлять проблемы	3,6	0,51
14	Умение мыслить рефлексивно	3,2	0,58
15	Умение противостоять ловушкам сознания	2,9	0,73
16	Групповое выявление неточных суждений	3,2	0,80
	<i>Позитивные концепты групповой работы</i>	3,1	
17	Согласованная общая цель деятельности	3,6	0,76
18	Согласованность личных интересов	3,1	0,73
19	Стимулы к сотрудничеству	3,0	0,68
20	Наличие исполнителей ролей по Р.М. Белбину	2,7	0,47

i	Концепт, группа (e _i)	M _i	S _i (E _i)
21	Атмосфера взаимопомощи и уважения	3,6	0,63
22	Сформированность группы	3,0	0,78
23	Разнообразие компетенций	3,4	0,51
24	Бездоминантная организация работы	2,7	0,61
25	Обучение групповой эффективной работе	3,0	0,55
	<i>Негативные и нейтральные концепты</i>	2,7	
26	Лица, стремящиеся к доминированию в группе	3,1	0,66
27	Недоверие к утверждениям других участников	2,9	0,73
28	Различие личных целей и выгод участников	2,9	0,77
29	Интеллектуальная собственность	2,4	0,65
30	Воспитание обществом культуры лидерства	2,4	0,50
31	Национальные различия культуры поведения	2,4	0,74
	<i>Среднее значение</i>	3,1	0,66

Однако такой показатель весьма непросто количественно оценить, поскольку существует масса экстерналильных эффектов²⁵¹ научной работы, которые приводят к вкладу в доход смежных организаций. На уровне экспертизы измерение данного показателя для отрасли или другого объекта может быть осуществлено путем оценки уровня научных достижений в данной сфере с использованием модели, представленной на рис. 1.7.

Нередко для оценки эффективности научной работы используют показатель числа публикаций на миллион долларов затрат на НИОКР по ППС²⁵². По этому показателю Россия уступает только Франции и Великобритании и опережает США, Германию, Японию. Однако нельзя пренебрегать тем, что этот показатель более приемлем для оценки НИР и меньше учитывает достижения ОКР, поскольку не учитывает патентную активность. Для более корректной оценки результатов работы R&D специалистов можно рассмотреть суммарный параметр публикуемых за рубежом статей и заявок на патенты, отнесенные к годовым инвестициям

²⁵¹ Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. Проблемы экономики и юридической практики. № 2, 2017. С. 77–81.

²⁵² Производительность труда в России и в мире. М., Совет Федерации. Аналитический вестник № 29. 2016.

в НИОКР. Соответствующие данные показывают²⁵³, что публикаций, индексируемых в WoS и Scopus, и патентных заявок, поданных в стране, на миллиард долларов ВВП по ППС в России выпускается за год в два раза меньше, чем в развитых странах Европы, что связано с низким уровнем инвестиций в НИОКР.

Уровень образования. Как отмечалось выше, это наиболее сильно системно влияющий на эффективность научной деятельности концепт, поскольку вклад в ВВП экспоненциально зависит от числа лет обучения — $E(1.19)$. По уровню образованности населения Россия находится в числе мировых лидеров²⁵⁴. С другой стороны, согласно Global Competitiveness Report²⁵⁵, параметр «Высшее образование и профессиональная переподготовка» оценивается в 3,6 балла по пятибалльной шкале, то есть относительно низко. Одним из факторов такой оценки является то, что профессиональная подготовка в условиях слабого финансирования и высокой изношенности оборудования не в достаточной мере обеспечивает обучение работе с высокопроизводительной современной техникой. Управлять данным фактором можно путем стимулирования людей с высоким уровнем образования на работу в сфере НИОКР. В настоящее время российские специалисты с высоким уровнем образования нередко предпочитают работать в бизнесе, а не в науке²⁵⁶.

Интеллектуальный уровень (IQ). Ясно, что интеллектуальный уровень важен для научной работы. У нобелевских лауреатов уровень IQ равен, в среднем, 136 баллам. Такой уровень имеет около 1% населения страны. Однако высокий IQ не является гарантией успеха в жизни или науке²⁵⁷.

²⁵³ Россия и страны — члены Европейского союза, 2017: М., Стат. сб. / Росстат РФ, 2017.

²⁵⁴ Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018. — С. 9.

²⁵⁵ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. P. 248.

²⁵⁶ Светлов Н.М. Модель конкуренции науки и производства за интеллект // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума. Москва, 11–12 апреля 2017 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2017. С. 822–825.

²⁵⁷ Степанов С.С. Закат эры IQ. Мифы и тупики поп-психологии. — Дубна.: Феникс+, 2006. 232 с.

Самоконтроль, воля. Существует ряд подходов для адекватной характеристики влияния интеллекта человека на результативность его деятельности, среди которых можно отметить концепцию эмоционального интеллекта²⁵⁸ или саморегуляцию в комплексе «навыков будущего» Агентства стратегических инициатив (АСИ). Однако применительно к научной деятельности целесообразно выбрать более понятный для оценки экспертами концепт «самоконтроль, воля»^{259, 260}.

Заблуждения в сознании. Данный фактор был выведен из основного списка, поскольку очень сложно оценивать то, что находится в неизвестном месте сознания. Тем не менее данный концепт важен для понимания важности критического мышления. У людей в сознании содержится большое число заблуждений, которые возникают по разнообразным причинам. Одна из них — устаревшие теории и неправильная трактовка экспериментов. Человек воспринимает информацию значительно быстрее, чем нужно времени, чтобы проверить ее, поэтому часто в сознании остаются сомнительные факты. В книге «Экономикс»²⁶¹ приводится ряд примеров. В их числе перенос свойств частного на общее, в ходе которого истинное утверждение становится неверным.

С точки зрения системного мышления, есть три фактора, которые могут служить причиной ошибочной интерпретации собственного опыта, — регрессия, пренебрежение фактором времени и односторонняя трактовка событий²⁶².

Критическое мышление. Сложность выявления заблуждений связана с тем, что обычно они незаметны, пока Вы не займетесь детальным анализом некоторой области своих знаний и ментальных моделей. И именно в этом случае важно использовать метод критического мышления. Critical thinking²⁶³ — система сужде-

²⁵⁸ Goleman D. Emotional intelligence. New York: Bantam Books, Inc., 1995.

²⁵⁹ Muraven, M., Shmueli, D., Burkley, E. Conserving self-control strength // Journal of Personality and Social Psychology. 2006. Vol. 91. P. 524–537.

²⁶⁰ Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов. М., МГУ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. 2015.

²⁶¹ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М., Инфра-М, изд. 16, 2006 г. С. 12.

²⁶² O'Connor J, McDermott I. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997, p. 43.

²⁶³ Temple C. Critical thinking and critical literacy. Change (Peremena), № 2, 2005, pp. 15–20.

ний, которая используется для анализа событий с формулировкой обоснованных выводов и помогает выносить обоснованные оценки, интерпретации, корректно применять полученные результаты к ситуациям и проблемам. Критическое мышление начинается с постановки вопросов и выяснения проблем, которые требуется решать. В основе многих определений критического мышления лежит разумный, взвешенный подход к принятию сложных решений о поступках или ценностях. Несмотря на то что в основе критического мышления лежит независимое суждение личности, важно также использовать для правильного суждения продуктивный обмен мнениями.

Приведенные выше краткие описания роли ряда важных концептов в научной деятельности демонстрируют достаточно высокую сложность и неоднозначность их понимания. Поэтому их обсуждение в группе экспертов происходило итерационно, по мере согласования общих позиций.

2.3.3. Доработка списка концептов

По рекомендациям экспертов был добавлен ряд концептов, в частности, в блок индивидуальных факторов были введены: эффективность научной работы и оплата труда. В блок критического мышления введены концепты: инновационные методы мышления и обучение новым знаниям и навыкам. Была также сформирована новая группа факторов, связанных с воздействием внешнего окружения и управления НИОКР на уровне организации.

Далее, в ходе формирования когнитивной карты, были исключены концепты, для которых сложно было найти связи в рамках данной системы. Затем повторно был проведен опрос экспертов по определению значимости концептов и их уровня для России. Во втором опросе использовалась 10-балльная шкала, обеспечивающая более мелкий шаг оценивания. Результаты опроса, в соответствии с доработанным списком (математическое ожидание — M и стандартное отклонение — S), представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5.

Значимость и уровень концептов доработанного списка

Группа	№	Концепты	Значимость - М	Уровень для России - М	Значимость - S	Уровень для России - S
Измеримые концепты	1	Уровень образования	8,3	7,4	0,5	0,8
	2	Интеллектуальный уровень (IQ)	7,7	7,1	2,2	1,4
	3	Коммуникативные навыки, связи	7,2	6,0	1,5	2,2
	4	Знание иностранных языков	7,0	5,0	1,5	1,8
	5	Эффективность научной работы		5,8		1,1
	6	Оплата труда	7,3	4,0	2,2	1,2
	7	Компьютерная поддержка	8,2	6,3	1,0	1,3
Ментальные концепты	8	Самоконтроль, воля	8,1	6,0	1,8	1,8
	9	Обучение критическому мышлению	7,6	5,5	1,3	1,8
	10	Обучение новым знаниям и навыкам	7,3	6,1	1,3	1,4
	11	Инновационные методы мышления	7,4	5,6	1,2	1,5
	12	Умение выявлять и решать проблемы	7,7	5,5	1,6	1,1
	13	Умение мыслить системно	8,0	6,0	1,3	1,1
Внешнее воздействие	14	Финансирование и обеспечение ресурсами	8,2	4,6	0,8	1,3
	15	Спрос на научные разработки	8,4	4,6	0,9	1,4
	16	Стратегические программы развития	8,0	5,6	1,7	1,5
	17	Система поддержки НИОКР в компании	8,7	4,9	0,9	1,1
	18	Инновационная культура бизнеса	7,0	4,9	1,6	1,5
Групповая работа	19	Согласованная общая цель	7,3	5,7	1,7	1,7
	20	Психологический климат в группе	7,4	6,0	1,3	2,0
	21	Обучение командной работе	6,8	5,9	1,0	2,0
	22	Разнообразие компетенций	7,6	6,5	1,4	1,8
		Среднее значение	7,7	5,7	1,4	1,5

По результатам опроса можно подвести следующие итоги. Средняя оценка значимости составляет 7,8, а для России 5,7 (примерно средний уровень). Наибольшую оценку значимости получили концепты: система поддержки НИОКР в компании (8,7), уровень образования (8,3), спрос на научные разработки (8,4). Наиболее низко оценены концепты: обучение командной работе (6,8), инновационная культура бизнеса (7,0) и знание иностранных языков (7,0). Уровень оценок для России примерно на 2 балла ниже, чем значимость, в целом. Стандартное

отклонение в среднем составляет 1,5 балла для обеих измеряемых величин и варьируется от 0,5 до 2,0. Коэффициент вариации по большинству концептов не превышает 33%, что свидетельствует об однородной совокупности оценок. Из групп параметров наибольшую значимость имеет «внешнее воздействие» и по ней же наиболее низкие оценки уровня для России.

2.3.4. Формирование и оценка когнитивной матрицы

В результате проведенных обсуждений была построена нечеткая когнитивная карта, которая представлена в таблице 2.6 ²⁶⁴ в виде когнитивной матрицы в квартилях ($3 = 0,75$, $2 = 0,5$, $1 = 0,25$, $-1 = -0,25$, $-2 = -0,5$, $-3 = -0,75$, где вторая цифра представляет силу связи в долях единицы). Для построения FCM использовалась СППР «ИГЛА»²⁶⁵.

В таблице 2.7 представлены данные о консонансах влияния концептов на систему (КС) и системы на концепты (СК). При этом влияние СК определялось как сумма влияний всех концептов на данный, а влияние КС — как влияние концепта на все концепты системы. Жирным шрифтом выделены те концепты, консонанс влияния на которые со стороны ряда других концептов менее 50%. Видно, что для них влияние СК < КС.

²⁶⁴ Orekhov V., Ramanau R., Melnik M. (2018) Investigation of the Legislation of Control Effectiveness of Labor of Scientific Groups. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development, pp. 669–678.

²⁶⁵ Podvesovskii, A.G., Lagerev, D.G., Korostelev, D.A. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений // Вестник Брянского государственного технического университета, 2009, № 4 (24). С. 77–84.

Таблица 2.6.

Когнитивная матрица эффективности научной деятельности

	Концепт, группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Образование (количество лет обучения)				1	3	1		1														
2	Интеллектуальный уровень (IQ)					1																	
3	Коммуникативные навыки, связи					2																	
4	Знание иностранных языков			2																			1
5	Эффективность научной работы						2							1			-2		1				
6	Оплата труда	3	1			1																	2
7	Компьютерная поддержка					2																	
8	Самоконтроль, воля					2														2			
9	Обучение критическому мышлению											2											
10	Инновационные методы мышления					1																	
11	Умение выявлять и решать проблемы					2																	
12	Умение мыслить системно					2																	
13	Финансирование и обеспечен. ресурсами					2	1									2	2						
14	Спрос на научные разработки	2		1										3			2						
15	Стратегические программы развития														3								
16	Переподготовка научных кадров	1			1					2	1	1	2										1
17	Система поддержки НИОКР в компании						1	1									3						
18	Инновационная культура бизнеса	1								1								2				1	
19	Согласованная общая цель					2													2				
20	Психологический климат в группе					1																	
21	Обучение командной работе			1																2	1		
22	Разнообразие компетенций					2																	

Таблица 2.7.

Консонансы влияния системы и концептов, %

Концепты	КС	СК	Концепты	КС	СК
Образование (количество лет обучения)	0,73	0,49	Умение мыслить системно	0,66	0,51
Интеллектуальный уровень	0,66	0,91	Финансирование и обеспечение ресурсами	0,64	0,92
Коммуникативные навыки, связи	0,66	0,36	Спрос на научные разработки	0,69	0,92
Знание иностранных языков	0,72	0,40	Стратегические программы развития	0,69	0,92
Эффективность научной работы	0,64	0,89	Переподготовка научных кадров	0,90	0,50

Концепты	КС	СК	Концепты	КС	СК
Оплата труда	0,74	0,91	Система поддержки НИОКР в компании	0,64	0,92
Компьютерная поддержка	0,66	0,93	Инновационная культура бизнеса	0,79	0,92
Самоконтроль, воля	0,71	0,51	Согласованная общая цель	0,68	0,73
Обучение критическому мышлению	0,68	0,19	Психологический климат в группе	0,66	0,92
Инновационные методы мышления	0,66	0,51	Обучение командной работе	0,70	0,92
Умение выявлять и решать проблемы	0,66	0,50	Разнообразие компетенций	0,66	0,48
Здесь КС — консонанс влияния концепта на систему, СК — консонанс влияния системы на концепт					

Анализ консонанса влияния показал, что в среднем он составляет 72%, то есть является достаточно высоким, и в целом матрице можно доверять. Однако для трех концептов (обучение критическому мышлению, коммуникативные навыки и знание иностранных языков) консонанс влияния на них значительно меньше 50%. Это происходит вследствие того, что связи, воздействующие на эти концепты со стороны других концептов системы, недостаточно сильны, как видно из когнитивной матрицы (таблица 2.6).

На рис. 2.13 приведен альфа-срез консонанса влияния на уровне 90%. Из него видно, что важнейшими для консонанса концептами являются: система поддержки R&D в компании, инновационная культура бизнеса, согласованная общая цель и обучение командной работе (5–7 связей не менее 90% уровня с каждым узлом).

Однако для ряда концептов, прежде всего ментального блока (инновационные методы мышления, обучение критическому мышлению, умение мыслить системно, а также выявлять и решать проблемы и знание иностранных языков), получен консонанс ниже 90%. Это происходит вследствие того, что связи, воздействующие на эти концепты со стороны всей системы и других концептов, недостаточно сильны и многочисленны.



Рис. 2.13. Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90%

На рис. 2.14 представлен альфа-срез взаимно-положительного влияния концептов на уровне 50%. В альфа-срез вошло 19 из 22 концептов. Не вошли в альфа-срез (меньшее влияние): «Интеллектуальный уровень», «Инновационные методы мышления» и «Психологический климат в группе». Именно эти концепты согласно данной версии когнитивной матрицы (таблица 2.6) минимально влияют на целевой концепт. Видно, что основным узлом, на который направлено влияние других концептов, является целевой фактор: «Эффективность научной работы». Важными узлами воздействия на систему также являются: «Спрос на научные разработки», «Согласованная общая цель», «Образование», «Переподготовка научных кадров» и «Финансирование и ресурсы».

Таким образом, примерно половина узлов влияния на систему расположены в подсистеме «Внешнее воздействие» за исключением целевого концепта «Эффективность научной работы», заранее определенного в качестве важнейшего, а также концептов «Образование» и «Согласованная общая цель».

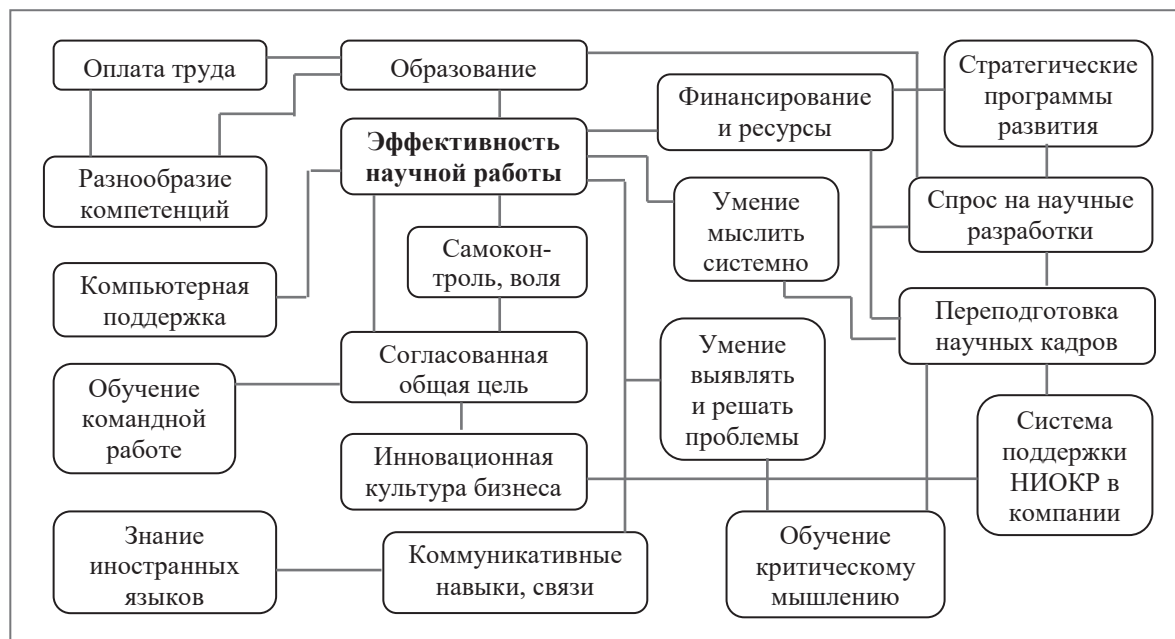


Рис. 2.14. Альфа-срез взаимно-положительного влияния на уровне 50%

2.3.5. Моделирование динамического поведения системы

При динамическом моделировании развития системы в качестве целевого использовался концепт «Эффективность научной работы» с целевым уровнем — очень высокий (100%). В число управляющих параметров были включены концепты, которыми реально можно управлять: «Оплата труда», «Спрос на научные разработки», «Стратегические программы развития», «Переподготовка научных кадров», «Финансирование и ресурсы»²⁶⁶.

