

МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОГРАММ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ НАУЧНОГО ТРУДА

Dr. Michael S. Melnik, Russian State Social University, Moscow, Russia

Dr. Viktor D. Orekhov, International Institute of Management LINK, Russia

Dr. Aleksandr G. Podvesovskii, Bryansk State Technical University, Russia

Dr. Peter V. Solodukha, Russian State Social University, Russia

Dr. Olga S. Prichina, Russian State Social University, Russia

***Аннотация:** на основе системного анализа выделены основные подсистемы слабоструктурированной системы труда R&D-специалистов, влияющие на эффективность их труда, и выявлены ключевые концепты, входящие в эти подсистемы. На основе опроса экспертов и с использованием системы поддержки принятия решений (СППР) проведено ранжирование концептов, определена их система взаимосвязей и построена когнитивная карта данной системы.*

Анализ нечеткой когнитивной карты показал, что она в целом имеет высокий консонанс (степень доверия), но группа ментальных концептов отличается пониженным консонансом, вследствие слабого влияния системы на эти концепты.

Выявлены проблемные зоны системы R&D-труда, а также основные узлы воздействия на систему: оплата труда, финансирование и обеспечение ресурсами, спрос на научные разработки, система поддержки R&D в компании, инновационная культура бизнеса.

Проведено динамическое моделирование поведения системы под влиянием управляющих воздействий четырех типов. Показано, что величина роста эффективности труда соответствует по порядку величине управляющего воздействия. Использование для управления концептов «Стратегические программы развития» и «Спрос на научные разработки» обеспечило втрое более быстрый рост эффективности труда по сравнению с двумя другими концептами.

Обоснование модели эффективности R&D-труда дает системные основания для формирования рекомендаций по управлению научно-исследовательской деятельностью.

***Ключевые слова:** системный анализ, R&D, когнитивное моделирование, критическое мышление, ловушки сознания, групповая работа, эффективность труда, ВВП, образование.*

ВВЕДЕНИЕ

Научно-исследовательская и проектно-конструкторская (R&D) деятельности представляют собой взаимосвязанную систему ментальных, социально-экономических, производственных и других факторов, динамично изменяющихся в соответствии с развитием общества. По определению великого математика Г. Лейбница, 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» (роль науки в обществе).

Произошедшая в XX веке научно-техническая революция и последовавшее за этим увеличение доли человеческого капитала с 30 до 80% от национального богатства крупнейших развивающихся и развитых экономик (Корчагин Ю.А., 2005) послужили еще большему росту значения науки в мире, человечество вступило на путь перехода к экономике знания.

Есть основания полагать, что в будущем роль науки будет возрастать с ускоряющимся темпом (Orekhov V., 2016). Это связано с тем, что исчерпывается потенциал повышения производительности труда за счет роста доли специалистов с высшим образованием. Однако увеличение вклада науки в экономическое развитие только за счет экстенсивных факторов является слишком ресурсоемким путем. Поэтому важно всесторонне и системно исследовать возможности увеличения эффективности труда R&D-специалистов за счет интенсивных технологий. Найти пути решения такой проблемы стало темой данной работы.

Для того чтобы системно проанализировать комплекс факторов, влияющих на производительность труда R&D-специалистов, в этом исследовании применяется метод когнитивного моделирования (Кулинич А.А., 2010; Goreliva G. V., 2015; ^{1,2,3}).

Целью данного исследования является подготовка рекомендаций по управлению системой труда R&D-специалистов для лиц, принимающих решения.

В рамках работ по достижению этой цели предполагается решить следующие задачи:

1. Формирование системы факторов, влияющих на эффективность труда R&D-специалистов
2. Изучение данной системы факторов и выделение основных из них
3. Построение когнитивной модели данной системы
4. Изучение статических параметров модели, включая ее консонансные характеристики
5. Исследование динамического поведения разработанной модели
6. Подготовка рекомендаций по управлению системой такого типа для лиц, принимающих решения (ЛПР).

1. МЕТОДИКА

Для изучения системы трудовой деятельности R&D-специалистов в качестве основной методологии используется системный анализ^{4,5}, который формирует своими частными функциями структуру используемых методов исследования. В работе применяются функции системного анализа, представленные в таблице 1 (примерно в порядке использования).