Начальные значения для большинства концептов равнялись среднему уровню — 50%. Для концептов спрос на научные разработки, финансирование и обеспечение ресурсами, инновационная культура бизнеса, знание иностранных языков и оплата труда начальный уровень — 36%. Для концептов образование, интеллектуальный уровень (IQ), компьютерная поддержка, самоконтроль/воля, инновационные методы мышления и разнообразие компетенций — 64%. Уровень

²⁶⁶

Shinkareva O., Orekhov V., Solodukha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

начального импульса управляющих концептов (в основном применялись одиночные воздействия) выбирался минимальным — 14%. По мере необходимости он варьировался.

На рис. 2.15 представлена динамика ряда концептов системы труда R&D-специалистов при использовании управляющего воздействия: «Оплата труда» (рост на 14%).

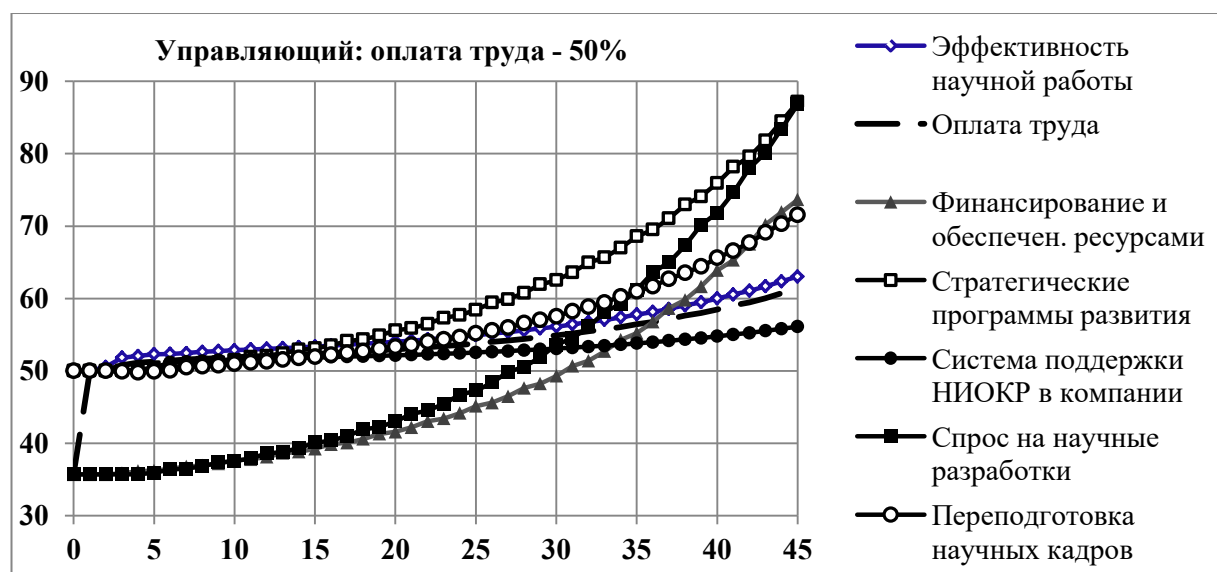


Рис. 2.15. Влияние оплаты труда на динамику системы R&D-труда

Видно, что «Эффективность научной работы» возрастает за 44 шага на 12,4%, при этом суммарно оплата труда возрастает на 24,7%. Одновременно быстро растут «Финансирование и обеспечение ресурсами» и «Стратегические программы развития», а также «Спрос на научные разработки» (с 36 до 83%). Медленнее всех (на 1–3%) растут «Психологический климат в группе», «Обучение командной работе» и «Компьютерная поддержка».

Ментальные концепты растут примерно на 10% за 44 шага («Умение мыслить системно» — на 19%). На рис. 2.16 представлена динамика концептов системы при использовании управляющего воздействия: «Спрос на научные разработки» (начальный импульс — 14%). При этом «Эффективность научной работы» возрастает за вдвое меньшее время (15 шагов) на 16%, то есть больше, чем в предыдущем варианте управления, примерно в полтора раза. Также можно отметить,

что суммарно оплата труда возрастает значительно меньше — на 14%. Система изменяется примерно втрое быстрее, и все параметры приобретают асимптотический характер изменения вскоре после того, как управляющий параметр достигает уровня 100%.

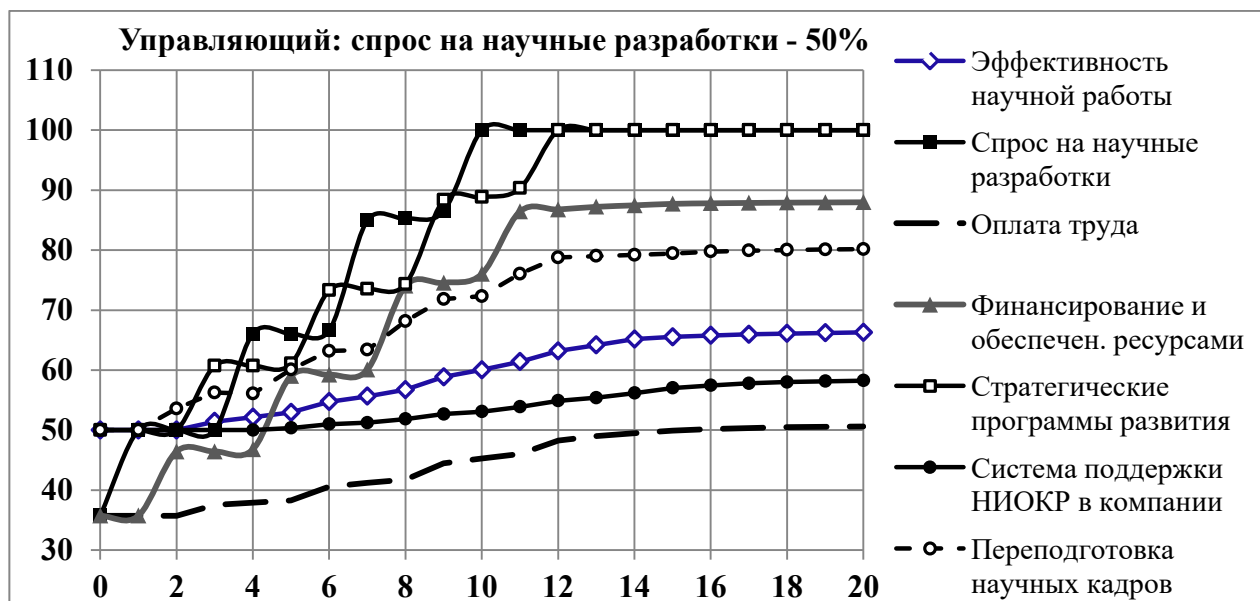


Рис. 2.16. Влияние спроса на научные разработки на динамику системы

Быстро растут «Финансирование и обеспечение ресурсами» и «Стратегические программы развития». Медленнее всех (на 2–4%) растут «Психологический климат в группе» и «Обучение командной работе». Рост ментальных концептов составляет порядка 15% («Умение мыслить системно» — на 30%). С точки зрения управления эффективностью научного труда данный вариант управления по всем параметрам лучше, чем рост оплаты труда.

На рис. 2.17 представлена динамика системы под воздействием «Стратегических программ развития» (начальный импульс — 14%). При этом «Эффективность научной работы» возрастает за 14 шагов на 16%, как и в варианте роста спроса на научные исследования. Одновременно суммарно оплата труда возрастает на 15%. Система изменяется почти точно так же, как и в варианте «Спрос на научные исследования», но несколько более быстро.

Таким образом, из четырех вариантов управляющих воздействий было выявлено две пары подобного поведения системы, отличающиеся скоростью реакции на управляющее воздействие примерно втрое. Основные результаты управленческих воздействий приведены в таблице 2.8.

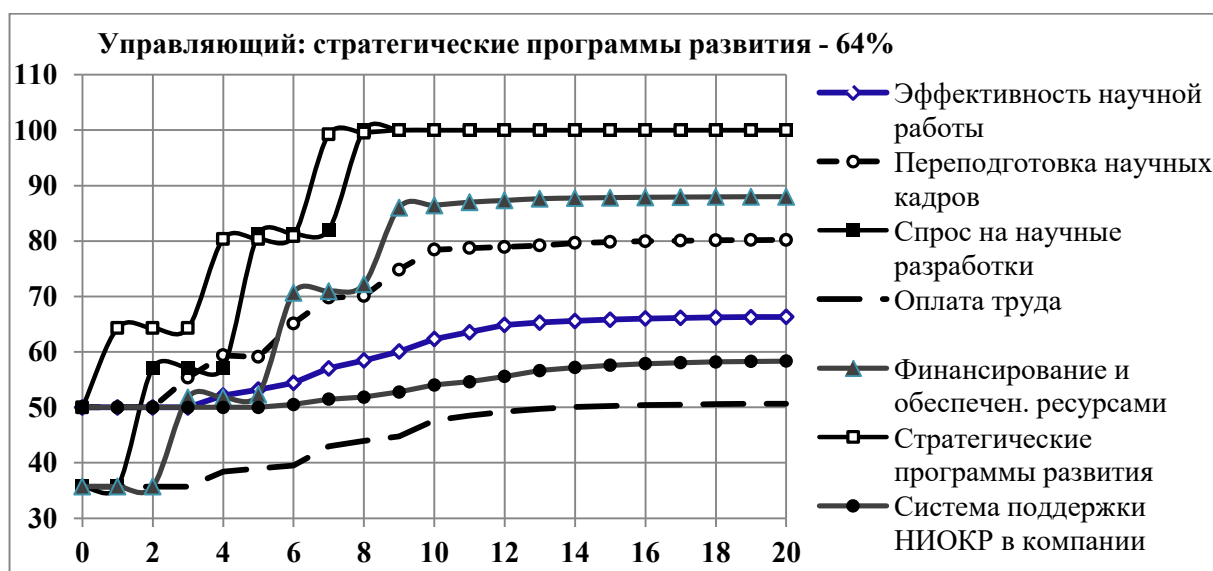


Рис. 2.17. Влияние стратегических программ развития на динамику системы

Таблица 2.8.

Результаты управленческих воздействий на систему

Управляющий концепт	Управляющий импульс	Рост эффективности научной работы	Рост оплаты труда	Время реакции, шагов
Оплата труда	С 36 до 50%	12,4%	24,7%	44
Переподготовка научных кадров	С 50 до 64%	14%	11%	44
Спрос на научные разработки	С 36 до 50%	16%	14%	15
Стратегические программы развития	С 50 до 64%	16%	15%	14

Если соотнести изученные управляющие воздействия со схемой входа-выхода системы научного труда, можно определить, что «Стратегические программы развития» относятся к входу в данную систему, «Спрос на научные разработки» —

к выходу, а два других управленческих воздействия нацелены непосредственно на систему. Таким образом, наиболее сильное воздействие на систему регистрируется на входе и выходе из нее, то есть на внешних условиях, а управление самой системой происходит более медленно.

Подводя итоги проведенных расчетов, можно рекомендовать лицам, принимающим решения, ориентироваться на варианты воздействий: «Спрос на научные разработки» и «Стратегические программы развития», хотя возможно и комплексное воздействие на управляемую систему²⁶⁷.

Было также выявлено, что наиболее медленно (на 1–3% за весь цикл) растут концепты «Психологический климат в группе» и «Обучение командной работе». Рост ментальных концептов составляет примерно 14%, что соответствует величине управляющего импульса и росту эффективности научной работы. Концепт «Умение мыслить системно» растет наиболее быстро — до 35%.

Выводы к главе 2

1. Разработана проблемно ориентированная система когнитивного моделирования альтернативных возможностей повышения ВВП на душу населения России и определения причин несоответствия уровня образования работников и ВВП на душу населения страны. Полученная информация о закономерностях повышения эффективности R&D-труда позволяет ЛПР принимать обоснованные решения по управлению системой научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

2. Динамическое моделирование системы позволило выбрать наилучшую комплексную программу развития, оказывающую положительное влияние на целевую функцию — величину ВВП на душу населения, в качестве управляющих

²⁶⁷ Shinkareva O., Orekhov V., Solodukha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managing the Performance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, pp. 303–317.

параметров которой выступают активизация инновационной деятельности и совершенствование стратегических программ.

3. Наибольшую угрозу для реализации программы социально-экономического развития и роста ВВП на душу населения создает медленный темп обновления основных фондов. В частности, производительность труда и ВВП на душу населения растут примерно с таким же темпом, с которым уменьшается износ основных фондов.

4. Разработана проблемно ориентированная система когнитивного моделирования управленческих воздействий на повышение эффективности труда важнейшего сегмента человеческого капитала — R&D-команд.

5. Основными проблемными зонами системы R&D-труда являются: «Оплата труда», «Финансирование и ресурсы» и «Спрос на научные разработки». Основными узлами воздействия на систему являются: «Согласованная общая цель», «Финансирование и ресурсы», «Спрос на научные разработки», «Образование» и «Переподготовка научных кадров».

6. Динамическое моделирование поведения системы показало, что воздействие на концепты «Стратегические программы развития» и «Спрос на научные разработки» позволяет реализовать прирост производительности труда в три раза быстрее, чем на «Оплату труда» и «Переподготовку научных кадров». «Оплата труда» оказалась наименее эффективным управленческим воздействием.

Глава 3. Разработка моделей прогнозирования развития социально-экономических систем на базе интегральных индексов

3.1. Разработка индикативной системы оценки ВВП на душу населения с использованием интегральных индексов и учетом фактора человеческого капитала

Экономисты признают тот факт, что спектр проблем, касающихся скорости экономического роста, относится к разряду важнейших в макроэкономике. Тем не менее разрешить эти проблемы в достаточной мере на теоретическом уровне пока не удастся. Поэтому актуальными становятся эмпирические подходы к прогнозированию экономического развития, характерным признаком которых является наличие широкого спектра макро- и микроэкономических параметров конкурентоспособности стран. Экспертами на базе данных статистики Всемирного экономического форума, Всемирного банка и опроса руководителей корпоративных структур разработан широкий спектр разнообразных глобальных рейтингов — таких как Global Competitiveness Index, Index of Economic Freedom, Doing Business и другие^{268, 269}.

Однако связь между этими индексами и динамикой экономического развития по вкладу макроэкономических и микроэкономических индикаторов далеко не очевидна. К тому же возникают вопросы относительно корректности формирования ряда этих индексов. Так, в работе А.И. Агеева²⁷⁰ отмечено:

²⁶⁸ Экономическое развитие ЕАЭС и государств-членов в 2015 году: Международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. 2005. URL: www.eurasiancommission.org

²⁶⁹ Причина О.С., Орехов В.Д., Каранашев А.Х. Разработка модели прогнозирования экономической динамики стран на базе глобальных индексов// Вестник Северо-Осетинского государственного университета. 2020; 1: 158–166. DOI: 10.29025/1994-7720-2020-1-158-166. URL: <http://bulletinnosu.ru/upload/2020-1/158-166.pdf>

²⁷⁰ Агеев А.И., Бестужев-Лада И.В., Менш Г., Мэтьюз Р. и др. Глобальный рейтинг интегральной мощи 50 ведущих стран мира. М.: МЛСУ, МАИБ, ИНЭС, 2007. URL: http://www.maib.ru/netcat_files/Image/50_countries_global_rating.pdf

«Ретроспективный анализ популярных и влиятельных рейтингов показывает значительную неточность оценок и их зависимость от сиюминутных колебаний симпатий составителей рейтингов»... «Помимо этих откровенно манипулятивных оценок, безусловно, формируются и более взвешенные подходы. К ним, например, относится глобальный рейтинг конкурентоспособности, формируемый Всемирным экономическим форумом (ВЭФ). Однако проблема обоснованности и/или добросовестности методологии по-прежнему остается актуальной».

Сложность задачи экономического прогнозирования развития (перспектив) социально-экономических систем связана с тем, что связи прогноза с анализируемым явлением носят вероятностный характер. Для исследования поисковой модели влияния этих факторов на динамику развития может быть использован метод межстранового сопоставления, однако это требует измерения в единой системе и учета влияния сотен статистических параметров информации.

В разделе 1.4 для упрощения решения этой задачи была проанализирована зависимость влияния на ВВП/Д образования работников четырнадцати крупнейших мировых экономик с учетом влияния доли различных уровней образования (потенциальной причины).

Исследование показало, что в целом разработанная модель обеспечивает для большинства этих экономик удовлетворительную погрешность прогнозирования, но для ряда стран конверсия образовательного капитала в ВВП существенно отклоняется от средних значений. В частности, для России это отклонение очень велико — минус 49% (таблица 1.8, рис. 1.15). Это принципиально важный результат, который ставит дилемму:

- либо для правильной индикативной диагностики необходимо учитывать более широкий комплекс факторов;
- или Россия обладает особенностями, препятствующими эффективной конверсии образовательного человеческого капитала в GDP.

С целью разрешения данной дилеммы было проведено представленное здесь исследование, в котором в качестве Предикторов использовались 10 наиболее

представительных глобальных индексов и индикаторов^{271, 272}. Такой подход был использован в связи с тем, что мировая экономика развивается как единая система, имеющая единый капитал явных знаний и технологий²⁷³, поэтому принципиально важно при разработке прогностических моделей опираться на информацию об этой системе, учитывающей как параметры отдельных стран, так и интегральное видение всей мировой экономики.

В настоящее время разработано более десятка таких индексов, в частности, Index of Economic Freedom²⁷⁴, Worldwide Governance Indicators²⁷⁵, The Legatum Prosperity Index²⁷⁶ и другие. Характерно, что индикаторы представленных выше индексов преимущественно нацелены на диагностику уровня различного рода свобод²⁷⁷ и не охватывают значительную часть важных направлений социально-экономической системы. Более комплексно диагностирует производственно-экономическую деятельность Global Competitiveness Index²⁷⁸ (Schwab, 2019), на основе которого акцентируется внимание на различных аспектах конкурентоспособности бизнеса, рыночной деятельности, а также на факторах человеческого капитала.

²⁷¹ Адериho Ю.А., Крюков А.Ф. Особенности индикативных методов оценки экономических циклов // Сибирская финансовая школа, #4. 2010. С. 39–43.

²⁷² Дровяников В.И., Чумак Е.А. Разработка методики индикативной оценки состояния социально-экономической системы. Вестник Международного института рынка, Самарский университет государственного управления, г. Самара, 2017, № 2, С. 14–18.

²⁷³ Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. М.: Альпина нон-фикшн, 2012.

²⁷⁴ Miller T., Kim A. B., Roberts J. M., Tyrrel P. (2019) Index of Economic Freedom. Washington: Heritage Foundation. <http://www.heritage.org/index>

²⁷⁵ Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. (2010). The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues World Bank Policy Research Working Paper # 5430.

²⁷⁶ The Legatum Prosperity Index, 2019, Legatum Institute, 11 Charles Street, London W1J 5DW, United Kingdom URL: https://www.prosperity.com/download_file/view_inline/3690.

²⁷⁷ Гурвич Е.Т. Экономическая свобода и государство: друзья или враги. МЦСЭИ «Леонтьевский центр», 2012. С. 39–50.

²⁷⁸ Schwab K. The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings. World Economic Forum 2019. <https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>

В последнее время доля человеческого капитала в составе национального богатства большинства развитых и крупных развивающихся стран резко выросла и достигает 80%. Поэтому разработан ряд индексов, агрегирующих информацию о человеческом капитале стран мира, в частности: Global Human Capital²⁷⁹ и Human Capital Index²⁸⁰, в которых используются принципиально различные модели человеческого капитала.

Еще одно важное направление разработки глобальных индексов направлено на формирование альтернативного ВВП на душу населения²⁸¹ индикатора результативности экономической политики. В качестве такого показателя был разработан World Happiness Index²⁸² и другие^{283, 284, 285, 286, 287, 288}. В условиях перехода от постиндустриального к интеллектуальному обществу повышение уровня счастья людей может способствовать росту человеческого капитала, а соответствующий индекс может коррелировать с показателями человеческого капитала. Поэтому

²⁷⁹ Schwab K. The Global Human Capital Report. World Economic Forum, Cologny/ Geneva Switzerland, 2019. URL: educationgenderwork@weforum.org

²⁸⁰ The changing nature of work. World development report 2019. Washington, DC 20433. World Bank Group.