Таблица 1. Системные функции, применяемые в исследовании

№	Функция
1.	Определение системы, ее границ и основных подсистем – групп элементов (концептов), определенной задачей исследования проблемной области
2.	Определение надсистемы, в которой данная система выполняет полезную функцию
3.	Анализ функции данной системы в надсистеме и ее ценности (эффективность)
4.	Выделение основных элементов (здесь – концептов) системы и их названий
5.	Определение структуры связей (взаимосвязей) между концептами и ранжирование их силы
6.	Построение модели (цифровой) исследуемой нечеткой системы (когнитивной матрицы) и введение ее в компьютерную систему поддержки принятия решений – СППР
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

¹ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А.Кулинич // Проблемы Управления – 2010. – №3. С. 2–16.

² Prichina Olga S., Goreliva Galina V. Cognitive Russian Modeling in the System of Corporate Governance. Mediterranean Journal of Social Sciences, 6(2), Rome, Italy, 2015. – P. 442-453.

³ 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.

⁴ O'Connor J, McDermott I. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997. 288 p.

⁵ Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. Изд. 3. М., 1989.

Вторая методика, используемая в работе (когнитивное моделирование), предложена американским ученым Axelrod R.⁶ и характерна 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)⁷.

Обоснованность такого подхода связана с тем, что управленческие решения, принимаемые в реальной практике, не менее индивидуализированы, но никак не могут учесть всю сложность информации, которая привлекается к принятию решения, ввиду ограниченности возможностей операционной памяти человеческого мозга. Для корректного ее использования необходимо зафиксировать эту информацию на независимом от мозга носителе и корректно обработать ее. Далее СППР использует только и только информацию, переданную ЛПР или экспертом и зафиксированную в виде когнитивной матрицы.

Она не случайно называется когнитивной, поскольку по форме, зафиксированной в базе данных информации, очень близка 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.

Далее именно матрица FCM является носителем всей информации об исследуемой слабоструктурированной системе и анализ позволяет получить ее статические и динамические характеристики с помощью компьютерной «Системы поддержки принятия решений» – СППР^{8,9}. 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 системы^{10,11,12,13}.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Формирование исходной системы концептов

Исследуемая система в соответствии с поставленной целью была определена как система труда R&D-специалистов, включающая основные факторы, влияющие на эффективность R&D (научной) деятельности. Первоначально были выделены следующие основные подсистемы, включающие в себя 31 концепт:

1. Индивидуальные концепты эффективности
2. Критическое мышление и ловушки сознания
3. Позитивные концепты групповой работы

⁶ Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.

⁷ Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. – Vol. 1. – P. 65–75.

⁸ 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-х т. Т. 3. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – С. 329 – 336.

⁹ 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.

¹⁰ 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.

¹¹ Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А.Кулинич // Проблемы Управления – 2010. – №3.

¹² 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.

¹³ 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.

4. Негативные и нейтральные концепты.

Однако после работы с экспертами по обсуждению состава концептов и подсистем были сформированы другие подсистемы (блоки):

1. Измеримые концепты
2. Ментальные концепты
3. Внешнее воздействие
4. Групповая работа.

В качестве надсистемы, в которой рассматриваемая система играет полезную функцию, рассматривалась социально-экономическая система России.

В качестве основной функция системы R&D-труда (также используется термин – научный труд) в данной работе принята эффективная R&D-деятельность по увеличению ВВП страны.

На этапе выделения основных элементов вначале был сформирован список концептов (e_i), влияющих на R&D-эффективность, и определен их уровень значимости по результатам опроса 14 экспертов, квалифицированных в данной сфере деятельности. По итогам опроса было изъято четыре концепта, имевших наименьший уровень значимости, в подсистему измеримых концептов добавлены: оплата труда и эффективность научной работы, а также сформирована новая группа концептов, характеризующих внешнее воздействие.

Далее снова был проведен опрос экспертов, причем на этот раз они оценивали не только уровень значимости концептов, но и их уровень для России (начальные значения для когнитивного моделирования) в десятибалльной системе оценок (здесь 4 – минимальная удовлетворительная оценка, а 6 – средняя). В дальнейшем, при формировании когнитивной карты, были исключены концепты, для которых не были найдены уверенные связи с другими концептами в данной системе. Результаты оценивания значимости и уровня для России системы основных концептов (здесь M_i – математическое ожидание, а S_i – стандартное отклонение) приведены в таблице 2.