²⁸¹ Peter van de Ven. (2014). The Implementation of the 2008 SNA and the Main Challenges_rus.pdf 3rd General conference of the International Association for the study of income and wealth, Rotterdam.

²⁸² Helliwell, J., Layard, R., & Sachs, J. (2019). World Happiness Report 2019, New York: Sustainable Development Solutions Network. <http://worldhappiness.report/>

²⁸³ Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin — 1974.

²⁸⁴ Veenhoven, Ruut. “Social conditions for human happiness: A review of research.” International Journal of Psychology 50, no. 5 (2015): 379–391.

²⁸⁵ Аргайл М. Психология счастья. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003.

²⁸⁶ Лэйард Р. Счастье. Уроки новой науки. М.: Издательство Института Гайдара, 2012.

²⁸⁷ Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 3 (39) 2015. 141–162 с.

²⁸⁸ Экономическое развитие ЕАЭС и государств-членов в 2019 году: Международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. — 2019. URL: www.eurasiancommission.org

важно понять, как в комплексе показателей индикативной диагностики взаимодействуют индикаторы человеческого капитала и Happiness Index.

Целью данного исследования является разработка модели индикативной диагностики величины ВВП на душу населения в зависимости от индексов, характеризующих как человеческий капитал, так и широкий спектр альтернативных факторов.

Основная методическая идея заключалась в том, чтобы сформировать на основе этих индексов путем линейной комбинации Предиктор, который наилучшим образом коррелирует с величиной ВВП/Д. Оптимизация весовых коэффициентов, составляющих комплексный Предиктор, осуществляется с помощью регрессионного анализа, причем в качестве критерия оптимизации используется максимизация коэффициента детерминации (R^2), характеризующего зависимость ВВП/Д от комплексного Предиктора. Считается, что весовые коэффициенты индексов такого оптимизированного Предиктора отражают их влияние на величину ВВП/Д. Тем самым можно определить вклад человеческого капитала в рост ВВП/Д. Разработанная таким образом математическая модель зависимости ВВП/Д от оптимизированного комплексного Предиктора позволяет определить, в какой мере Россия и ряд других стран отклоняются от осредненной модели.

Решение этой задачи является также важным шагом на пути к пониманию комплекса факторов (предикторов), влияющих на экономическую динамику, поскольку в квазистационарном приближении продвижение стран по пути роста глобальных индексов, предположительно, эквивалентно увеличению ВВП/Д с точностью до нестационарных и циклических эффектов.

3.1.1. Методика исследования

В качестве методологической основы в исследовании использовался регрессионный и корреляционный анализ. В качестве основного показателя (признака) результативности экономической деятельности в работе используется параметр ВВП на душу населения (ВВП/Д). Используется показатель ВВП по паритету покупательной способности (ППС), выраженный в международных долларах 2018 года по данным World Bank.

В работе исследуется зависимость показателей результативности работы экономики от Предикторов (аргументов, факторов), в качестве которых использовались глобальные индексы (рейтинги), агрегированно характеризующие особенности экономического, правового и социального устройства стран. Хотя они условно рассматриваются как факторные признаки, ясно, что в столь сложной системе все параметры являются взаимозависимыми. В качестве таких факторов использовались, в основном, наиболее известные индексы, список которых представлен в табл. 3.1, причем три из них относятся к числу характеризующих человеческий капитал (GHC, HCI, MYS).

Таблица 3.1.

Исследуемые в качестве факторов индексы

i	Сокращение	Полное название	Индикаторы
1	IEF	Index of Economic Freedom	Свобода: бизнеса, торговли, денег, инвестиций, финансов, трудовых отношений, налогов — от коррупции, от правительства; защита прав собственности ²⁸⁹
2	WGI	Worldwide Governance Indicators	Подотчетность властей и свобода слова, качество и верховенство законов, эффективность власти, стабильность и отсутствие насилия, контроль коррупции ²⁹⁰
3	EDB	Ease of Doing Business Ranking, World Bank	Легкость условий: начала бизнеса, регистрации недвижимости, строительства, доступа к электроснабжению, защиты инвестиций и оформления кредитов, международной торговли и налогообложения, реализации контрактов и прекращения бизнеса ²⁹¹
4	GCI	Global Competitiveness Index, WEF	Макроэкономика, рынки товаров, услуг, финансов и труда; инфраструктура, институты, здоровье людей, инновационный потенциал, образование, конкурентоспособность бизнеса и технологическое развитие ²⁹²

²⁸⁹ Miller T., Kim A. B., Roberts J. M., Tyrrel P. (2019) Index of Economic Freedom. Washington: Heritage Foundation.

²⁹⁰ Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. (2010). The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues World Bank Policy Research Working Paper # 5430.

²⁹¹ Doing Business 2020. Washington, The World Bank. URL: www.worldbank.org

²⁹² Schwab K. The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings. World Economic Forum 2019.

i	Сокращение	Полное название	Индикаторы
5	MYS	Mean Years of Schooling, UNDP	Средняя продолжительность обучения трудоспособного населения ²⁹³
6	GHC	Global Human Capital, WEF	Производительность (уровень образования работников), внедрение (накопление навыков), развитие (образования и квалификации), ноу-хау (навыки, используемые на работе) ²⁹⁴
7	HCI	Human Capital Index, World Bank Group	Вероятность ребенка дожить до 5 лет, ожидаемое количество лет обучения в школе до 18 лет с учетом качества образования, выживаемость взрослых до 60 лет и доля детей без задержек развития ²⁹⁵
8	RDE	R&D Expenditure	Расходы на научные исследования и разработки. R&D охватывает фундаментальные исследования, прикладные исследования и экспериментальные разработки ²⁹⁶
9	WHI	World Happiness Index	Прогноз продолжительности здоровой жизни, социальная поддержка, свобода жизненного выбора, поддержка со стороны других людей, низкая коррупция, ощущение людьми положительных или отрицательных эмоций ²⁹⁷
10	LPI	The Legatum Prosperity Index, Legatum Institute	Экономика, управление, предпринимательство, образование, здравоохранение, личные свободы, социальный капитал, безопасность, экология ²⁹⁸

В эту группу кроме широко известных глобальных индексов добавлен индикатор Mean Years of Schooling — MYS, характеризующий число лет обучения. Этот индикатор является субиндексом глобального рейтинга: Human Development Index, формируемого Программой развития Организации Объединенных Наций

²⁹³ Human Development Indices and Indicators: 2018 Statistical Update. United Nations Development Programme. 2018.

²⁹⁴ Schwab K. The Global Human Capital Report. World Economic Forum, Cologny/Geneva Switzerland, 2019.

²⁹⁵ The changing nature of work. World development report 2019. Washington, DC 20433. World Bank Group.

²⁹⁶ R&D Expenditure, % of GDP. Мировой атлас данных. Knoema Enterprise. 2017. URL: <https://knoema.ru/>

²⁹⁷ Helliwell, J., Layard, R., & Sachs, J. (2019). World Happiness Report 2019, New York: Sustainable Development Solutions Network. <http://worldhappiness.report/>

²⁹⁸ The Legatum Prosperity Index, 2019, Legatum Institute, 11 Charles Street, London W1J 5DW, United Kingdom

(UNDP). Для удобства сравнения данного показателя с другими индексами величина MYS представлена в относительных единицах за счет отнесения к условной продолжительности третичного образования, которая принята равной 16 годам. Полностью Human Development Index не используется, поскольку в его состав входит ВВП/Д и он играет в большей мере роль результирующего показателя социально-экономического развития стран, а не аргумента²⁹⁹.

Кроме того, в качестве индикатора используется показатель R&D Expenditure (в долях от ВВП), который характеризует наличие человеческого капитала, связанного с R&D-деятельностью. Все индексы представлены в работе в долях единицы. Для нормирования величины RDE она отнесена к 5%.

Ввиду существенного различия стран мира по численности населения и величине ВВП вопрос их сравнения и выявления статистических зависимостей является неоднозначным и требует либо введения весовых коэффициентов, либо ограничения разнообразия корреляционного поля. Существенно, что малые страны легко подвержены внешним или природным влияниям, поэтому разброс точек, соответствующих им, может быть более случайным. Поэтому в работе использовалась серия выборок стран, в состав которых включались, в первую очередь, более крупные страны по величине ВВП по ППС. Выборки в соответствии с числом крупнейших экономик обозначались буквой G и числом стран выборки: G6, G12, G24, G48, G72.

В выборки не были включены нефтедобывающие страны, для которых зависимость ВВП/Д от различных индексов существенно отклоняется от общих закономерностей: Катар, Кувейт, Саудовская Аравия. Также в выборки не вошли экономики, по которым в ряде индексов нет данных: Азербайджан, Белоруссия, Ирак, Ливан, Ливия, Оман, Пуэрто-Рико, Судан, Тайвань, Туркмения, Узбекистан. Вместо этих стран в выборку включались государства, следующие по величине ВВП по ППС.

Для визуального анализа страны G6 обозначались на графиках следующими значками (Китай — △, США — ○, Индия — ◇, Япония — ×, Германия — +, Россия — □).

²⁹⁹ Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 3 (39) 2015. 141–162 с.

Ввиду того что ВВП различных стран различаются очень сильно, нахождение единой регрессионной зависимости для них не является целесообразным. Поэтому определяются регрессионные зависимости и достоверность аппроксимации (коэффициенты детерминации — R^2) для всех указанных выше выборок G6 — G72. Поиск оптимального комплексного индекса осуществляется по показателю максимального среднего арифметического (mid) значения коэффициента детерминации — R_m^2 по указанным пяти выборкам. Также определялся показатель погрешности регрессионной модели — $\Delta R_m^2 = 1 - R_m^2$. Целевое значение $\Delta R_m^2 = 0,1$.

Кроме основных индексов (Предикторов), приведенных в таблице 3.1, исследовались комплексные Предикторы, которые представляли собой линейную комбинацию основных индексов согласно формуле (3.1), где k_i — положительные коэффициенты, сумма которых равна единице:

$$CP = k_1 \cdot IEF + k_2 \cdot EDB + k_3 \cdot WGI + k_4 \cdot GCI + k_5 \cdot MYS + k_6 \cdot GCI + k_7 \cdot HCI + k_8 \cdot RDE + k_9 \cdot WHI + k_{10} \cdot LPI. \quad (3.1)$$

В процессе оптимизации комплексного Предиктора CP для различных k_i определялась регрессионная модель ВВП/Д от CP и вычислялись значения R^2 для пяти выборок. Далее находились оптимальные значения k_i , при которых достигается максимум величины R_m^2 .

3.1.2. Корреляция между ВВП/Д и глобальными индексами

Для оценки уровня парной корреляции между ВВП/Д и каждым из индексов, приведенных в табл. 3.1, для них, с использованием выборок G6 — G72, были определены значения коэффициентов детерминации, которые представлены на рис. 3.1³⁰⁰. Эти значения R^2 даны относительно экспоненциального тренда, поскольку для некоторых сочетаний индексов и выборок степенной тренд отсутствует, что затрудняет сравнение. Для большинства индикаторов значения R_m^2 для степенного тренда незначительно больше, чем для экспоненциального.

³⁰⁰ Orekhov V.D., Prichina O.S., Gizyatova A.S., et al. Development of the indicative system for assessing GDP per capita using cumulative indices, including human capital. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems Volume 12, 05-Special Issue, 2020. P. 1139–1152.

Из рис. 3.1 видно, что наибольшее среднее значение $R_m^2 = 0,832$ обеспечивает Human Capital Index (World Bank Group), причем для выборки G24 при экспоненциальном тренде $R^2 = 0,906$, а при степенном — $R^2 = 0,911$.

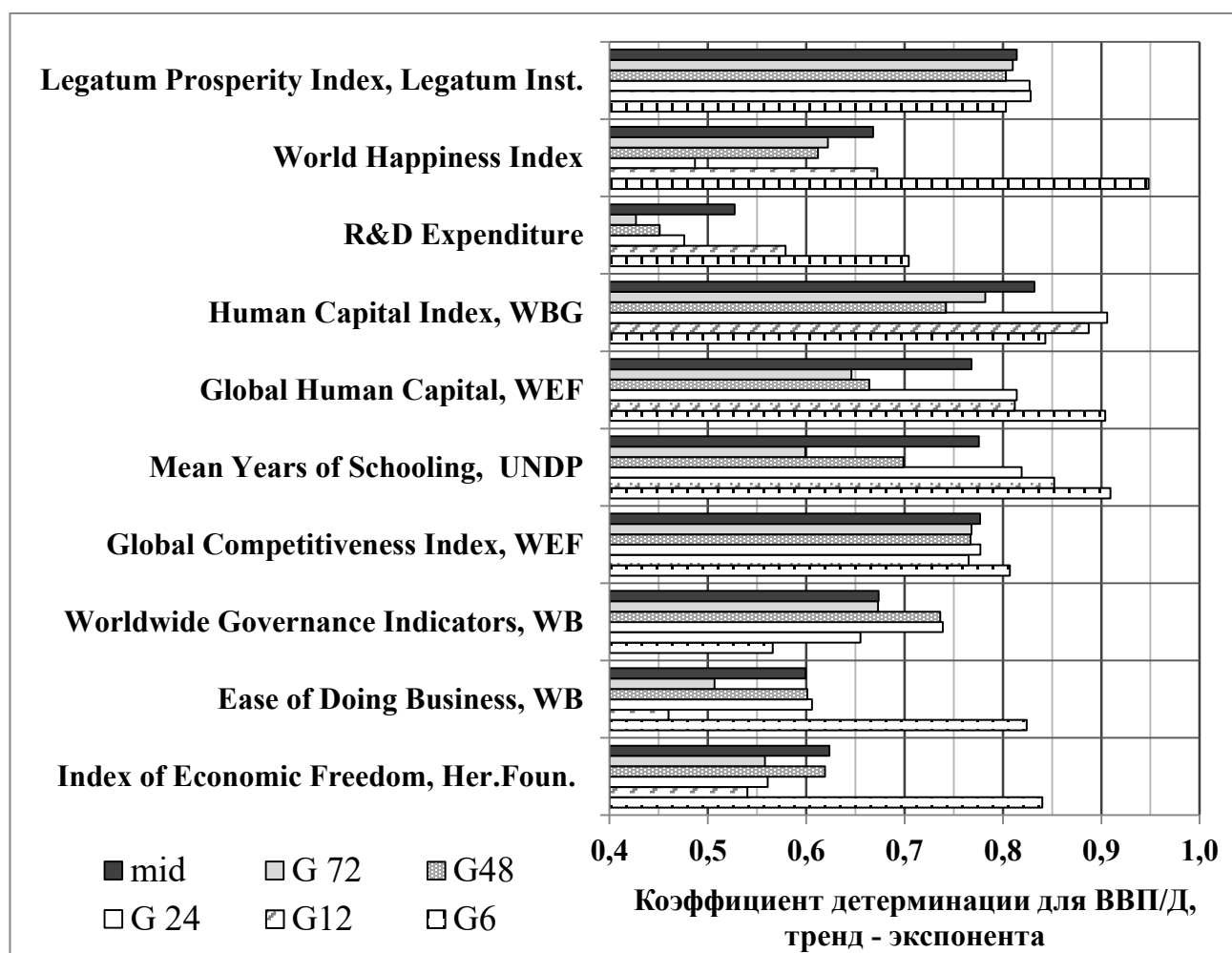


Рис. 3.1. Значения R^2 для зависимости ВВП/Д от глобальных индексов

Как видно из рис. 3.1, все индексы, характеризующие человеческий капитал (HCI, GHC, MYS), относятся к числу имеющих высокое среднее значение R_m^2 при экспоненциальном и степенном трендах. Для других трендов величина R_m^2 ниже. С уменьшением размера выборки коэффициент детерминации в основном имеет тенденцию к увеличению, но для выборки G6 данная закономерность может нарушаться.

Регрессионные зависимости ВВП/Д от Human Capital Index для выборки G24 при экспоненциальном и степенном (пунктир) трендах приведены на рис. 3.2. Графики степенного и экспоненциального трендов достаточно близки, причем для степенного тренда R_m^2 несколько больше ($\sim 0,005$).

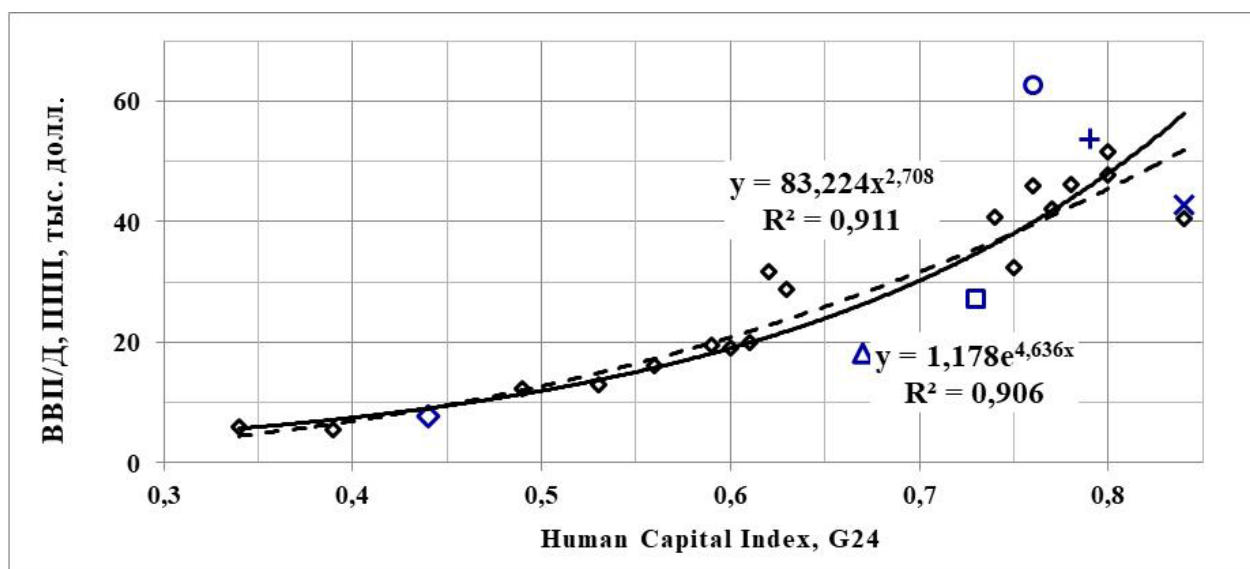


Рис. 3.2. Регрессионные зависимости ВВП/Д от Human Capital Index

Визуальный анализ рис. 3.2 показывает, что хотя для точек выборки G24 корреляционная связь сильная ($R^2 \approx 0,91$), однако точки выборки G6 рассеяны значительно сильнее — для них величина $R^2 = 0,84$. Так, для России величина индекса человеческого капитала $HCI = 73\%$, что незначительно меньше, чем для США ($HCI = 76\%$). Однако величина ВВП/Д для России ниже тренда, а для США — значительно выше. В результате величина ВВП/Д у этих стран различается более чем вдвое, что негативно характеризует предсказательные возможности данной регрессионной модели.

Для индекса MYS, G24 коэффициент детерминации ниже, чем для HCI ($R^2 = 0,82–0,86$), и разброс точек, соответственно, больше, но для выборки G6 величина $R^2 \approx 0,91$, и точки этой выборки, в основном, ближе к линии тренда. Однако точка, соответствующая России, также достаточно далеко отстоит от линии тренда для MYS. Это, вероятно, связано с тем, что высокий образовательный уровень российских специалистов неэффективно конвертируется в ВВП/Д.

Достаточно высоким значением R_m^2 характеризуется Legatum Prosperity Index — 0,814, а для выборки G24 — $R^2 = 0,823$. Наименьшими значениями среднего коэффициента детерминации характеризуются: R&D Expenditure ($R_m^2 = 0,53$), Ease of Doing Business (0,60) и Index of Economic Freedom (0,62).

Низкое значение $R^2 \sim 0,53$ характерно для R&D Expenditure за счет очень низких значений для выборок G24–G72, для которых $R^2 \sim 0,45$. Однако для выборки G6 значение $R^2 \sim 0,71$. Эта тенденция может отражать, как и в разделе 1.4 (рис. 1.11), тот факт, что эффективная научная деятельность более характерна для крупнейших экономик.

Для индексов WGI, EDB, IEF, которые не связаны с человеческим капиталом, и даже для частично связанных с ЧК индексов ERD и WHI средний коэффициент детерминации далек от целевого значения $R^2 \sim 0,9$ и лежит преимущественно в диапазоне 0,6–0,67.

Рекордно высокая корреляция с ВВП/Д ($R^2 \sim 0,95$) характерна для индекса World Happiness Index для выборки G6 (рис. 3.1). Этот важный факт означает, что для крупнейших экономик, суммарный ВВП которых составляет 52% мирового ВВП, рост индекса счастья с очень высокой вероятностью ведет к росту ВВП/Д.

3.1.3. Зависимость ВВП/Д от парных комплексных Предикторов

Поставив конечной целью формирование комплексного Предиктора, включающего в себя значительное количество глобальных индексов, важно понимать, как работает такая композиция, как взаимодействуют компоненты такого Предиктора. Иначе мы можем получить ситуацию черного ящика, о принципах работы которого ничего не ясно. Более того, высокий коэффициент детерминации еще не означает, что действительно существует закономерная связь между соответствующими параметрами. Нельзя исключить того, что существует неявный параметр, корреляция с которым создает впечатление связи между исследуемыми величинами. Поэтому мы исследуем, действительно ли частные Предикторы, которые войдут в комплексный Предиктор, закономерно связаны с ВВП/Д. Изучив влияние на ВВП/Д отдельных Предикторов, мы сделали только один шаг в этом направлении.

На втором этапе исследуем композиции типа (3.1), состоящие из двух глобальных индексов. При этом мы оптимизируем соотношение вклада двух компонент в парные Предикторы. В качестве опорного используем Human Capital Index (HCI), за счет которого индивидуально обеспечивается наиболее высокое значение R_m^2 . Поскольку в данном случае коэффициенты детерминации близки к единице, в качестве показателя согласования корреляционного поля с трендом будем использовать погрешность регрессии $\Delta R_m^2 = 1 - R_m^2$ для среднего арифметического по выборкам из G6–G72. Путем вариации коэффициентов определим те их значения, при которых обеспечивается минимум ΔR_m^2 для данной пары глобальных индексов. Соответствующие значения ΔR_m^2 и k_i приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Погрешность регрессии для оптимальных парных Предикторов

HCI	IEF	EDB	WGI	GCI	MYS	GHC	HCI	ERD	WHI	LPI	ΔR^2 , %, тренд — степенной					
	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}	G6	G12	G24	G48	G72	mid
IEF	0,4						0,6				6,1	9,1	7,5	20,5	18,1	12,3
EDB		0,2					0,8				14,7	11,5	9,0	25,2	21,7	16,4
WGI			0,2				0,8				8,0	5,5	7,0	19,4	17,7	11,5
GCI				0,5			0,5				10,4	9,7	10,2	20	15,8	13,2
MYS					0,3		0,7				9,1	7,4	6,6	22,9	23,2	13,8
GHC						0,5	0,5				13,4	10,1	8,7	26,4	22,2	16,2
HCI							1,0				16,6	11,4	8,9	28,3	22	17,4
ERD							0,8	0,2			15,1	11,2	9,4	25,9	21,3	16,6
WHI							0,55		0,45		4,4	5,4	11,9	19,1	17,1	11,6
LPI							0,5			0,5	6,9	5,3	7,8	19,0	15,5	10,9

Видно, что наименьшее ΔR_m^2 обеспечивает Предиктор, в котором вторым является The Legatum Prosperity Index (LPI). Оптимум достигается при $k_{10} = 0,5$. При этом ΔR_m^2 уменьшается не менее, чем в полтора раза по сравнению с индивидуальным Предиктором Human Capital Index.

Примерно двукратно снижается ΔR^2 и для выборок G6, G12, достигая уровня 5–7%. Хорошее взаимное дополнение этих индексов свидетельствует о том, что они отражают важные дополняющие друг друга характеристики социально-экономической ситуации в соответствующих странах.

Значительное снижение ΔR_m^2 , а также ΔR^2 для выборок G6–G24 обеспечиваются также в составе парных Предикторов Worldwide Governance Indicators и World Happiness Index. Индивидуально они имели низкие характеристики по ΔR_m^2 .

World Happiness Index отличается также тем, что для выборки G6 при $k_9 = 0,45$ он обеспечивает очень низкую погрешность регрессии $\Delta R^2 = 4,4\%$. В одиночку он имел для G6 и степенного тренда погрешность $\Delta R^2 = 3,6\%$, но $\Delta R_m^2 = 33,3\%$. В паре с HCI в долях 50/50 WGI имеет для выборки G6 и степенного тренда низкие значения $\Delta R^2 = 3,6\%$, $\Delta R_m^2 = 11,9\%$.

Минимальное снижение ΔR_m^2 в составе парного комплексного Предиктора обеспечивают индексы EDB, GHC, ERD. Причем если EDB и ERD вообще слабо коррелируют ВВП/Д, то Global Human Capital характеризуется достаточно высоким ΔR_m^2 , но он значительно похож на Human Capital Index и, вероятно, не добавляет в комплексный Предиктор новой прогностической информации.

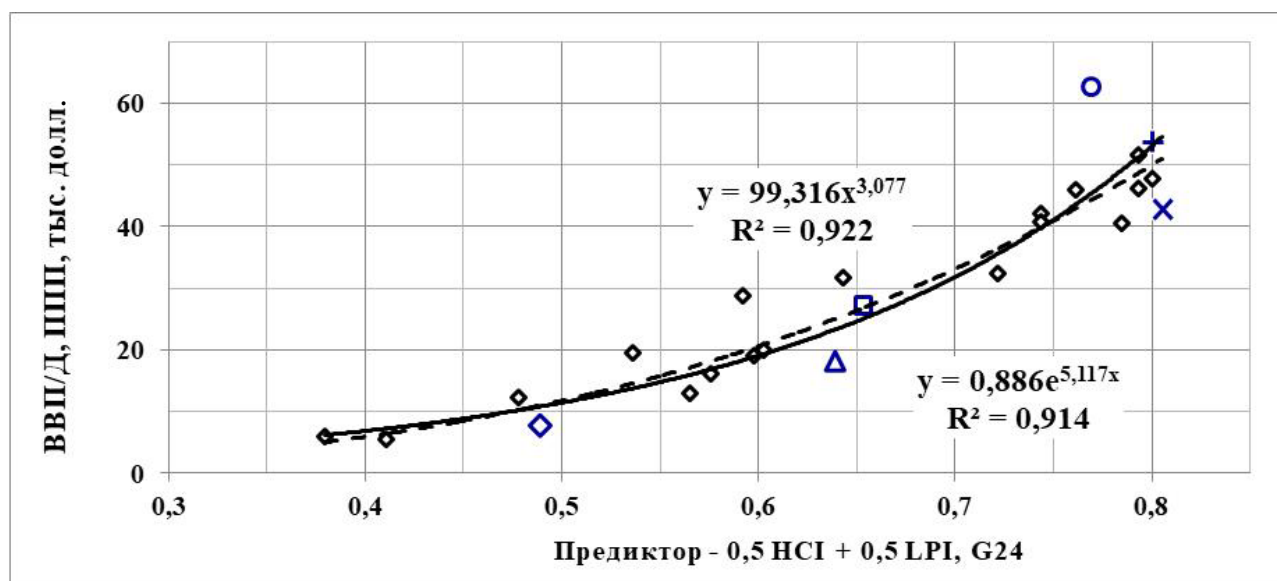


Рис. 3.3. Зависимость ВВП/Д от лучшего парного Предиктора

Зависимость ВВП/Д от лучшего парного комплексного Предиктора для выборки G24 приведена на рис. 3.3 при экспоненциальном и степенном (пунктир) трендах. Видно, что согласование точек с трендом выше, чем для Human Capital Index (рис. 3.2). Из выборки G6 только США значительно отклоняются от тренда.

3.1.4. Зависимость ВВП/Д от многоиндексных комплексных Предикторов

Далее были проведены исследования по формированию оптимальных комплексных Предикторов, наилучшим образом коррелирующих с ВВП/Д. Выбор осуществлялся путем оптимизации функции многих переменных (индексов) — R^2_m методом координатного спуска с циклическим изменением переменных. Оптимизация прекращалась, если изменения функции ΔR^2_m не превышали 0,02%. Погрешность регрессии оптимального комплексного Предиктора (CP) и его коэффициенты k_i приведены в таблице 3.3. Там же даны для сравнения характеристики лучших по погрешности регрессии с ВВП/Д глобального индекса (HCI) и парного комплексного Предиктора ($k_7 = 0,5$, $k_{10} = 0,5$).

Таблица 3.3.

Погрешность регрессии лучших комплексных Предикторов ВВП/Д

	ΔR^2 , тренд — степенной						IEF	EDB	WGI	GCI	MYS	GHC	HCI	ERD	WHI	LPI
	G6	G12	G 24	G48	G 72	mid	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}
HCI	16,6	11,4	8,9	28,3	22	17,44							1			
HCI+LPI	6,9	5,3	7,8	19	15,5	10,90							0,5			0,5
CP ₁	2,1	2,8	7,8	14,8	12,8	8,06				0,06	0,16		0,28		0,24	0,19

Видно, что оптимальный комплексный Предиктор CP₁ имеет на треть меньшее значение R^2_m по сравнению с парным комплексным Предиктором и более чем в 2 раза в сравнении с HCI. Важно также, что для выборок G6, G12 (65% мирового ВВП по ППС) погрешность регрессии достигает минимальных значений: 2,1–2,8%.

Важным результатом исследований по оптимизации комплексных индексов является то, что те из них, которые характеризуют человеческий капитал (HCI, MYS), составляют ядро оптимальных комплексных индексов и их вклад в них равен примерно 0,44.

Второй по величине вклад ($k_9 = 0,24$) в комплексный Предиктор вносит World Happiness Index. На третьем месте по вкладу ($k_{10} = 0,19$) в Предиктор CP_1 находится Legatum Prosperity Index. Индексы IEF, GHC и ERD не востребованы в составе комплексного Предиктора (GHC и ERD не были востребованы и в составе парных комплексных Предикторов). Полученные результаты косвенно свидетельствуют о том, каков вес различных глобальных индексов в росте ВВП/Д. С другой стороны, эта же совокупность индексов влияет и друг на друга.

Аналогичная совокупность факторов, влияющих на рост ВВП/Д, как в составе изучаемых индексов (таблица 3.1), была исследована выше с использованием когнитивного моделирования³⁰¹. Альфа-срез взаимного влияния концептов, определяющих рост ВВП/Д, представлен на рис. 2.2.

В рассмотренной в данном разделе системе факторов, и в представленной на рис. 2.2, есть как общие, так и отличительные аспекты. В частности, в них ключевое место занимает человеческий капитал, представленный Human Capital Index и Global Human Capital, а также уровень образования персонала (MYS). Макроэкономика, инфраструктура, финансовые институты, инновационный потенциал и технологическое развитие представлены Global Competitiveness Index, расходы на науку — R&D Expenditure.

Однако среди использованных индикаторов (таблица 3.1) отсутствуют в явном виде: «Природные ресурсы», «Изношенность основных фондов», «Стратегические программы», «Межстрановые барьеры» и «Затраты на обороноспособность». С другой стороны, в них больше представлены «непроизводственные» факторы, связанные с различными свободами, эффективностью властей, кон-

³⁰¹ Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of managed external — and intrieconomic processes in conditions of global and uncertainty. В сборнике: Economic and Social Development Book of Proceedings. Editors: Aleksander Maloletko, Natasa Rupcic, Zoltan Baracska. 2018. С. 860–872.

тролем коррупции, здравоохранением и «счастьем людей». Тем не менее важно, что рис. 2.2 демонстрирует, по сути, ту же самую систему взаимосвязей различных концептов, но с другой точки зрения. Причем данная работа позволяет оценить уровень взаимовлияния ряда концептов через агрегированные индексы.

3.1.5. Регрессионная зависимость ВВП/Д от многоиндексного Предиктора

На рис. 3.4 представлена зависимость ВВП/Д от комплексного Предиктора CP_1 для выборки G24.

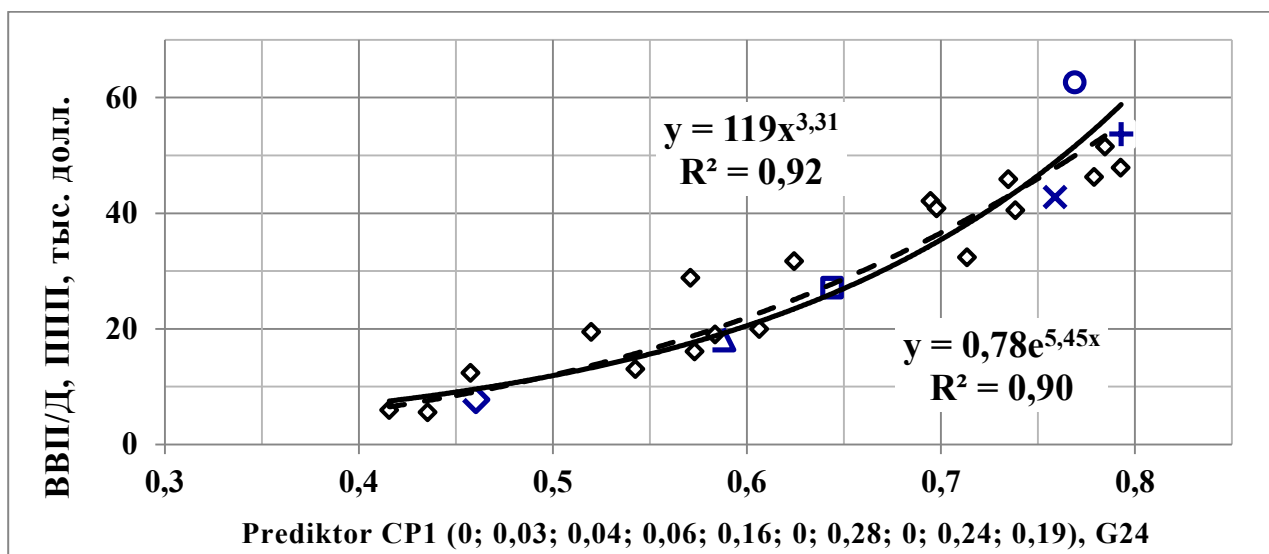


Рис. 3.4. Зависимость ВВП/Д от оптимального Предиктора CP_1

Видно, что рассеивание точек примерно такое же, как и для лучшего парного Предиктора (рис. 3.3). Преимущества Предиктора CP_1 в большей мере проявляются на выборках G6, G12 (таблица 3.3). В частности, точка, соответствующая России (квадрат), лежит очень близко к линии тренда. При полиномиальном тренде уравнение регрессии для оптимального Предиктора $CP_1(0; 0,03; 0,04; 0,06; 0,16; 0; 0,28; 0; 0,24; 0,19)$ выражается уравнением (3.2):

$$\text{ВВП/Д} = A \cdot CP_1^B. \quad (3.2)$$

Для различных выборок коэффициенты A и B имеют различные значения. Соответственно, линии регрессии несколько различаются. Больше всего отклоняется от других зависимость для выборки G24, причем для малых значений CP_1 она выше средних значений, а при $CP_1 > 0,7$ — ниже. Соответственно, предпочтитель-

нее пользоваться средними значениями коэффициентов $A = 139$ и $B = 3,75$. В этом случае уравнение регрессии имеет вид (3.3), где ВВП/Д выражено в тысячах долларов.

$$\text{ВВП/Д} = 139 \cdot \text{СР}_1^{3,75}. \quad (3.3)$$

Используя регрессионное уравнение (3.3), можно оценить, насколько отклоняются различные страны от средней прогностической зависимости. С этой целью в таблице 3.4 приведены значения СР_1 , прогноз ВВП/Д, в соответствии с формулой (3.3), а также относительное отклонение — Δ реального ВВП/Д от прогнозного значения в %.

Таблица 3.4.

Прогноз ВВП/Д и отклонение — Δ реального ВВП/Д от прогноза, %

№	Страна	СР ₁	ВВП/Д, К\$	Δ , %	№	Страна	СР ₁	ВВП/Д, К\$	Δ , %
1	Китай	0,59	18,9	–4	37	Румыния	0,63	24,5	–1
2	США	0,77	51,9	21	38	Швеция	0,79	58,6	–9
3	Индия	0,46	7,6	2	39	Казахстан	0,65	28,1	–1
4	Япония	0,76	49,4	–13	40	Австрия	0,78	55,8	1
5	Германия	0,79	58,2	–8	41	Чили	0,67	31,5	–20
6	Россия	0,64	26,7	2	42	Перу	0,58	18,6	–23
7	Индонезия	0,54	14,0	–7	43	Чехия	0,75	46,2	–13
8	Бразилия	0,57	17,2	–7	44	Ирландия	0,78	54,1	55
9	Франция	0,73	43,7	5	45	Украина	0,57	16,7	–45
10	Великобритания	0,78	54,5	–15	46	Израиль	0,75	46,2	–12
11	Италия	0,69	35,5	19	47	Норвегия	0,79	58,3	9
12	Мексика	0,61	21,3	–6	48	Португалия	0,68	33,4	2
13	Турция	0,57	17,0	70	49	Дания	0,80	59,1	–5
14	Южная Корея	0,74	44,6	–9	50	Греция	0,63	25,2	19
15	Испания	0,70	36,1	13	51	Марокко	0,50	10,1	–15
16	Канада	0,79	58,2	–18	52	Венгрия	0,67	30,5	2

№	Страна	СР ₁	ВВП/Д, К\$	Δ, %	№	Страна	СР ₁	ВВП/Д, К\$	Δ, %
17	Иран	0,52	11,9	63	53	Шри-Ланка	0,55	15,2	-11
18	Таиланд	0,58	18,5	3	54	Финляндия	0,81	61,7	-21
19	Австралия	0,78	56,0	-8	55	Эфиопия	0,38	3,5	-43
20	Египет	0,46	7,4	67	56	Новая Зеландия	0,78	55,2	-24
21	Польша	0,71	39,2	-17	57	Эквадор	0,57	17,0	-31
22	Пакистан	0,44	6,1	-10	58	Доминик. респуб	0,52	12,2	-13
23	Нигерия	0,42	5,2	16	59	Словакия	0,70	35,6	-4
24	Малайзия	0,62	23,8	33	60	Кения	0,49	9,3	-63
25	Нидерланды	0,79	58,1	-2	61	Танзания	0,41	4,8	-33
26	Филиппины	0,56	15,5	-42	62	Болгария	0,63	25,1	-13
27	Аргентина	0,60	20,3	1	63	Гватемала	0,51	11,4	-26
28	ЮАР	0,52	11,8	16	64	Тунис	0,50	10,2	23
29	Колумбия	0,58	18,1	-17	65	Гана	0,49	9,3	-49
30	ОАЭ	0,69	34,8	115	66	Сербия	0,65	28,3	-39
31	Вьетнам	0,57	17,3	-57	67	Хорватия	0,65	28,4	-3
32	Бангладеш	0,44	6,5	-32	68	Панама	0,60	25,5	23
33	Алжир	0,51	10,9	44	69	Литва	0,70	37,2	-5
34	Швейцария	0,80	60,0	15	70	Камерун	0,42	5,6	-33
35	Бельгия	0,75	46,8	9	71	Уганда	0,41	5,0	-60
36	Сингапур	0,77	53,4	90	72	Непал	0,46	7,6	-60

Видно, что для некоторых стран отклонение от прогноза достаточно велико, что связано с особенностями этих стран. Так, для США положительное отклонение составляет 20%, что, вероятно, связано с конкурентными преимуществами этой лидирующей экономики. Рекордное отклонение ОАЭ +115% связано с природными ресурсами этой страны. Можно заметить, что ряд Средиземноморских стран имеет положительное отклонение: Турция +70%, Иран +63%, Египет +67%,

Италия +19%. Именно эти крупные отклонения ведут к тому, что регрессия для выборки D24 значительно отличается от средней.