Результаты опроса следующие: средняя оценка значимости – 7,8, а для России – 5,7 (примерно средний уровень). Наибольшую оценку значимости получили концепты: система поддержки R&D 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. Оценки для России примерно на 2 балла меньше, чем значимость, в целом. Стандартное отклонение в среднем составляет 1,5 балла и варьируется от 0,5 до 2,0. Коэффициент вариации по большинству концептов не превышает 33%, что указывает на однородность совокупности оценок. Из подсистем наибольшую значимость имеет «внешнее воздействие» и по ней же наименьшие оценки уровня для России.

Таблица 2. Значимость и уровень для России списка основных концептов

Группа	№	Концепты	Значимость - М	Уровень для России - М	Значимость - S	Уровень для России - S
Измеримые концепты	1	Образование (количество лет обучения)	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	Переподготовка научных кадров	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

2.2. Характеристики концептов

Для согласования оценок экспертов важно зафиксировать понимание основных из концептов.

Эффективность научной работы – основной целевой концепт в данном исследовании. Определим как величину вклада специалиста или группы специалистов в области R&D в ВВП страны. Такой показатель непросто оценить количественно, поскольку существует значительное число экстерналий эффектов научной работы¹⁴. Это связано с тем, что выгоды от внедрения новых технологий кроме компании-разработчика получают также его потребители, последователи, R&D-сообщество и другие, как показано на рис. 1. Значительная часть положительного результата через экстерналии превращается в стратегический инновационный ресурс субъектов отрасли инновационных услуг.

Тем не менее оценки показывают¹⁵, что вклад R&D-специалиста в ВВП страны примерно в 30 раз превышает вклад специалиста с высшим образованием. Поскольку в данной работе целью является подготовка рекомендаций по управлению системой труда R&D-специалистов, то использовать косвенные показатели научной эффективности, такие как публикационная активность, принципиально неверно, поскольку это может дать совершенно не соответствующие реальности результаты. В принципе, вполне можно разработать корректную систему оценки эффективности труда R&D-специалистов на основе

¹⁴ 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.

¹⁵ Orekhov V. New approach to assessing contribution of science and education to welfare of countries. Educational Researcher, 2016, Vol 45, No 9, "American Educational Research Association". – P. 625–635.

модели, представленной на рис. 1. На уровне экспертизы измерение данного показателя для отрасли или другого объекта может быть осуществлено путем оценки уровня научных достижений в данной сфере.

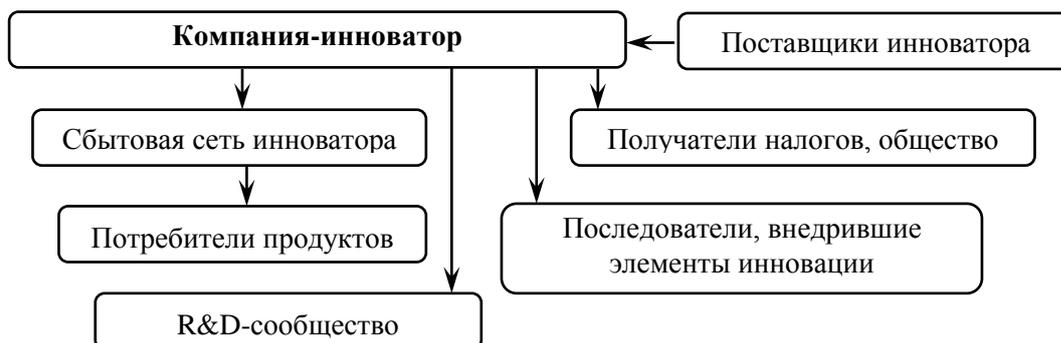


Рис. 1. Направления получения выгод от внедрения новых технологий

Уровень образования. Это наиболее сильно системно влияющий на эффективность научного труда концепт, поскольку вклад в ВВП экспоненциально зависит от количества лет обучения. В работе Barro, R., J., Lee, J., W.¹⁶ показано, что ВВП на душу населения в различных странах экспоненциально зависит от осредненного числа лет образования работников. В работе Orekhov V.D.¹⁷ показано, что средний вклад специалиста в ВВП страны экспоненциально зависит от числа лет его образования согласно формуле (1)

$$G_L = K_L \cdot 10^{L/5}, \quad (1)$$

Здесь L – число лет образования специалиста, а коэффициент $K_L \approx 125$ в международных долларах 2011 г. для крупнейших экономик мира. Эта формула дает возможность определить величину вклада специалистов с различными уровнями образования в ВВП страны. Она действительна также и для научных работников, если принять, что их уровень образования примерно на 6 лет больше, чем для высшего образования. Такое сильное влияние образования на вклад в ВВП страны делает его ключевой системной причиной роста благосостояния наций.

По уровню образования работников Россия находится в числе передовых стран. Работники в возрасте от 25 до 64 лет, имеющие профессиональное образование, составляют до 58% тружеников. С другой стороны, согласно The Global Competitiveness Report¹⁸, показатель «Высшее образование и профессиональная переподготовка» оценивается на 3,6 балла по пятибалльной шкале, т.е. довольно низко. На такую оценку могло повлиять то, что в условиях слабого финансирования и высокой изношенности оборудования профессиональная подготовка не в достаточной мере соответствует работе с высокопроизводительной техникой. Управлять привлечением в R&D специалистов с высоким уровнем образования можно за счет повышения оплаты труда. В настоящее время в России специалисты с высоким уровнем образования нередко предпочитают работать в бизнесе, а не в науке¹⁹.

Заблуждения в сознании. Данный концепт был изъят из основного списка, поскольку его сложно оценивать количественно. Однако он важен для понимания необходимости применения критического мышления. У людей в сознании находится значительное количество заблуждений, которые возникают по разным причинам. Среди них – стереотипы,

¹⁶ Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3.

¹⁷ Orekhov V. New approach to assessing contribution of science and education to welfare of countries. Educational Researcher, 2016, Vol 45, No 9, “American Educational Research Association”. – P. 625–635.

¹⁸ The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum. URL: <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018>.

¹⁹ 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.

устаревшие теории и неправильная трактовка опыта. Наше сознание воспринимает информацию существенно быстрее, чем требуется времени, чтобы проверить ее, поэтому часто в памяти остаются факты, принятые на веру. Их воздействие негативно влияет на эффективность научного труда. В книге Экономикс²⁰ приводится ряд примеров таких заблуждений, в частности, перенос свойств частного на общее, в результате которого истинное утверждение становится ложным, неверное установление причинно-следственной связи. С точки зрения системного мышления, «Существуют три фактора, которые могут быть причиной ошибочного толкования собственного опыта, когда возникает усиливающая обратная связь, укрепляющая существующие ментальные модели, – регрессия, пренебрежение фактором времени и односторонняя трактовка событий»²¹.

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 мышления²². Critical thinking – система суждений, 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.

Приведенный выше краткий анализ значения некоторых важных концептов в R&D-деятельности демонстрирует высокую сложность и неоднозначность их понимания. Поэтому их обсуждение среди экспертов проводилось итерационно, по мере проведения опросов и согласования общего понимания.

2.3. Построение когнитивной матрицы и ее оценка

В результате проведенных обсуждений была построена нечеткая когнитивная карта (матрица), которая представлена в таблице 3 в квартилях (1 = 0,25, 2 = 0,5, 3 = 0,75, –2 = –0,5, где вторая цифра представляет силу связи в долях единицы). Для построения FCM использовалась СППР «ИГЛА» – «Интеллектуальный Генератор Лучших Альтернатив»²³.

Анализ консонанса влияния показал, что в среднем он составляет 72%, то есть достаточно высокий, и в целом матрице можно доверять. Однако для одной третьей концептов, в основном ментальной подсистемы (обучение критическому мышлению, умение выявлять и решать проблемы и мыслить системно, инновационные методы мышления, коммуникативные навыки и знание иностранных языков), консонанс влияния на них меньше 50%. Это является следствием того, что связи, влияющие на эти концепты со стороны всех концептов системы, недостаточно сильны, как видно из когнитивной матрицы (табл. 3).

В таблице 4 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. Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90% приведен на рис. 2. Из него видно, что важнейшими для консонанса концептами являются: система поддержки R&D в компании, инновационная культура

²⁰ Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М., Инфра–М, изд. 16, 2006 г.