Ряд удаленных от цивилизационного центра развитых стран при таком методе анализа обнаруживают отрицательное отклонение: Япония –13%, Великобритания –15%, Канада –18%, Южная Корея – 9%, Австралия – 8% и т. д.

Аналогичные результаты по отклонениям от средней закономерности были получены выше в разделе 1.4 с использованием только показателей образовательного и научного человеческого капитала для 14 крупнейших экономик³⁰². Однако, ввиду более узкой индикативной направленности проведенного выше исследования, количественные выводы были заметно другими, как показано на рис. 1.15, где конверсия образовательного капитала характеризует, насколько ВВП/Д стран превышают прогноз на базе детального учета количества лет обучения.

Вместе с тем значительное положительное отклонение демонстрируют такие страны, как: Сингапур +90%, Малайзия +33%, Ирландия +55%. Среди развивающихся стран, перенесших вооруженные конфликты, наблюдается значительное отрицательное отклонение.

Для России, отклонение которой от среднего значения конверсии (рис. 1.15) послужило основанием для проведения данной работы, согласно результатам, представленным в табл. 3.4, отклонение ВВП/Д от прогноза составляет 2%. Таким образом, прогноз с использованием только образовательной компоненты человеческого капитала для России оказался недостаточно точным. Однако отклонения от средних значений, обнаруженные для Турции и Италии, подтвердились и в данном исследовании, но в других количественных значениях.

Нужно также отметить, что наличие отрицательного отклонения от прогноза свидетельствует о том, что у этих стран есть потенциал для достаточно быстрого роста. Использование различных индикативных подходов позволяет выявить направления, на которых нужно сосредоточиться странам, чтобы использовать имеющийся потенциал.

³⁰² Orekhov Viktor D., Prichina Olga S., et al. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. *Opción*, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337–2365.

Анализ стандартного отклонения значений Δ , приведенных в табл. 3.4, для разных выборок стран показывает, что для стран, следующих за выборкой G12, наблюдается быстрый рост этого показателя с 11% до 26%, что связано с особенностями экономик Турции, Ирана и Египта, как показано выше (рис. 1.15, таблица 3.4). Именно это приводит к снижению коэффициента детерминации и отклонению уравнения регрессии для G24 от общих закономерностей.

Использованные в работе глобальные индексы не учитывают такие факторы, как наличие богатых природных ресурсов, географическое положение и история вооруженных конфликтов, поэтому их применение не обеспечивает устранение ряда погрешностей прогнозирования. Однако для крупнейших мировых экономик (G6–G12) разработанный метод прогнозирования достаточно точен.

3.2. Разработка модели прогнозирования уровня «счастья» с использованием глобальных индексов

В индустриальном обществе в качестве показателя благосостояния населения широко использовался ВВП на душу населения. Ситуация стала принципиально меняться в XXI веке, когда около 80% национального богатства развитых стран стал составлять человеческий капитал, базирующийся на интеллектуальных способностях работников. Как было показано выше, концепция человеческого капитала представляет собой оценку способностей работников выполнять полезный для общества труд на основе своей высокой квалификации и создавать общественное богатство. Поэтому очень важно преумножать человеческий капитал и тем самым развивать потенциал социально-экономического развития общества.

Для развития человеческого капитала важным является наличие условий для всемерного повышения квалификации работников, а также поддержания их здоровья и способности к производительному труду. Среди требуемых условий можно отметить: высокое благосостояние, возможность продолжительного обучения, поддержание здоровья, эмоциональный комфорт, возможность применять полученные навыки в трудовой деятельности и наличие мотивации к труду и получению образования. Комплекс близких к описанному состоянию социально-

экономических условий принято в настоящее время обобщенно характеризовать термином «счастье»^{303, 304, 305}.

В то же время ВВП на душу населения не нацелен непосредственно на повышение благосостояния людей и поэтому недостаточно эффективен в качестве показателя улучшения условий для жизни населения, в том числе для роста человеческого капитала. Разработчики последней версии Системы национальных счетов (СНС) 2008, утверждают, что «показатель ВВП никогда не предполагался для измерения благополучия»³⁰⁶.

В 2011 году на 65-й сессии ООН была принята резолюция: «Счастье: целостный подход к развитию», согласно которой международные индексы счастья являются ключевыми параметрами успешности развития государств.

Поскольку меняется ключевая цель, миссия развития общества, то должны измениться и показатели развития. Однако в настоящее время переход к новому общественному целеполаганию находится в начале своего пути и показатели счастья в разных странах существенно различаются и зависят от систем ценностей, характерных для этих стран. Как правило, концепция счастья применительно к обществу рассматривается как цель государственного управления и критерий оценки его эффективности. Представляется, что повышение уровня счастья способствует и улучшению условий для развития человеческого капитала. Именно с этой точки зрения показатели счастья будут рассматриваться в данной работе.

Для использования возможностей межстранового сравнения в качестве цифровой характеристики счастья воспользуемся «индексом счастья» (World Happi-

³⁰³ Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin. 1974.

³⁰⁴ Veenhoven, R. Questions on happiness: Classical topics, modern answers, blind spots. In F. Strack, M. Argyle, & N. Schwarz (Eds.), Subjective well-being: An interdisciplinary perspective (P. 7-26). — Oxford, England: Pergamon Press, 1991. P. 14.

³⁰⁵ Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 3 (39) 2015. 141–162 с.

³⁰⁶ Peter van de Ven. (2014). The Implementation of the 2008 SNA and the Main Challenges_rus.pdf Third General conference of the international Association for the study of income and wealth, Rotterdam.

ness Index — WHI) (Helliwell et al., 2019), разработанным в рамках международной программы United Nations.

В этом индексе учитываются следующие составляющие: прогноз продолжительности здоровой жизни, ВВП на душу населения, свобода жизненного выбора, социальная помощь и поддержка другими людьми, низкая коррупция, а также ощущение людьми положительных или отрицательных эмоций.

Далее мы будем рассматривать WHI, как результат (функцию) деятельности экономики по аналогии с ВВП. С другой стороны, важно понять, от каких аргументов (Предикторов) зависит этот результат. Поскольку в реальности такой результат зависит от большого количества параметров, то удобно выбрать в качестве Предикторов наиболее известные глобальные индексы.

Аналогичные исследования были проведены авторами ранее³⁰⁷ с использованием шести глобальных индексов-Предикторов. В этой работе число Предикторов увеличено до десяти, причем в число новых добавлены два индекса человеческого капитала, разработанные Всемирным экономическим форумом и группой Всемирного банка, индекс успеха Легатум, а также доля финансирования науки в ВВП.

3.2.1. Методика исследования

Цель исследования заключается в разработке модели прогнозирования уровня «счастья» с использованием агрегированных глобальных индексов.

В целом методика проведения исследования в данном разделе была такой же, как и в предыдущем, за небольшими изменениями.

В частности, в качестве показателя результативности (функция) деятельности общества использовался World Happiness Index³⁰⁸. В качестве Предикторов (факторы, аргументы), характеризующих социально-экономическое устройство стран, использовались индексы из числа наиболее известных, которые были рассмотрены в предыдущем разделе и представлены в таблице 3.1. В число Предикторов

³⁰⁷ Orekhov V.D., Prichina O.S., et al. Scientific analysis of the Happiness Index in regard to the human capital development Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 12, Special Issue. P. 467–478.

³⁰⁸ Helliwell, J., Layard, R., & Sachs, J. (2019). World Happiness Report 2019, New York: Sustainable Development Solutions Network.

был также включен ВВП/Д по ППС (в сотнях тысяч международных долларов), поскольку, как было показано в предыдущем разделе, существует достаточно сильная корреляция между ВВП/Д и WHI.

Использовались четыре выборки стран: G6, G12, G24, G48. Разработка моделей была нацелена на поиск комплексного Предиктора с высокой степенью корреляции с WHI. Оптимальным считался Предиктор, для которого было максимальным среднее арифметическое значение R^2 для 4 выборок (R^2_m).

Комплексные Предикторы представляют собой линейную композицию Предикторов, представленных в таблице 3.1, согласно формуле (3.4), которая отличается от (3.1) тем, что в качестве девятого индекса используется не WHI, а ВВП/Д.

$$CP = k_1 \cdot IEF + k_2 \cdot EDB + k_3 \cdot WGI + k_4 \cdot GCI + k_5 \cdot MYS + k_6 \cdot GCI + k_7 \cdot HCI + k_8 \cdot RDE + k_9 \cdot \text{ВВП/Д} + k_{10} \cdot LPI. \quad (3.4)$$

3.2.2. Анализ регрессии WHI с глобальными индексами

Результаты анализа величины коэффициентов детерминации — R^2 для парной регрессии индекса счастья (WHI) от Предикторов, приведенных в таблице 3.1, даны в таблице 3.5. Здесь, в отличие от предыдущего раздела, где наилучшими были экспоненциальный и степенной тренды, лучшую корреляцию обеспечивали тренды высокой, примерно пятой степени.

Таблица 3.5.

Значения для парной регрессии WHI от Предикторов

	IEF	EDB	WGI	GCI	MYS	GHC	HCI	RDE	ВВП/Д	LPI
G6	0,970	0,969	0,802	0,848	0,958	0,980	0,907	0,623	0,986	0,865
G12	0,850	0,488	0,559	0,377	0,727	0,622	0,689	0,275	0,842	0,732
G 24	0,629	0,370	0,623	0,540	0,593	0,545	0,556	0,440	0,605	0,737
G48	0,612	0,393	0,648	0,587	0,496	0,582	0,545	0,352	0,696	0,742
mid	0,765	0,555	0,658	0,588	0,694	0,682	0,674	0,423	0,782	0,769

Наибольшими значениями R^2_m характеризуются Предикторы: ВВП на душу населения (0,786), Legatum Prosperity Index (0,769), Index of Economic Freedom (0,765), причем величина различия порядка 2%.

Одним из важнейших Предикторов индекса счастья является ВВП на душу населения (сокращенно ВВП/Д). Среди экономистов почти полвека идут споры относительно парадокса Ричарда Истерлина³⁰⁹, согласно которому рост доходов на душу населения приводит к росту счастья лишь до определенного уровня, но не более. Далее по мере роста доходов начинают возрастать и потребности людей. Альтернативное мнение заключается в том, что уровень счастья зависит от логарифма доходов на душу населения согласно линейному тренду^{310, 311}.

Регрессионная зависимость индекса счастья от ВВП/Д ППС приведена на рис. 3.5 для выборки G12 с полиномиальным (шестой степени — P6) и линейным трендами (экспоненциальный тренд минимально отличается от линейного в этом диапазоне значений). Здесь ВВП/Д выражен в сотнях тысяч международных долларов 2018 года по данным World Bank.

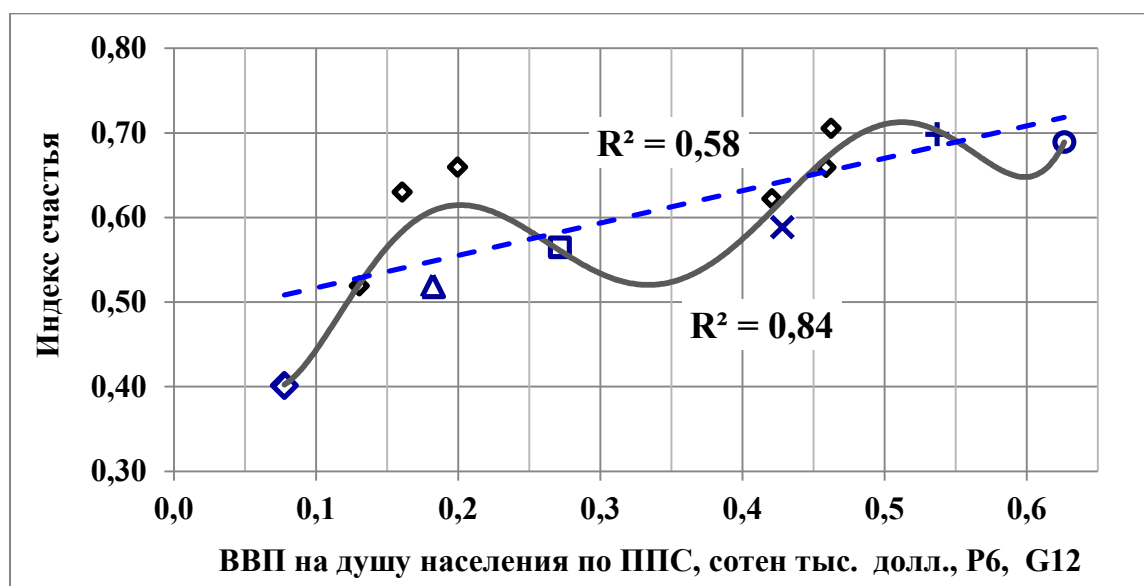


Рис. 3.5. Зависимость индекса счастья от ВВП/Д по ППС, G12

³⁰⁹ Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin — 1974.

³¹⁰ Diener, Ed. Rising income and the subjective well-being of nations / Ed. Diener // Journal of Personality and Social Psychology. — Vol. 104 (2). — Feb. 2013. — P. 267–276.

³¹¹ Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 3 (39) 2015. 141–162 с.

График тренда имеет два максимума. Это означает, что при увеличении ВВП/Д свыше 25 000 долларов дальнейший рост ВВП/Д для стран G12 будет сопровождаться уменьшением ощущения счастья населением. Россия как раз находится в ниспадающей зоне «счастья» по ВВП/Д.

На рис. 3.5 выделены точки шести крупнейших экономик, представляющих 52% мирового ВВП по ППС (Китай — $\triangle$, США — $\circ$, Индия — $\diamond$, Япония — $\times$, Германия — $+$, Россия — $\square$). Видно, что для выборки G12 согласование этих точек с трендом достаточно хорошее, кроме Китая. Точка, соответствующая России, близка к линии тренда. Форма тренда существенно меняется при увеличении объема выборки. Так, для G24 линия тренда близка к линейной зависимости.

Наименьший средний коэффициент детерминации R^2_m для выборки обеспечивают индексы: R&D Expenditure, Ease of Doing Business и Global Competitiveness Index. Они же имеют низкий R^2 для G12 и G24. Однако ни один Предиктор не обеспечивает удовлетворительной парной корреляции с World Happiness Index.

Тренды для некоторых Предикторов существенно не монотонны и имеют по два ярко выраженных минимума. Возможно, это отражает известный парадокс, который заключается в том, что «огромные исторические подвижки в среднем уровне дохода не вызвали повышения степени удовлетворенности и счастья. Вероятно, данный факт обусловлен ростом притязаний: если раньше люди мечтали о собственном велосипеде, то сейчас им уже нужно два автомобиля»³¹². По мнению R. Layard³¹³, основные нужды людей удовлетворяются при уровне ВВП/Д около 20 000 долл. После этого для состояния счастья становится важным не абсолютный, а относительный уровень доходов. Однако данный феномен наблюдается, как показано выше, только в крупнейших по ВВП странах, а при рассмотрении больших выборок он слабо выражен.

³¹² Аргайл М. Психология счастья. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003. С. 177.

³¹³ Лэйард Р. Счастье. Уроки новой науки. М.: Издательство Института Гайдара, 2012.

3.2.3. Зависимость индекса счастья от парных Предикторов

Поскольку каждый из исследованных индексов характеризует свою особую зону социально-экономического развития, то логично попытаться формировать за счет их сочетания Предиктор с более высоким коэффициентом детерминации для индекса счастья, чем его компоненты. Для удобства анализа будем далее представлять результаты поиска оптимальных Предикторов в виде погрешности регрессии $\Delta R^2 = 1 - R^2$ в процентах.

Вначале исследуем возможности Предикторов, сформированных из двух индексов, что позволит понять их сочетаемость. Соответственно, значение парного Предиктора будет выражаться формулой (3.5), причем коэффициент k (оптимальная доля первого Предиктора) для каждой пары будет выбираться из условия максимума R_m^2 .

$$CP_2 = k \cdot I_1 + (1 - k) I_i \quad (3.5)$$

В качестве первого из пары Предикторов выберем один из тех, который характеризуется наибольшим R_m^2 в таблице 3.5, в частности, ВВП/Д. Результат оптимизации представлен в таблице 3.6.

Таблица 3.6.

Погрешность регрессии для парных Предикторов WHI

Второй Предиктор		IEF	EDB	WGI	GCI	MYS	GHC	HCI	RDE	LPI
Оптимальная доля ВВП/Д — k		0,8	0,8	0,6	0,6	0,75	0,5	0,75	1,0	0,2
ΔR^2 , %, тренд — полином 5-й степени	G6	1,7	1,5	0,5	3,0	1,6	2,0	3,6	1,4	0,8
	G12	22	21	8	21	18	22	20	16	21
	G24	34	35	17	29	35	26	32	40	19
	G48	23	31	27	31	31	30	31	30	18
	mid (R_m^2)	20	22	13	21	21	20	22	22	15

Видно, что наименьшее значение ΔR_m^2 обеспечивает парный Предиктор: ВВП/Д — Worldwide Governance Indicators ($\Delta R_m^2 = 13,1\%$). Индивидуально эти Предикторы имели R_m^2 — 21,8% и 34,2%. На втором месте Предиктор: ВВП/Д — Legatum Prosperity Index ($\Delta R_m^2 = 14,7\%$). Индивидуальные значения их ΔR_m^2 со-

ставляли 21,8% и 23,1%. Достаточно неожиданно то, что на первое место вышел Предиктор ВВП/Д — WGI, в котором второй Предиктор индивидуально имел высокую погрешность регрессии 34%. Также интересно, что в оптимальном Предикторе ВВП/Д — LPI подавляющую долю (0,8) имеет LPI. Таким образом, оптимизация соотношения пары Предикторов позволяет снизить погрешность регрессии примерно в полтора раза.

График регрессионной зависимости для оптимального парного Предиктора ВВП/Д–WGI дан на рис. 3.6. Видно, что тренд полимодальный, причем Россия находится в комфортной зоне подъема. Согласование точек, соответствующих крупнейшим экономикам, хорошее.