²¹ O'Connor J, McDermott I, The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997. 288 p.

²² Темпл Ч. Критическое мышление и критическая грамотность // Перемена. 2005. № 2. С. 15–20.

²³ Подвесовский А.Г., Лагереv Д.Г., Коростелеv Д.А. СППР "ИГЛА". (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007.

бизнеса, согласованная общая цель и обучение командной работе (5–7 связей не менее 50% уровня с каждым узлом).

Таблица 3. 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	Компьютерные 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																	

На рис. 3. 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 (табл. 3) минимально влияют на целевой концепт.



Рис. 2. Альфа-срез взаимно-положительного влияния на уровне 50%

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, – «Образование» и «Согласованная общая цель».

Таблица 4. Консонансы взаимовлияния 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 обеспечен. 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
Оплата труда	0,74	0,91	Система поддержки НИОКР в компании	0,64	0,92
Компьютерные поддержка	0,66	0,93	Иновационная 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
Иновационные методы мышления	0,66	0,51	Обучение командной работе	0,70	0,92
Умение выявлять и решать проблемы	0,66	0,50	Разнообразии компетенций	0,66	0,48

Здесь **КС** – консонанс влияния концепта на систему, **СК** – консонанс влияния системы на концепт

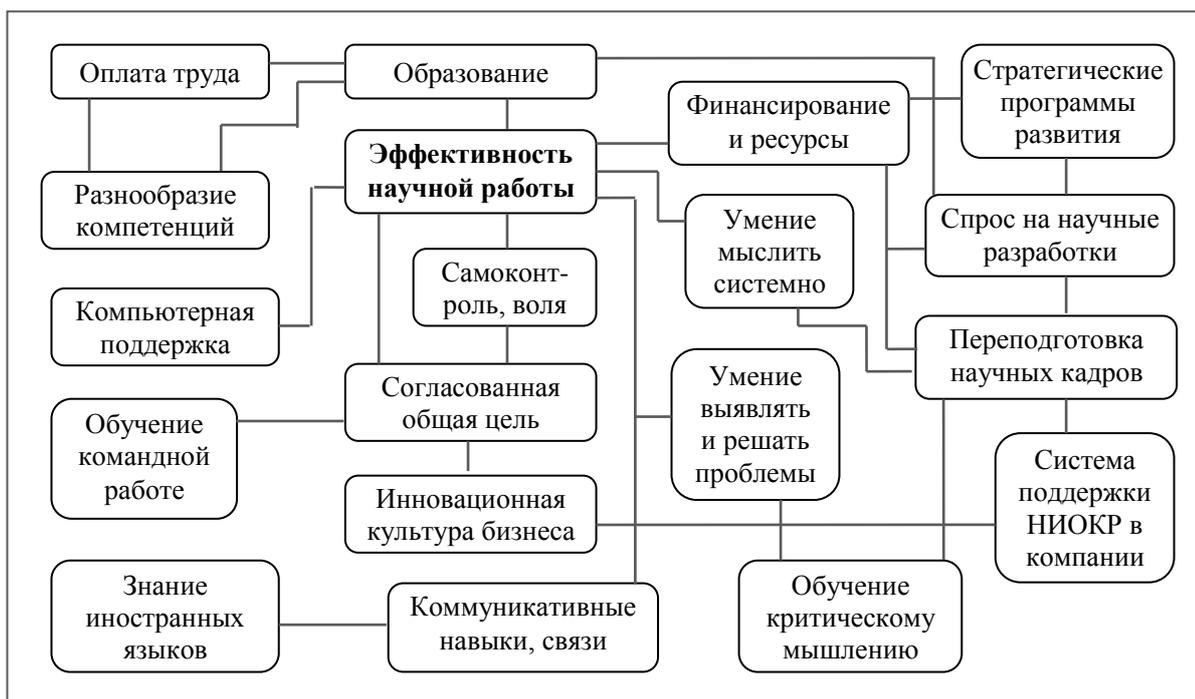


Рис. 3. Альфа-срез консонанса влияния на уровне 90%

2.4. Моделирование динамического поведения системы

При динамическом моделировании развития системы в качестве целевого использовался концепт «Эффективность научной работы» с целевым уровнем – очень высокий (100%). В качестве управляющих параметров были выбраны концепты, которыми можно реально управлять: «Оплата труда», «Спрос на научные разработки», «Стратегические программы развития», «Переподготовка научных кадров», «Финансирование и ресурсы». Начальные значения концептов, уровень которых отличался от среднего (50%),

представлены в таблице 5. Уровень начального воздействия управляющего концепта (в основном применялись одиночные воздействия) выбирался минимальным (14%) для каждого расчета. По мере необходимости он варьировался.

Таблица 5. Начальные значения концептов, %

Образование (количество лет обучения)	64	Финансирование и обеспечен. ресурсами	36
Интеллектуальный уровень (IQ)	64	Спрос на научные разработки	36
Компьютерные поддержка	64	Инновационная культура бизнеса	36
Самоконтроль, воля	64	Оплата труда	36
Инновационные методы мышления	64	Знание иностранных языков	36
Разнообразие компетенций	64		

На рис. 4 представлена динамика ряда концептов системы труда R&D-специалистов при использовании управляющего воздействия: «Оплата труда» (рост на 14%). Видно, что «Эффективность научной работы» возрастает за 44 шага на 12,4%, при этом суммарно оплата труда возрастает на 24,7%. При этом 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%).

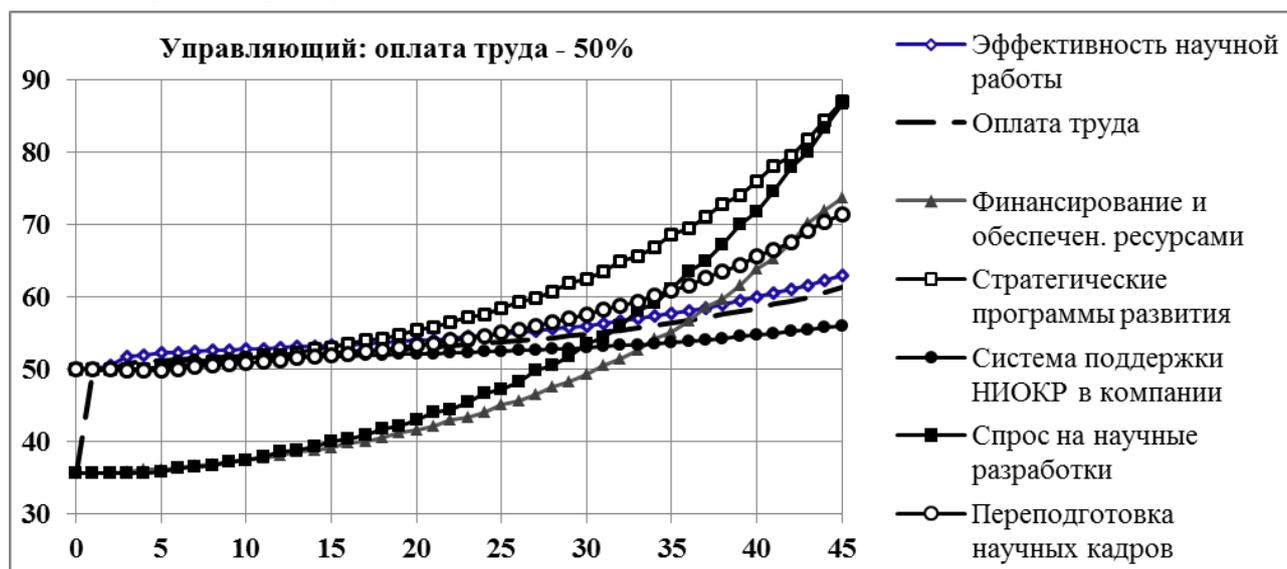


Рис. 4. Влияние оплаты труда на динамику системы труда R&D-специалистов

На рис. 5 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. При этом суммарно оплата труда возрастает значительно меньше – на 14%. Система изменяется примерно вдвое быстрее, и все параметры выходят «на полку» вскоре после того, как управляющий параметр достигает уровня 100%. 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.