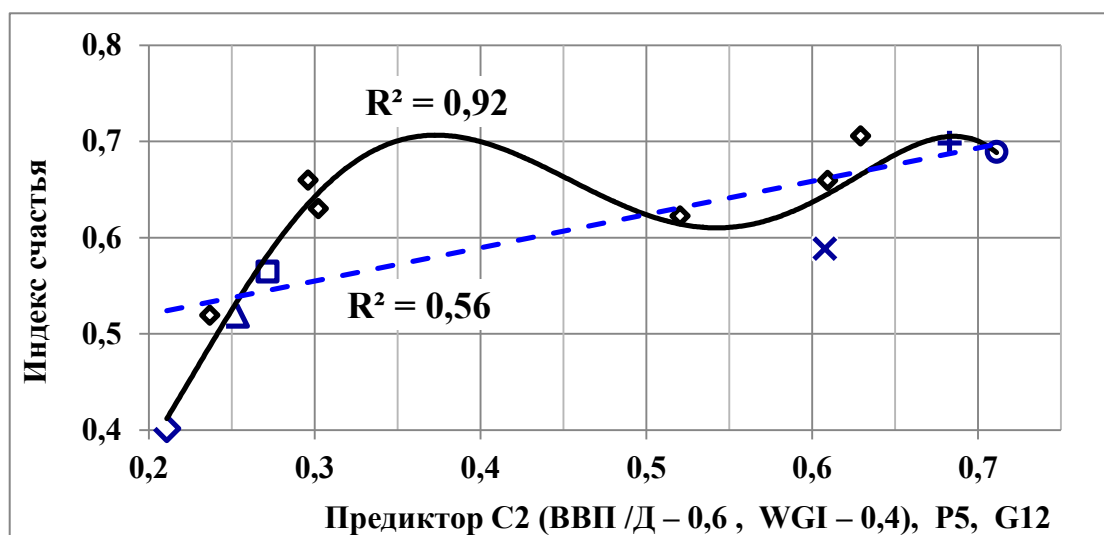


Рис. 3.6. Зависимость WHI от лучшего парного Предиктора, G12

Анализ данных таблицы 3.6 показывает, что Предиктор RDE вообще не обеспечил улучшения средней погрешности регрессии ΔR^2_m и его оптимальная доля — ноль. Однако анализ погрешности для других выборок показывает, что для крупнейших экономик его вклад в снижение ΔR^2 может быть существенным. Предикторы EDB и HCI, хотя и обеспечивают некоторое уменьшение ΔR^2_m , но на величину менее 1%.

3.2.4. Зависимость индекса счастья от комплексных Предикторов

Далее осуществим поиск оптимального комплексного Предиктора (CP), для индекса счастья содержащего большое число глобальных индексов (таблица 3.1), с использованием формулы (3.4). Это позволит понять, какие Предикторы наиболее сильно влияют на индекс счастья. Значения погрешности регрессии ΔR^2 для зависимости WHI от оптимального комплексного Предиктора — CP_j приведены в таблице 3.7. Там же, для сравнения, даны ΔR^2 для лучшего одиночного (CP_1) и парного (CP_2) Предикторов. Здесь CP_3 — оптимальный комплексный Предиктор, полученный в работе³¹⁴, в которой в составе глобальных Предикторов (таблица 3.1) отсутствовали GHC, HCI, ERD, LPI.

Таблица 3.7.

Значения ΔR^2 для зависимости WHI от различных Предикторов

	ΔR^2 , %. Тренд — полином P5					IEF	EDB	WGI	GCI	MYS	GHC	HCI	ERD	ВВП/Д	LPI
	G6	G12	G 24	G48	mid	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9	k_{10}
CP_1	4,8	16,0	39,5	31,1	22,9									1,00	
CP_2	0,5	7,9	17,4	26,7	13,1			0,40						0,60	
CP_3	0,1	8,9	16,4	23,3	12,2	0,16		0,40	0,08	0,14				0,22	
CP_4	0,2	7,4	15,6	22,4	11,4	0,14		0,35		0,10	0,02			0,30	0,09

Добавление этих Предикторов в состав комплекса позволило снизить погрешность регрессии с 12,2% до 11,4%. Важно также, что подтверждается доминирование в составе комплексного Предиктора CP_4 Worldwide Governance Indicators и ВВП/Д. Не востребован вклад таких индексов, как EDB, GCI, HCI и ERD.

В целом комплексный Предиктор имеет вдвое более низкую погрешность регрессии по сравнению с лучшим из одиночных глобальных Предикторов. Регрес-

³¹⁴ Orekhov V.D., Prichina O.S. et al. (2020). Scientific analysis of the Happiness Index in regard to the human capital development. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 12, Special Issue. P. 467–478.

сионная зависимость для оптимального Предиктора CP_4 для выборки G12 приведена на рис. 3.7. Ее тренд также полимодальный. Согласование точек, соответствующих крупнейшим экономикам, хорошее. Россия находится в зоне подъема уровня счастья.

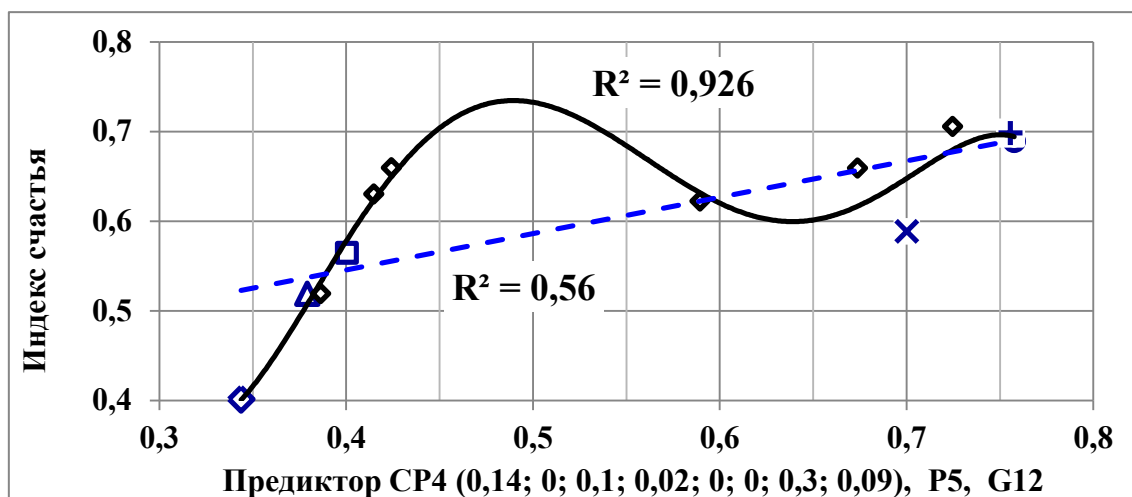


Рис. 3.7. Зависимость World Happiness Index от Предиктора CP_4 , G12

При увеличении размера выборки погрешность регрессии растет, и тренд становится более монотонным, как показано на рис. 3.8.

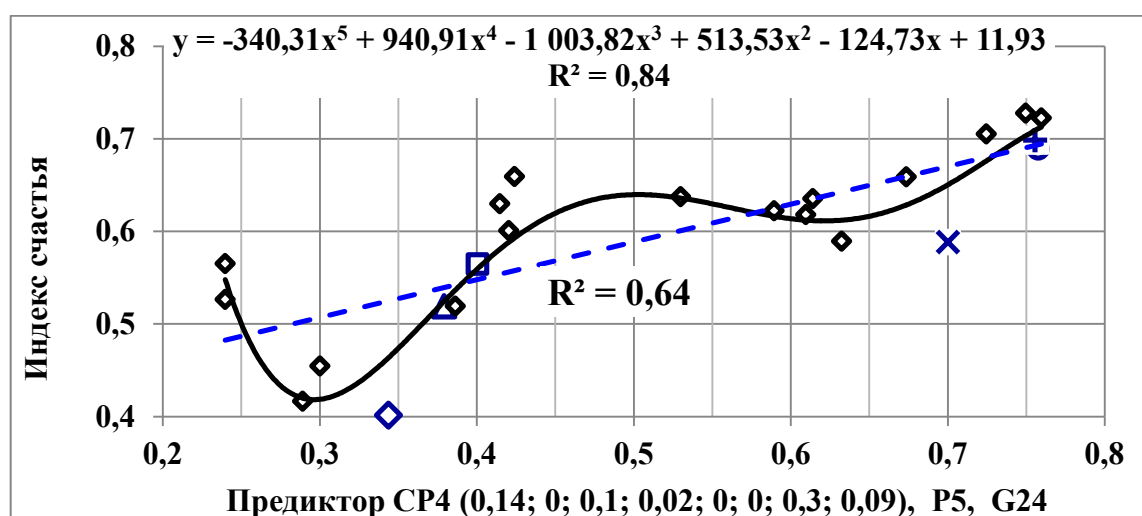


Рис. 3.8. Зависимость World Happiness Index от Предиктора CP_4 , G24

Регрессионная модель World Happiness Index, базирующаяся на основе комплексного предиктора CP_4 , имеет вид (3.6), где $y = WHI$, $x = CP_4$.

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5. \quad (3.6)$$

Значения коэффициентов для аппроксимационной зависимости (3.6) следующие:

$$a = 11,93, b = -124,73, c = 513,53, d = 1003,82, e = 940,91, f = -340,31.$$

Регрессионная модель (3.6) может быть применена для прогнозирования уровня счастья для 24 крупных экономик и анализа причин отклонения уровня счастья в конкретных странах от тренда. В частности, интересно понять причины отклонения в меньшую сторону для Японии — 9,5% и Индии — 13,5% (рис. 3.8). Также важным является то, что для крупнейших по GDP стран (Россия, Китай, США и Германия) регрессионная модель дает значения, близкие к World Happiness Index (отклонение составляет не более 3%) для стран G24.

Полученная регрессионная модель позволяет понять перспективы повышения уровня счастья за счет улучшения положения по различным Предикторам. Для стран, не входящих в выборку G24, данная модель тоже может использоваться как ориентир, поскольку высокая погрешность регрессии, скорее всего, является следствием подверженности малых экономик различным случайным воздействиям. Предсказательная способность модели (3.6) для этих стран достаточно высокая. Так, стандартное отклонение для разности между прогнозируемым и статистическим значением уровня счастья составляет 5,6% для выборки G6, 7% для G12 9% для G12 и G48 и 13% для 72 стран. При этом аналитическая модель (3.6) корректна только для величин Предиктора CP_4 в диапазоне 0,24 – 0,84, что соблюдается для всех стран G48 кроме Сингапура, для которого $CP_4 = 0,9$.

Предиктор Doing Business входит в оптимальный Предиктор с нулевым весом. Это означает, что он почти не оказывает влияния на World Happiness Index, что диссонирует с постановкой в России в качестве важной цели вхождения в первую двадцатку Doing Business (его корреляция с ВВП/Д, как показано выше, также минимальная).

Не проявляется и корреляция WHI с R&D Expenditure в составе CP_4 , хотя в паре с ВВП/Д индекс RDE обеспечивает для выборки G12 относительно низкую для парных Предикторов погрешность регрессии 16%.

Важно, что в формулу для оптимального Предиктора CP_4 наибольший вклад (35%) вносит Worldwide Governance Indicator. Нужно отметить, что содержание компонент WGI свидетельствует о том, что он ориентирован, прежде всего, на интересы инвесторов, а не населения. Однако в составе исследованного комплекса глобальных индексов он наиболее тесно коррелирует с индексом счастья. Только второй по весу вклад (30%) вносит ВВП/Д, хотя согласно работам других авторов³¹⁵ его роль является ключевой. Уровень образования работников (MYS) и все Предикторы, характеризующие человеческий капитал, дают достаточно небольшой вклад ($15\% + 2\% = 12\%$). Тем не менее можно предполагать, что в странах с высоким индексом счастья условия для роста человеческого капитала будут достаточно благоприятными.

Как было показано в разделе 3.1, индекс счастья оказывает существенное влияние на ВВП/Д (второй по величине вклад в комплексный Предиктор). В данном разделе мы определили Предикторы, которые способствуют росту индекса счастья (за исключением проявления обратного эффекта от корреляции с ВВП/Д). Тем самым мы показали возможность управления ростом индекса счастья, а через него величиной ВВП/Д.

Выводы к главе 3

1. Разработан метод обработки информации, представленной во множестве агрегированных глобальных индексов для решения задач управления социальными и экономическими системами.

2. Разработана модель индикативной диагностики величины ВВП на душу населения в зависимости от 10-индексного Предиктора (CP_1), оптимизированного путем минимизации погрешности регрессии ($\Delta R^2 = 1 - R^2$), которая показана

³¹⁵ Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin — 1974.

ла, что индексы, характеризующие человеческий капитал: Human Capital Index и Mean Years of Schooling, — вносят основной вклад в CP_1 — 44%, но не являются абсолютно доминирующими.

3. Весомый вклад в Предиктор ВВП вносят World Happiness Index (24%) и Legatum Prosperity Index (19%). Индексы Index of Economic Freedom и R&D Expenditure не востребованы в составе оптимизированного Предиктора.

4. Обобщенная регрессионная модель ВВП на душу населения от Предиктора CP_1 имеет вид $ВВП/Д = 139 \cdot CP_1^{3,75}$. При этом среднее значение коэффициента детерминации составляет $R^2 \approx 0,92$, а для крупнейших 12 экономик (65% мирового ВВП по ППС) — $R^2 > 0,97$.

5. Показано, что обнаруженное ранее отклонение ВВП на душу населения России от прогноза с использованием только показателей человеческого капитала корректируется при использовании широкого спектра агрегированных индикаторов и снижается до 2% от тренда.

6. Выявлены факторы, влияющие на индекс экономики счастья. Показано, что основными Предикторами для World Happiness Index (WHI) являются: Worldwide Governance Indicator (WGI), ВВП на душу населения и Index of Economic Freedom (IEF).

7. Наименьшую погрешность регрессии с WHI обеспечивает Предиктор CP_4 , включающий в себя: 35% WGI, 30% ВВП/Д, 14% IEF, 9% Legatum Prosperity Index и 12% индексов человеческого капитала. Для данного Предиктора погрешность регрессии с WHI составляет $\Delta R^2 = 7,4\%$ для выборки из 12 крупнейших по ВВП стран. Отклонение величины уровня счастья, рассчитанной по регрессионной модели, от данных World Happiness Index для России, Китая, США и Германии не превышает 3%.

8. Показано, что зависимость World Happiness Index от величины оптимального Предиктора имеет немонотонный вид с двумя минимумами, что на определенном этапе социально-экономического развития ведет к снижению ощущения счастья при росте индексных показателей. Россия находится в зоне подъема уровня счастья.

Заключение

Цель данной работы заключалась в том, чтобы разработать модели и методы прогнозирования развития социально-экономических систем для поддержки принятия решений в задачах управления в сферах, связанных с экономической динамикой и человеческим капиталом (ЧК), применительно к развитию России.

При выполнении данной работы автор опирался на логику системного подхода, а также учитывал существование проблем, которые стоят перед специалистами управления в сфере человеческого капитала и социально-экономического развития. Среди них наиболее важной является проблема исчерпания ряда ресурсов роста человеческого капитала, в частности за счет демографического перехода и снижения доли работников, не имеющих высшего образования. Поэтому были изучены закономерности развития ЧК за счет традиционных ресурсов (грамотность, высшее образование, наука и другие) и рассмотрены возможности использования новых ресурсов роста ЧК.

Детальное изучение данного вопроса вызвало необходимость учитывать ключевую роль знания в формировании человеческого капитала. Поэтому были рассмотрены вопросы динамики явных знаний по времени, а также в процессе демографического перехода. Важнейшим результатом этих исследований является обнаруженная закономерность, в соответствии с которой мировой ВВП на душу населения прямо пропорционален объему явных знаний.

Задача измерения уровня квалификации специалистов, составляющих человеческий капитал, а фактически количества и качества их неявных знаний, является крайне сложной. В первом приближении рост ВВП связан с уровнем образования. В работе уделено внимание разработке алгоритма определения коэффициентов вклада в ВВП стран групп специалистов с различным уровнем образования. Эти исследования показали, что измерение вклада ЧК в ВВП только за счет образовательной компоненты дает хорошие результаты, в среднем, но применительно к России выявлено значительное несоответствие между уровнем образовательного ЧК и ВВП на душу населения.

Поэтому были разработаны еще две модели для прогностической поддержки решения задач управления развитием социально-экономических систем. Одна из этих моделей базируется на использовании когнитивного моделирования данной системы, а вторая на разработанном методе обработки информации о множестве агрегированных глобальных индексов. Эти модели позволили привлечь к разработке прогнозов дополнительные факторы и Предикторы и уточнить эти прогнозы. Разработанные прогностические модели показывают, что уровень ВВП на душу населения России соответствует общемировым закономерностям.

В связи с тем что ВВП на душу населения не в полной мере отвечает требованиям к показателям качества жизни людей, были разработаны методы прогнозирования уровня «счастья» граждан и управления повышением данного результата социально-экономического развития. Показано, что на индекс счастья наибольшее влияние оказывает индекс качества государственного управления и несколько меньше — ВВП на душу населения.

Для более глубокой диагностики экономических проблем стран и путей их разрешения были применены когнитивные методы исследования, которые показали ключевую важность таких факторов, как инновационное развитие, изношенность основных фондов и стратегические программы. Было обнаружено, что ряд важных для экономической динамики показателей не учитывается ни в одном глобальном Индексе.

Исследование вклада в ВВП специалистов различного уровня образования подтвердило очень сильное, экспоненциальное влияние числа лет обучения на величину вклада в ВВП. Этот эффект «образовательной экспоненты» является весьма важным с точки зрения дальнейшего развития человеческого капитала. Именно он позволяет выстроить систему образовательных стратегий и демонстрирует важность деятельности в сфере НИОКР.

Было уделено значительное внимание изучению возможностей использования образовательной экспоненты в сфере НИОКР. В частности, показано, что значительная часть положительного эффекта от обучения персонала не наблюдаема в рамках компаний и через экстерналии превращается в стратегический инновационный потенциал экономического развития страны.

Были также проведены исследования по когнитивному моделированию поведения системы научного труда и получены важные результаты, в частности, показано, что рост производительности труда в этой сфере позволяет наиболее быстро реализовать воздействие на «Стратегические программы развития» и «Спрос на научные разработки».

Приложение 1

Терминологический словарь

EDB — Ease of Doing Business Ranking или Doing Business (рейтинг легкости ведения бизнеса)

E7 — Семь развивающихся стран: Бразилия, Индия, Индонезия, Китай, Мексика, Россия, Турция (возможна замена Турции на Нигерию)

G7 — Большая семерка — группа стран: Великобритания, Германия, Италия, Канада, США, Франция, Япония

G6, G12, G24, G48, G72 — выборки крупнейших по ВВП стран (кроме G7)

GCI — Global Competitiveness Index (индекс глобальной конкурентоспособности)

HDI — Human Development Index (ИЧР — индекс человеческого развития)

IEF — Index of Economic Freedom (индекс экономической свободы)

CP — комплексный Предиктор, сформированный из нескольких глобальных индексов

IQ — коэффициент интеллекта (индикатор уровня индивидуального интеллекта)

ISCED — международная классификация образовательных уровней (International Standard Classification of Education. 2013), введенная в действие после МСКО 2008

MYS — Mean years of schooling (число лет обучения работников)

PwC — компания PricewaterhouseCoopers

QPA — Quality of public administration — индекс: «Качество государственного управления». Известен также под названием Worldwide Governance Indicators — WGI

R^2_m — среднее арифметическое коэффициентов детерминации по нескольким выборкам

WB — World Bank (Всемирный банк — ВБ)

WHI — World Happiness Index (индекс счастья)

ВВП — валовый внутренний продукт (GDP); также обозначается буквой G

ВВП/Д — ВВП на душу населения (GDP per capita — GDP/C); также обозначается буквой — $g = G/N$

Демографический переход — быстрое снижение показателей рождаемости

ИК — интеллектуальный (образовательный) капитал

ИРЧП — индекс развития человеческого потенциала

ИЧР — индекс человеческого развития (Human Development Index — HDI)

НИОКР — научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или R&D — исследования и разработки; в качестве синонима используется также термин «наука»

ОЭСР — Организация экономического сотрудничества и развития или OECD

ППС — паритет покупательной способности (PPP)

СКР — суммарный коэффициент рождаемости

ЧК — человеческий капитал

Приложение 2

Условные обозначения

E — число лет обучения специалиста

E_{ef} — эффективное число лет обучения работников

C_{HC} — коэффициент конверсии образовательного ЧК в ВВП

T — время, измеряемое в годах

T_0 — условная дата начала развития человечества ($T_0 \approx 1,6$ млн лет до н.э.)

T_1 — дата гиперболической сингулярности ($T_1 \approx 2025$ год)

T_2 — дата, отстоящая от времени гиперболической сингулярности на условное время взросления специалиста ($T_2 \approx 2050$ год)

N — численность населения Земли

dN/dT — производная от численности населения Земли по времени

C — константа гиперболического роста ($C = N/(T_1 - T) \approx 180$ млрд чел.·лет)

N_0 — численность начальной популяции людей во время T_0 ($N_0 \approx 100\,000$ чел.)