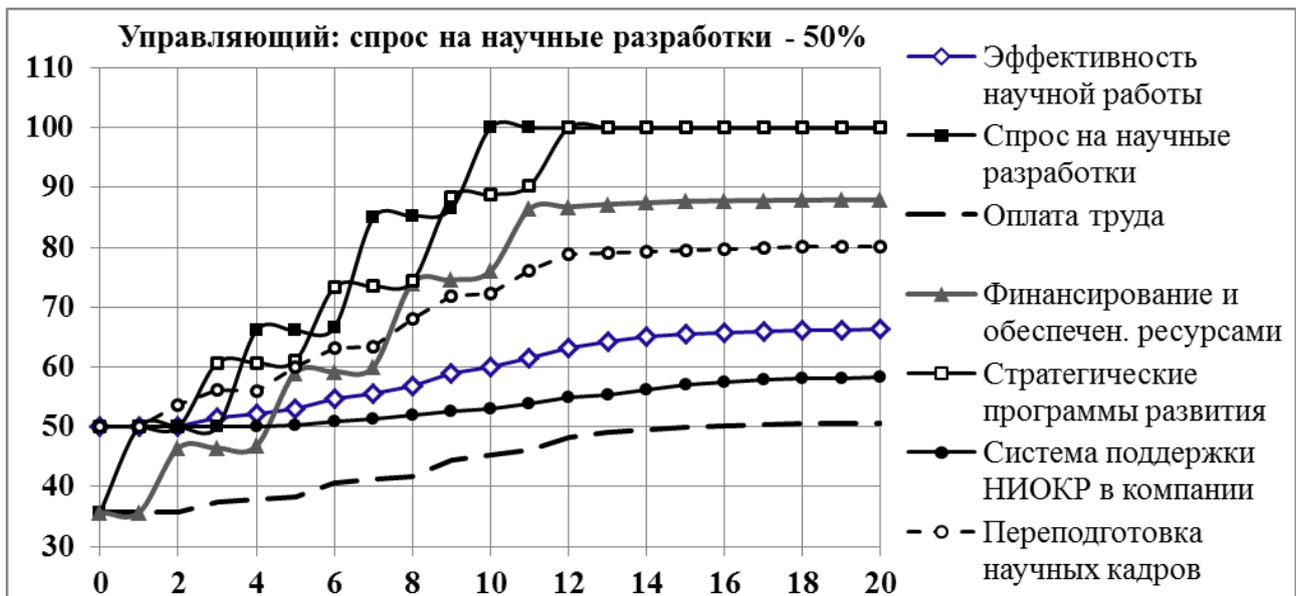


Рис. 5. Влияние спроса на научные разработки на динамику системы

На рис. 6 представлена динамика концептов системы при использовании управляющего воздействия: «Переподготовка научных кадров» (начальный импульс – 14%). При этом «Эффективность научной работы» возрастает за 44 шага на 14%, а оплата труда только на 11%. По скорости система изменяется довольно медленно, как в варианте повышения оплаты труда.

Быстро растут «Финансирование и обеспечение ресурсами» и «Стратегические программы развития», а быстрее всех – «Спрос на научные разработки». Так же медленно (на 1–3%) растут «Психологический климат в группе» и «Обучение командной работе». Рост ментальных концептов составляет 10–18% за 44 шага («Умение мыслить системно» – на 35%). С точки зрения управления эффективностью научного труда, данный вариант управления несколько лучше, чем рост оплаты труда.