N_{max} — максимальная численность человечества, ориентировочно 10,5 млрд чел.

N_C — число жителей страны

N_T — число жителей трудоспособного возраста (25–64 года)

N_S — число специалистов в сфере НИОКР (R&D, ученые)

N_e — число грамотных людей

N_t — число специалистов, имеющих третичное образование

N_i — количество специалистов с уровнем образования — i

$I_{ик}$ — индикатор интеллектуального человеческого капитала, равный $\sum K_i \cdot N_i$, где K_i — весовые коэффициенты данного уровня образования

I_{HC} — индикатор образовательного (интеллектуального) человеческого капитала

D_i — доля специалистов, имеющих образование уровня i ($D_i = N_i/N_T$)

у.к. — условная книга — единица измерения знания (также СВ — «conditional book»); при оцифровании имеет объем около 1 Мбайта или порядка 100 страниц текста

G — валовый внутренний продукт (ВВП или GDP)

ВВП/Д — ВВП на душу населения; также $g = G/N$

G_s — годовой объем инвестиций в научную деятельность или ВВП на науку; принято также обозначение — GERD — gross domestic expenditure on R&D

E — число накопленных лет обучения (уровень образования)

J_E — годовой вклад специалиста в ВВП страны в зависимости от его уровня образования (E)

$\ln$ — натуральный логарифм ($\log$ — десятичный логарифм)

Q_i — квартиль, четверть единицы

m — производительность труда человека с минимальным использованием орудий труда и знаний ($m \approx 221$ долл./чел.·год в междунар. долл. 1995 года)

γ — константа, определяющая скорость роста мирового ВВП по мере роста населения Земли и знания человечества ($\gamma \approx 1,04 \cdot 10^{-6}$, долл./чел.²·год в междунар. долл. 1995 года)

R^2 — (R-квадрат) — коэффициент детерминации (мера связи одной случайной величины с множеством других; чем ближе R^2 к единице, тем выше качество модели)

$\Delta R^2 = 1 - R^2$ — погрешность регрессионной модели

Z — суммарный объем явных знаний человечества

Z_0 — начальный объем знаний человечества в момент начала его развития — T_0

ΔZ — годовой прирост объема знаний в мире

ΔZ_{s1} — объем знаний, который производит за год один ученый

Y — годовой заработок работника в формуле J. Mincer

M — математическое ожидание

S — стандартное отклонение

$\wedge$ — знак степени числа ($X^N = X^N$)

Литература

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.
2. Badinger, H., Tondl, G. Trade, Human Capital and Innovation: The Engines of European Regional Growth in the 1990-s, Working Paper Nr. 42, January 2002, P. 15.
3. Barro, R.J., Lee, J.W. (2001) International Data on Education and Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53, No. 3; World Development Indicators. Washington: World Bank, 2005.
4. Becker G. S., Murphy K. M., Tamura R. Human Capital, Fertility and Economic Growth // J. P. E. 1990. Pt. 2. № 5, V. 98. P. 15, 16.
5. Becker G.S. (1962) Investment in Human Capital: A Theoretical Analysis// Journal of Political Economy, Vol.70, No.5, Part 2, pp.9–49.
6. Becker P. Corporate Foresight in Europe: A First Overview. Luxembourg, 2003.
7. Bedane, B., Alam R., Kitenge, E. (2017). Government Effectiveness and Economic Growth. Economics Bulletin. 37. 222–227.
8. Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 p.
9. Berndt E.R. (1991). The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
10. Bongaarts, J. (2002). The end of the fertility transition in the developing world. Policy Research Division Working Paper no. 161. New York: Population Council.
11. Brewer, G., Choi, Y., Walker, R. (2008). Accountability, Corruption and Government Effectiveness in Asia: An Exploration of World Bank Governance Indicators. //International Public Management Review Electronic Journal. 8. 10.DOI 1016/S0732-1317(08)17012-9
12. Brooking, A. (1996) Intellectual Capital, London, International Thompson Business Press. (Русс. пер.: Брукинг Э. Интеллектуальный капитал. СПб., 2001).
13. Cornish E. Futuring: The Exploration of the Future. 2005.
14. David P. (2013) Knowledge, Capabilities and HumanCapital Formation in Economic Growth//Treasury Working Paper Series from New Zealand Treasury No 01/13

15. Deflator. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org>
16. Diener, Ed. Rising income and the subjective well-being of nations / Ed. Diener // *Journal of Personality and Social Psychology*. — Vol. 104 (2). — Feb. 2013. P. 267–276.
17. Diversity & Inclusion Report 2018. HAYS.
18. Dixon J., Bakkes J., Hamilton K., Kunte A., Lutz E., Pagiolle S., Hie J. (1997). Expanding the Measure of Wealth Indicators of Environmentally Sustainable Development. Environmentally Sustainable Development. Studies and Monographs, Ser. No 17. Wash., The World Bank.
19. Doing Business 2020. Washington, The World Bank. URL: www.worldbank.org
20. Easterlin, R.A. Does Economic Growth Improve the Human Lot? Some Empirical Evidence / R.A. Easterlin. 1974.
21. Economic development of the Eurasian Economic Union and member states in 2018: International ratings. M.: Eurasian Economic Commission. Analytical report. 2005.
22. Education at a Glance 2013: OECD Indicators. URL: <http://www.oecd.org/edu>
23. Features of modern science // Scientific information magazine “Biofile”. 2018.
24. Fenton-O’Creevy, M. (1998) ‘Employee involvement and the middle manager: evidence from a survey of organisations’, *Journal of Organisational Behaviour*, 19(1), pp. 67–84.
25. Fischer S., Dornbusch R., (1988). Schmalensee. Economics. — 2nd ed, McGraw-Hill.
26. Foerster, H. von, Mora, P. and Amiot, L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. *Science* 132:1291–5. 1960.
27. Forrester J. (2003). Мировая динамика. / Пер. с англ. М: АСТ; СПб.: Terra Fantastica.
28. Fuente A., Ciccone A. Human capital in a global and knowledge-based economy. — Final report. European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003 — VI, 114 pp.
29. Gartner Hype Cycle (2019). URL: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>.

30. General Information — About the Library (Library of Congress). 2017. URL: <http://www.loc.gov/about/general-information>. Дата обращения: 01.12.2018.
31. General Information — About the Library (Library of Congress). 2012. URL: <http://www.loc.gov/about/general-information>
32. Girod, D., Walters, M. (2018). Imperial Origins of the Oil Curse. *Journal of Arabian Studies*. 8. 13–28. 10.1080/21534764.2018.1546930.
33. Goleman D. Emotional intelligence. New York: Bantam Books, Inc., 1995.
34. Gordon T.J., Helmer O. Report on Long-Range Forecasting Study. The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., Sept., 1964.
35. Gordon, W.J.J. *Sinectics: The Development of Creative Capacity*. New York, 1961.
36. Gorshenin V.P., Prichina O.S., Orekhov V.D., et al. Cognitive Technologies to Build Models for Operations of Business School. *Proceeding of the 29th IBIMA Conference — Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020: From Regional Development Sustainability to Global Economic Growth 2017*. P. 504–513.
37. Gross domestic product based on purchasing-power-parity (PPP) valuation of country GDP (АНГЛ.). The World Bank (21.09.2018). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD>
38. Hall R. E., Jones C. I. Why do some countries produce so much more output per worker than others? Accounting for Cross-Country Income Differences // *CEP Discussion Paper*. 2005. № 667.
39. Hamilton K., Hartwick J.M. Investing Exhaustible Resource Rents and the Path of Consumption // *Canadian Journal of Economics* 38 (2). 2005.
40. Hartley, K., Zhang, J. (2018). Measuring Policy Capacity Through Governance Indices. DOI 10.1007/978-3-319-54675-9_4.
41. Hawksworth J. The World in 2050. How big will the major emerging market economies get and how can the OECD compete? PricewaterhouseCoopers — March 2006.
42. Hawksworth J. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>

43. Hawksworth J., Audino H., Clarry R. (2017). The World in 2050. The long view: how will the global economic order change by 2050? PwC Economics & Policy services. URL: <http://www.pwc.com/world2050>
44. Hawksworth J., Chan D. World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities. PwC Economics. 2013.
45. Helliwell, J., Layard, R., & Sachs, J. (2019). World Happiness Report 2019, New York: Sustainable Development Solutions Network. <http://worldhappiness.report/>
46. Hetten D.A., Cameron K.S. Developing Management skills. Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, –8th ed. 2011.
47. Human Development Indices and Indicators 2018 Statistical Update. United Nations Development Programme. 1 UN Plaza, New York, NY 10017 USA.
48. Human Development Reports. United Nations Development Programme. URL: <http://hdr.undp.org/en/2018-update>
49. Igaune, I., Liepa-Balode Ilze Agnese H (2016) The Mutual Reciprocity of Education, Non-Formal Cultural Education and Social Capital //Economics and Culture, 2016, vol. 13, issue 2, 35-43 DOI: <https://doi.org/10.1515/jec-2016-0018>
50. Indicators. WorldBank. (2018). URL: <https://data.worldbank.org/indicator>
51. Isaev R.A., Podvesovskii A.G. Generalized Model of Pulse Process for Dynamic Analysis of Sylov's Fuzzy Cognitive Maps // CEUR Workshop Proceedings of the Mathematical Modeling Session at the International Conference Information Technology and Nanotechnology (MM-ITNT 2017), Vol. 1904. P. 57–63.
52. Jorgenson D.W., Fraumeni B.M. (1992) The Output of the Education Sector / Z. Griliches (ed.). Output Measurement in the Services Sector. Chicago: The University of Chicago Press
53. Jorgenson D.W., Fraumeni B.M. The Accumulation of Human and Nonhuman Capital, 1948–1984 / R.E. Lipsey, H.S. Tice (eds.). The Measurement of Savings, Investment and Wealth. Chicago: The University of Chicago Press, 1989.
54. Kahn H. The Next Two Hundred Years: A Scenario for America and the World. 1976.
55. Karanashev A., Shinkareva O., Prichina O., Gorshenin V., Orekhov V. The effectiveness of the research and development teams with an account for process manage-

ment specifics. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2019. T. 10. № 2. С. 1784–1793.

56. Kaufmann D., Kraay A., Mastruzzi M. (2010). *The Worldwide Governance Indicators: Methodology and Analytical Issues* World Bank Policy Research Working Paper # 5430.

57. Kendrick, J. W. (1976) *Economic Growth and Total Capital Formation: A Study*. U.S. Congress. Joint Economic Committee.

58. Kosko B. *Fuzzy Cognitive Maps* // *International Journal of Man-Machine Studies*, 1986. Vol. 1. P. 65–75.

59. Kremer, M. *Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990*. *The Quarterly Journal of Economics* 108, 1993. P. 694.

60. Kulinich A. A. Computer systems of cognitive maps modeling: approaches and methods. *Problems of Management*, № 3, 2010.

61. Kurzweil R. *The Singularity Is Near*. N. Y.: Viking, 2005.

62. Library of Congress. — Wikipedia, 2012. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

63. List of countries by GDP growth rate. URL: <https://ru.wikipedia.org> (accessed 03.08.2019).

64. Maddison, A. *Historical Statistics of the World Economy: 1–2008 AD*. GGDC, 2010.

65. McConnell, S. and Bru, S. (2006) *Economics*. McGraw-Hill Companies, Ink.

66. Meadows D.H. (2008) *Thinking in Systems: a primer*. Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008.

67. Meadows D.H. *Thinking in Systems: a primer*. — Chelsea Green Publishing, Vermont, 2008. — p. XI + 211.

68. Miller T., Kim A. B., Roberts J. M., Tyrrel P. (2019) *Index of Economic Freedom*. Washington: Heritage Foundation. URL: <http://www.heritage.org/index>

69. Mincer J. (1974), *Schooling, Experience and Earnings*, New York: Columbia University Press for the National Bureau of Economic Research.

70. Mincer J. (1994) *The Production of Human Capital and The Lifecycle of Earnings: Variations on a Theme*. — Working Paper of the NBER, No 4838.

71. Moore G. *Cramming More Components onto Integrated Circuits*. *Electronics*, pp. 114–117, April 19, 1965.

72. Mulligan C.B. X.Sala-i-Martin. (1995). Measuring Aggregate Human Capital. — Working Paper of the NBER, No 5016.

73. Muraven, M., Shmueli, D., Burkley, E. Conserving self-control strength // Journal of Personality and Social Psychology. 2006. Vol. 91. P. 524–537.

74. Nonaka, I., Takeuchi, H. The Knowledge-creating company: How japenese create the dynamice of innovation, Oxford University Press, 1995 (Русс. пер. Нонака И., Такеучи Х. Компания — создатель знания. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003). OECD «Education at a glance» 2017.

75. O'Connor J., McDermott I., The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997. 288 p.

76. OECD.Stat. (2018). Educational attainment and labor-force status. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=EAG_NEAC

77. Omran A.R. (1971). The epidemiologic transition: a theory of the epidemiology of population change // The Milbank Memorial Fund Quarterly. Vol. 49, № 4. Pt.1, P. 509–538.

78. Orekhov V.D., Prichina O.S., Loktionova U.N. et al. (2020). Scientific analysis of the Happiness Index in regard to the human capital development. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, Volume 12, Special Issue. P. 467–478.

79. Orekhov V.D., Prichina O.S., Blinnikova A.V. et al. Indicative diagnostics of the educational component of human capital based on mathematical modeling. Opción, Año 35, VE, Especial No.20 (2019): 2337–2365.

80. Orekhov V.D., Prichina O.S., Gizyatova A.S. et al. Development of the indicative system for assessing GDP per capita using cumulative indices, including human capital. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems Volume 12, 05-Special Issue, 2020. P. 1139–1152. DOI: 10.5373/JARDCS/V12SP5/20201867

81. Orekhov V., Ramanau R., Melnik M. (2018) Investigation of the Legislation of Control Effectiveness of Labor of Scientific Groups. Economic and Social Development (Book of Proceedings). 34th International Scientific Conference on Economic and Social Development. P. 669–678.

82. Pere, E. (2015). The impact of good governance in the economic development of Western Balkan countries. *European Journal of Government and Economics*. 4. 25–45. 10.17979/ejge.2015.4.1.4305.

83. Peter van de Ven. (2014). The Implementation of the 2008 SNA and the Main Challenges_rus.pdf 3rd General conference of the International Association for the study of income and wealth, Rotterdam.

84. PISA 2015 Database. OECD. 2016.

85. PISA 2015 Results in Focus. OECD 2016.

86. Podvesovskii, A.G., Lagerev, D.G., Korostelev, D.A. Применение нечетких когнитивных моделей для формирования множества альтернатив в задачах принятия решений // Вестник Брянского государственного технического университета, 2009, № 4 (24). С. 77–84.

87. Podvesovsky, A.G., Lagherov, D.G., Korostelev, D. SSDM “ IGLA”. Certificate of the Industry Fund of Algorithms and Rosstat Programs No. 50200701348, 2018. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html>.

88. Polachek, S. (2013) Heterogeneity in the Production of Human Capital// Discussion Papers from Institute for the Study of Labor (IZA) No 7335.

89. PricewaterhouseCoopers: Прогноз развития мировой экономики с 2015 до 2050 года. [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. — 11.02.2015. 12:00. URL: <https://gtmarket.ru/news/2015/02/11/7089>

90. Prichina O., Orekhov V.D., Shchennikova E.S. World Number of Scientists in Dynamic Simulation for the Past and the Future. *Economic and Social Development Book of Proceedings*. Varazdin Development and Entrepreneurship Agency; Russian State Social University. 2017. С. 69–81.

91. Prichina O., Piel H., Solodukha P., Orekhov V. Investigation of managed external — and intrieconomic processes in conditions of global and uncertainty. В сборнике: *Economic and Social Development Book of Proceedings*. Editors: Aleksander Maloletko, Natasa Rupcic, Zoltan Baracscai. 2018. С. 860–872.

92. Prichina O.S., Orekhov V.D., Evdokimova Y.V., Kukharenko O.G., Kovshova M.V. (2019). Evolution of Key Factors and Growth Potential of Human Capital. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)* Vol-

ume-8 Issue-7, P. 2226–2234. URL: <https://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v8i7/G5777058719.pdf>

93. Psacharopoulos G., Patrinos H. A. Returns to Investment in Education: A Further Update. P. 1.

94. Quinn, J. B., Anderson, P., Finkelstein, S. (1966) «Managing professional Intellect». Harvard Business Review, March–April, pp. 71–83.

95. R&D Expenditure, % of GDP. Мировой атлас данных. Кноема Enterprise. 2017. URL: <https://knoema.ru/>

96. Rating countries for the happiness level of the United Nations. Humanitarian encyclopedia: Research [Electronic resource] // Center for humanitarian technologies, 2006–2019. 2019 (Sustainable Development Solutions Network: World Happiness Report 2019: (last edition: 23.04.2019). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/world-happiness-report/info>

97. Rating of the countries of the world in terms of favorable business conditions in 2014 — 2018. Economist Intelligence Unit [Electronic resource] // Center for Humanitarian Technologies. URL: <https://gtmarket.ru/news/2014/05/26/6784>.

98. Researchers in R & D. Indicator. Worldbank, (2015). URL: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.SCIE.RD.P6?view=chart>

99. Rifkin, J. The Third Industrial Revolution How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World, — New York: Palgrave Macmillan, 2011. 291 pp.

100. Roxburgh C. С поправкой на мозг. The McKinsey Quarterly (№ 2, 2003).

101. Saaty, Thomas L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors — The Analytic Hierarchy/Network Process. RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics) 102 (2), 2008–06. P. 251–318.

102. Saltelli A. International PISA tests show how evidence-based policy can go wrong. DlgBlogger 2017. <https://www.djgblogger.com/international-pisa-tests-show-how-evidence-based-policy-can-go-wrong/>

103. Schofer E., Meyer J. W. The Worldwide Expansion of Higher Education in the Twentieth Century, American Sociological Review. 2006.

104. Schultz T. Reflection on Investment in Man // The Journal of Political Economy. Vol. LXX, 1962.
105. Schultz T.W. The Economic Value of Education. New York: Colambia University Press. 1963.
106. Schwab K. The Global Competitiveness Index 4.0 2019 Rankings. World Economic Forum 2019. <https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>
107. Schwab K. The Global Human Capital Report. World Economic Forum, Cologny/Geneva Switzerland, 2019. URL: educationgenderwork@weforum.org
108. SCImago Journal & Country Rank. Scimago Institutions Rankings. URL: <https://www.scimagojr.com/>
109. Serneels P. (2008) Human capital revisited: The role of experience and education when controlling for performance and cognitive skills //Labour Economics, vol. 15, issue 6, 1143–1161.
110. Shinkareva O., Orekhov V., Solodukha P., Prichina O., Gizyatova A. (2018). Multifactor Assessment of Indicators on Dynamic Modeling of Programs for Managin the Perfomance of Scientific Labor. International Journal of Civil Engineering and Technology, V. 9, Is. 13, P. 303–317.
111. Shultz T. Human Capital in the International Encyclopedia of the Social Sciences. — N.Y., 1968, vol. 6.
112. Silberglitt R., Anton P. S., et al. Global Technology Revolution-2020, In-Depth Analyses. (2006). RAND Corporation. URL: https://www.rand.org/pubs/technical_reports/TR303.html
113. Six ways to ensure higher education leaves no one behind. UNESCO Policy Paper 30, 2017. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247862>
114. Skyrme, D.J. and Amidone, D.M. Creating the Knowledge-Based Business, Wimbledon, Business Intellegence Ltd. 1997.
115. Soares J. (2006) Borrowing Constraints, Parental Altruism and Human Capital Accumulation // Meeting Papers from Society for Economic Dynamics No 516.
116. Temple C. Critical thinking and critical literacy. Change (Peremena), № 2, 2005, P. 15–20.

117. The changing nature of work. World development report 2019. Washington, DC 20433. World Bank Group.
118. The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum.
119. The Growth Report: Strategies for Sustained Growth and Inclusive Development. Commission on Growth and Development. 2008. www.growthcommission.org
120. The Legatum Prosperity Index, 2019, Legatum Institute, 11 Charles Street, London W1J 5DW, United Kingdom. URL: https://www.prosperity.com/download_file/view_inline/3690
121. Thibeault I.V., Prichina O.S., Goreliva G.V. Cognitive Russian Modeling in the System of Corporate Governance. Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. T.6. №2. Rome, Italy. P. 442–452.
122. UIS UNESCO. International Standard Classification of Education. 2013. URL: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/iscled.2011-ru.pdf>.
123. UNESCO. Press release. 2009 — 139. 2009.
124. Veenhoven, R. «Social conditions for human happiness: A review of research.» International Journal of Psychology 50, no. 5 (2015): 379–391.
125. Veenhoven, R. Questions on happiness: Classical topics, modern answers, blind spots. In F. Strack, M. Argyle, & N. Schwarz (Eds.), Subjective well-being: An interdisciplinary perspective (P. 7–26). — Oxford, England: Pergamon Press, 1991. P. 14.
126. Vinge V. The Coming Technological Singularity: How to Survive in the Post-Human Era”. Whole Earth Review, 1993.
127. Welford A.T. On the human demands of automation: Mental work conceptual model, satisfaction and training. // Industrial and business psychology. 1961. Vol. 5. P. 182–193.
128. White, R., Lippitt, R. (1983) `Leader behavior and member reaction in three «social climates»`, in Cartwright, D. and Zander, A. (eds) Group Dynamics, Tavistock.
129. Woodcock, M. Team Development Manual. Farnborough: Gower Press, 1979.
130. World Population Prospects: The 2015 Revision. Key Findings and Advance Tables. (2015) Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations, New York. No. ESA/P/WP. 241. URL: <https://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html>

131. World Population Prospects: The 2017 Revision. (2017). Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York. URL: <https://population.un.org/wpp/Publications/>
132. Адериho Ю.А., Крюков А.Ф. Особенности индикативных методов оценки экономических циклов // Сибирская финансовая школа, #4. 2010. С. 39–43.
133. Альтбах Ф., Андрущак Г., Кузьминов Я., Юдкевич М., Райсберг Л. (2013). Будущее высшего образования и академической профессии: страны БРИК и США. Высшая школа экономики; Москва.
134. Аргайл М. Психология счастья. 2-е изд. СПб.: Питер, 2003.
135. Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов. М., МГУ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. 2015.
136. Барро Р.Дж, Сала-и-Мартин Х. Экономический рост. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. 824 с.
137. Белбин Р.М. Команды менеджеров: как объяснить их успех или неудачу [пер. с англ.], 2-е изд. — Лондон и др.: Квитс, 2007. — 238 с.
138. Берндт Э.Р. (2005). Практика эконометрики: классика и современность. М. ЮНИТИ-ДАНА, 2005. — 863 с.
139. Бестужев-Лада И. В., Наместников Г.А. Социальное прогнозирование. Курс лекций. М.: Педагогическое общество России, 2002.
140. Библиотека конгресса. — Википедия, 2012. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
141. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. Изд. 3. М., 1989.
142. Борисов И.И., Запрягаев С.А. Тенденции развития высшего образования в XXI веке. — 2000. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/educ/2000/01/p13-29.pdf>
143. Бубис И.В., Гилязетдинова К.Р., Дюкина Т.О. О взаимосвязи между ВВП на душу населения, индексом счастья, индексом развития человеческого потенциала и индексом экологической эффективности // Приложение математики в экономических и технических исследованиях. Издательство: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова (Магнитогорск), № 4, 2014 (4). С. 57–61.

144. БЭС. Большой энциклопедический словарь. М., «Большая Российская энциклопедия», изд. 2, Санкт-Петербург, «Норинт», 1998. 1456 с.
145. Гальчева А. Россия обошла Руанду и Испанию в деловом рейтинге Всемирного банка. РБК, Экономика, 24.11.2019. URL: <https://www.rbc.ru/economics/24/10/2019/5db03a099a79473f0680ade3>
146. Гейзенберг В. Критерии правильности замкнутой теории в физике / Шаги за горизонт, М., «Прогресс», 1987 г., с. 184–187. <http://vikent.ru/enc/1747>
147. Государственная программа РФ «Развитие образования». Постановление Правительства РФ № 1642 от 26 декабря 2017 г.
148. Гурвич Е.Т. Экономическая политика и измерения экономической свободы. МЦСЭИ «Леонтьевский центр», 2012. С. 39–50.
149. Дагаев А.А. Эволюция и перспективы совершенствования методологии долгосрочного экономического прогнозирования // Российское предпринимательство. 2006. Том 7. № 4. С. 81–85. URL: https://creativeconomy.ru/lib/1633#_ftnref7
150. Данилин И.В., Мамедьяров З.А., Кобринская И.Я. Прогнозирование технологических тенденций на основе социально-экономических факторов. Научно-аналитический доклад. М. НИИ ИМЭМО, РАН, 2016 2016-Dynkin-Rep-RFFI-001.pdf
151. Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018.
152. Де Боно Э. Шесть шляп мышления. — СПб., 1997.
153. Джаксон М. Теория сложности (complexity) и системный подход.// Альманах «Восток». 2005. Вып. №100 (раздел «Системная динамика»). URL: http://www.situation.ru/app/j_art_1052.htm
154. Доклад о мировом развитии 2019 «Изменение характера труда». Вашингтон, округ Колумбия: Всемирный банк. doi:10.1596/978-1-4648-1328-3.
155. Донецкая С.С., Цзи Цяньнань. Реформирование системы высшего образования в Китае: современные итоги // Высшее образование в России. 2018. Т. 27. № 12. С. 79–92.
156. Дровяников В.И., Чумак Е.А. Разработка методики индикативной оценки состояния социально-экономической системы. Вестник Международного ин-

ститута рынка, Самарский университет государственного управления, г. Самара, 2017, № 2, С. 14–18.

157. За последние 14 лет количество студентов в мире удвоилось — ЮНЕСКО. 2017. URL: <http://www.for.kg/news-421990-ru.html>

158. Знание. Советский энциклопедический словарь. М. «Советская энциклопедия», 1987.

159. Индекс человеческого развития / Гуманитарный портал: Исследования [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий, 2006–2021 (последняя редакция: 22.03.2021). URL: <https://gtmarket.ru/ratings/human-development-index>

160. Индекс человеческого развития (ИЧР). 2020. NONNEWS. URL: <https://nonews.co/directory/lists/countries/index-human>

161. Интеллектуальный капитал: Учеб.-метод. пособие, кн. 2 / Подгот. Н.М. Жаворонковой, В.Н. Голубкиным. — Жуковский, 2005 (По мат. курса The Open University «Managing Knowledge», Albert, S., Bradley, K., Little, S.)

162. Капелюшников Р.И. Сколько стоит человеческий капитал в России? М., препр. WP3/2012/06, Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики», М., 2012.

163. Капелюшников Р.И. Спрос и предложение высококвалифицированной рабочей силы в России: кто бежал быстрее? препринт WP3/2011/09 [Текст] / Р.И. Капелюшников; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. 68 с. URL: <https://www.hse.ru/pubs/share/direct/document/69565182>

164. Капелюшников Р.И. Человеческий капитал России: эволюция и структурные особенности // Вестник общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. — 2005. № 4. С. 46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chelovecheskiy-kapital-rossii-evolyutsiya-i-strukturnye-osobennosti>

165. Капелюшников Р.И. Эволюция человеческого капитала в России. «Отечественные записки» — # 3, 2007 год. // Электронная публикация: Центр гуманитарных технологий. — 10.04.2007. URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/2007/807> Дата обращения: 01.12.2018.

166. Капица С. П. Математическая модель роста населения мира// Мат. модел. 1992. Т. 4. № 6.

167. Капица С.П. Парадоксы роста: Законы глобального развития человечества. — М.: Альпина нон-фикшн, 2012.
168. Карпенко О.М., Бершадская М.Д., Вознесенская Ю.А. Показатели уровня образования населения в странах мира: анализ данных международной статистики. // Социология образования, 2008, № 6. С. 4–20 URL: <http://www.demoscope.ru/weekly>
169. Карый А.В., Афиногенова И.Н. Индекс человеческого развития в системе показателей развития страны // Территория науки. 2015. № 4. С. 75–78.
170. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. — М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1948. 399 с.
171. Кендрик Дж. Совокупный капитал США и его формирование. М., Прогресс, 1980.
172. Кирьянов Д.А., Сухарева Т.Н. Методы оценки человеческого капитала: анализ объективности и достаточности исходных данных // Теория и практика общественного развития, 2011, № 3. С. 337–340.
173. Клейнер Г. Микроэкономика знаний и мифы современной теории // Высшее образование в России. 2006. № 9.
174. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2006). Труды 6-й Международной конференции под ред. З.К. Авдеевой, С.В. Ковриги. М.: Институт проблем управления РАН. 2006.
175. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры // Вопросы конъюнктуры. 1925. Т. I. Вып. 1.
176. Корицкий А. В. Влияние человеческого капитала на экономический рост: учеб. пособие. Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ, 2013.
177. Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерева, А.Г. Подвесовский // Одиннадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008 (28 сентября — 3 октября 2008 г., г. Дубна, Россия): Труды конференции. В 3 т. Т. 3. М.: ЛЕНАНД, 2008. С. 329–336.

178. Коротаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М., 2005.
179. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? Монография. — Воронеж: ЦИРЭ, 2005.
180. Красильникова М.Д., Бондаренко Н. В. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления на экономический рост// Проблемы прогнозирования, 2014.
181. Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А. Кулинич // Проблемы Управления. 2010. № 3.
182. Ладыкова Т.И., Васильева И.А., Завиша Е.Н. Форсайт-технологии в прогнозировании инновационного развития региона. Управление экономическими системами. № 4, 2015.
183. Лапыгин Ю.Н. Управленческая команда. М.: Эксмо, 2007. 270 с.
184. Лэйард Р. Счастье. Уроки новой науки. М.: Издательство Института Гайдара, 2012.
185. Макаров В.Л., Клейнер Г.Б. Микроэкономика знания. Издательство «Экономика», 2007.
186. Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М., Инфра-М, изд. 16, 2006 г.
187. Мальтус Т.Р. Опыт закона о народонаселении / Пер. с англ. — М., 1895. — С. 14, 18, 33.
188. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. Пределы роста. 30 лет спустя/ Пер. с англ. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007.
189. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й., Бернс В. Пределы роста. — М.: МГУ, 1991.
190. Мельник М.С., Орехов В.Д., Причина О.С. Моделирование тенденций и закономерностей трудовой деятельности в России: когнитивный подход. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 3. С. 94–101.
191. Мир 2035. Глобальный прогноз / под ред. А.А. Дынкина; ИМЭМО им. Е.М. Примакова РАН. М.: Магистр, 2017, 352 с.
192. Мир в 2050 году / Под ред. Д. Франклина, Дж. Эндрюс. — М. , 2013. — С. 208.

193. Мировая глобализация. ICC Russia. 2018. URL: <http://www.iccwbo.ru/ob-icc/icc-russia/missiya/>
194. Национальный доклад. Управление исследованиями и разработками в российских компаниях. М.: Ассоциация менеджеров. С. 69. 2011.
195. Немцов Э. Ф. Человечество становится всё изобретательнее. 2011.
196. Нестеров Л.И. Национальное богатство и человеческий капитал.// ВЭ, 2003, № 2. С. 13–110.
197. Нонака И. и Такеучи Х. Компания — создатель знания. Зарождение и развитие инноваций в японских фирмах / [Пер. с англ.]. М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2011. 384 с.
198. Нуреев Р. Теории развития: новые модели экономического роста (вклад человеческого капитала) // Вопр. экономики. М., 2000. № 9. С. 136–157.
199. Ожегов С.И. Словарь русского языка. М., «Русский язык», изд. 16-е, 1984. С. 681.
200. О’Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. М., 2006.
201. Орехов В.Д. Инновационное развитие в условиях глобализации: Матер. XXI междунар. научн.-практ. конфер. «Инновации в науке». Новосибирск: СибАК, 2013. — С. 81. URL: <http://sibac.info/2009-07-01-10-21-16/8286-2013-06-26-23-19-36>
202. Орехов В.Д. Маркетинг. Курс «Предприимчивый менеджер». R788. Кн. 3. М.: МИМ ЛИНК, 2005.
203. Орехов В.Д. Особенности корпоративного обучения менеджеров. Журнал «Управление персоналом», № 5–70, май 2002 г.
204. Орехов В.Д. Прогнозирование развития человечества с учетом фактора знания. Моногр. — Жуковский: МИМ ЛИНК, 2015. 210 с. URL: <http://world-evolution.ru/monograph/monography.pdf>
205. Орехов В.Д. Управление на грани хаоса. Научные труды МИМ ЛИНК. 2011. № 27. С. 281–292.
206. Основные результаты международного исследования PISA-2015. Центр оценки качества образования ИСРО РАО.

207. Особенности современной науки// Науч.-информ. журн. «Биофайл». URL: <http://biofile.ru/his/2038.html>
208. Переслегин С.Б. Новые карты будущего, или Анти-Рэнд. — М.: АСТ; СПб.: Terra Fantastica, 2009. — 702 с. <https://windjview.sourceforge.io/ru>
209. Подвесовский А.Г., Лагерева Д.Г., Коростелев Д.А. СППР «ИГЛА». (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007. URL: <http://iipo.tu-bryansk.ru/quill/developers.html> Дата обращения 2018.
210. Подлазов А.В. Основное уравнение теоретической демографии. М., 2001. (Раздел 1.1) URL: http://www.keldysh.ru/papers/2001/prep88/prep2001_88.html
211. Поппер К.Р. Логика и рост научного знания. М., Прогресс. 1983. URL: <http://skepdic.ru/wp-content/uploads/2013/05/popper.pdf>
212. Причина О.С., Орехов В.Д. Тенденции и закономерности эволюции трудовой деятельности людей. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 1. С. 47–50.
213. Причина О.С., Орехов В.Д., Есипова Э.Ю. Закономерности трудовой деятельности коллективов в области R&D: факторы и резервы повышения производительности труда. Социальная политика и социология. 2017. Т. 16. № 6 (125). С. 25–35.
214. Причина О.С., Орехов В.Д., Каранашев А.Х. Разработка модели прогнозирования экономической динамики стран на базе глобальных индексов// Вестник Северо-Осетинского государственного университета. 2020; 1: 158–166. DOI: 10.29025/1994-7720-2020-1-158-166. URL: <http://bulletinnosu.ru/upload/2020-1/158-166.pdf>
215. Причина О.С., Орехов В.Д., Щенникова Е.С. Управление персоналом и инновациями на основе использования образовательных технологий. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики № 2, 2017. С. 77–81.
216. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2024 года. Министерство экономического развития Российской Федерации. 34945_prognoz_rf_2019_2024.pdf
217. Производительность труда в России — итоги, планы, перспективы. Портал «Управление производством». 2016. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/putin-chemezov.html

218. Производительность труда в Российской Федерации. Аналитический центр при Правительстве РФ, Социальный бюллетень. № 9, 2017. URL: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/13612.pdf>
219. Расходы России на оборону приблизились к \$70 млрд. Известия. URL: <https://iz.ru/670905/alina-evstigneeva-aleksei-ramm/raskhody-rossii-na-oboronu-priblizilis-k-70-mlrd>
220. Резолюции 65-й сессии (2010–2011 годы) Генеральной ассамблеи ООН, отчет A/65/PV.109. 2011. URL: <https://www.un.org/ru/ga/65/docs/65res4.shtml>
221. Рейтинг стран по ВВП (ППС). NoNews URL: <https://nonews.co/directory/lists/countries/gdp-ppp>. Дата обращения: 14.08.2019.
222. Россия должна увеличивать производительность труда на 5-6% ежегодно. Портал «Бизнес и власть», 2017. URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/productivity/itogi-plany-2017.html
223. Россия и страны — члены Европейского союза 2017: М., Стат. сб. /Рос-стат РФ, 2017.
224. Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю. Моделирование и прогнозирование мировой динамики. М., 2012.
225. Светлов Н.М. Модель конкуренции науки и производства за интеллект // Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы XVIII Всероссийского симпозиума. Москва, 11-12 апреля 2017 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН, 2017. С. 822–825.
226. Системный мониторинг: Глобальное и региональное развитие / Отв. ред. Д.А. Халтурина, А.В. Коротаев. — М., «Либроком», 2010. 50 с.
227. Советский энциклопедический словарь. М., 1987.
228. Солодуха П.В., Орехов В.Д., Селиванов С.В. Динамическое моделирование тенденций социально-экономического развития в сфере трудовой деятельности в России. М., Юр-ВАК. Проблемы экономики и юридической практики. 2018. № 4. С. 78–82.
229. Список стран по ВВП (ППС) на душу населения. Википедия, 2017. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
230. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. — СПб.: Бизнес-пресса, 2000.

231. СССР в цифрах в 1975 году. М., 1976.

232. Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г. и др. Подходы к измерению динамики и структуры человеческого капитала и оценке воздействия его накопления на экономический рост. М., Проблемы прогнозирования, ИНП РАН. 2014. С. 3–17.

233. Суворов А.В., Суворов Н.В., Гребенников В.Г. и др. Человеческий капитал как фактор социально-экономического развития России. СПб.: Нестор-История, 2016. 264 с.

234. Суммарный коэффициент рождаемости (1950–2015). Прогноз ООН от 2010 года, средний вариант. [Электронный ресурс] // Википедия. — 6.05.2019. 19:25 URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

235. Турчин А.В., Батин М.А. Футурология. XXI век: бессмертие или глобальная катастрофа? М. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. 263 с.

236. Управление знаниями в организациях. Учеб.-метод. пособие, кн. 1–4 / Подгот. Н.М. Жаворонковой, В.Н. Голубкиным. Жуковский, 2007 (По мат. курса The Open University “Managing Knowledge”, Quintas P., Brauer E.J. Gones G., Shum S.B., Ray T., Albert, S., Bradley, K., Little, S., Skryme D.)

237. Ушаков К. Хранилище вечности // СЮ. 2007. — #7.

238. Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономическая теория. М., Юнити, 2002.

239. Форрестер Дж. Мировая динамика / Пер. с англ. М., СПб., 2003. С. 23, 54.

240. Цит. по: Сегодня в мире 153 миллиона студентов. — Инновац. образов. сеть «Эврика», 2009. URL: <http://www.eurekanet.ru/ewww/promo/10407.html>

241. Численность студентов в разных странах мира. Федеральный портал Proton.ru. <http://www.protown.ru/information/hide/3542.html>

242. Шматова Ю.Е., Морев М.В. Исследование уровня счастья: литературный обзор российских и зарубежных исследований. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз 3 (39) 2015. 141–162 с.

243. Экономическое развитие ЕАЭС и государств-членов в 2019 году: Международные рейтинги. М.: Евразийская экономическая комиссия. 2019. URL: www.eurasiancommission.org

Научное издание

Орехов Виктор Дмитриевич

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ
С УЧЕТОМ ФАКТОРА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО
КАПИТАЛА**

Монография

Технический редактор: *Лина Мовсесян*

Компьютерная верстка: *Анастасия Шантурова*

Издательство «Знание-М»

Подписано в печать 01.02.2022. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура «Times». Печать цифровая.

Усл. печ. л. 23,95. Заказ № 6442. Тираж 500 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в издательско-полиграфическом комплексе

Северо-Кавказского федерального университета

355038, г. Ставрополь, пр. Кулакова, 2

Издано в научных и учебных целях.