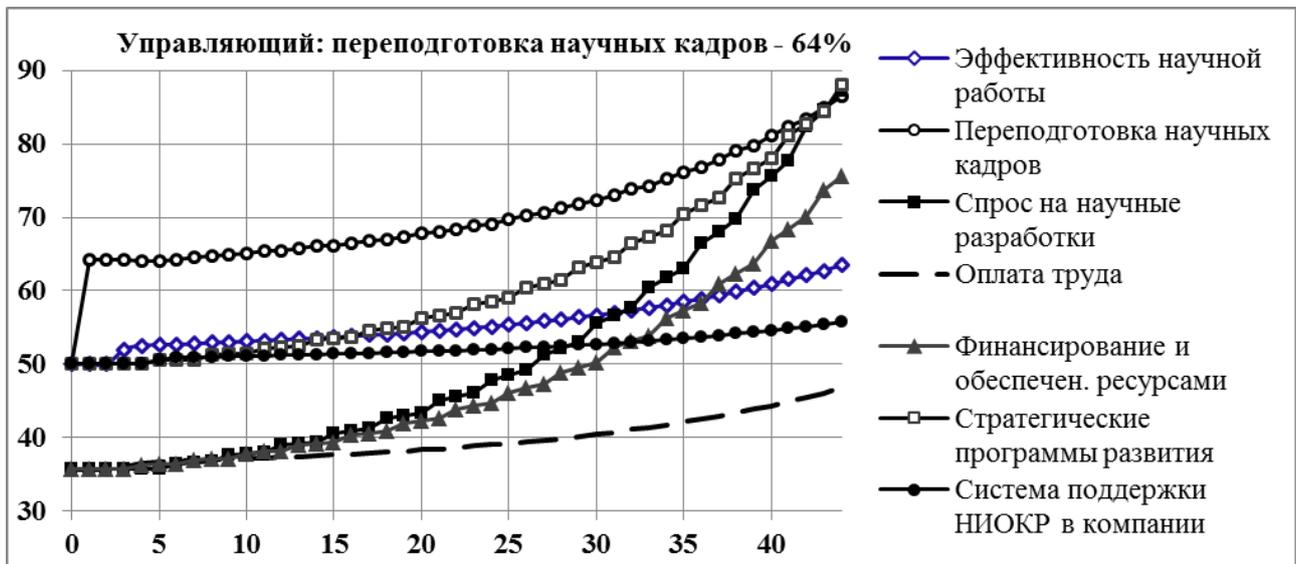


Рис. 6. Влияние переподготовки научных кадров на динамику системы

На рис. 7 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. При этом суммарно оплата труда возрастает на 15%. Система изменяется почти точно так, как и в варианте «Спрос на научные исследования», но несколько более быстро.

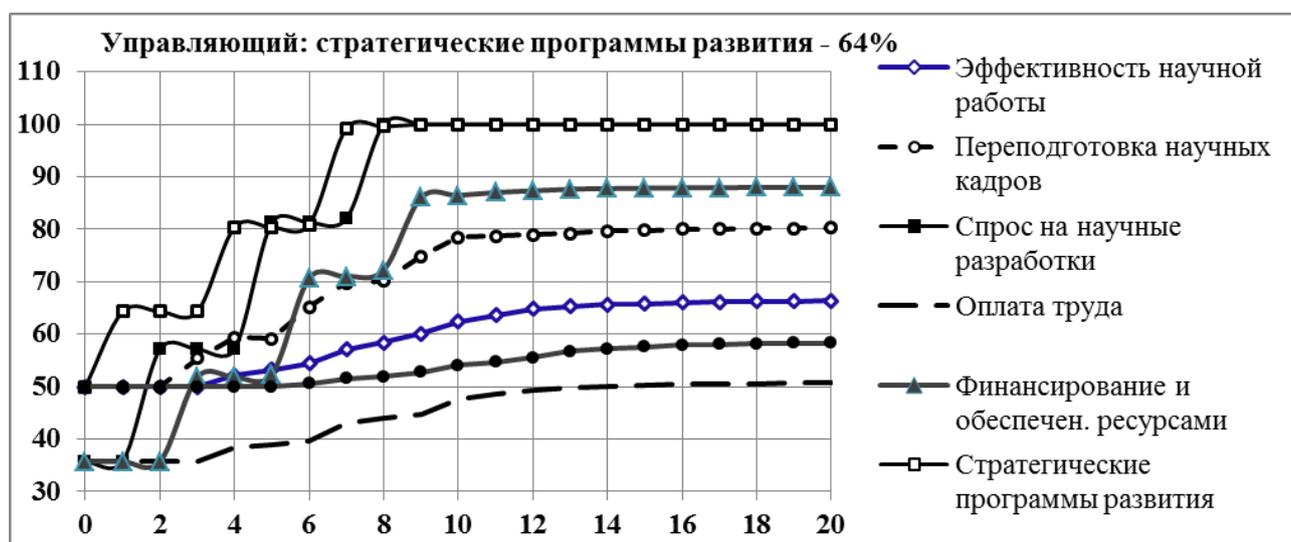


Рис. 7. Влияние стратегических программ развития на динамику системы

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 6.

Таблица 6. Результаты управленческих воздействий

Управляющий концепт	Управляющий импульс	Рост эффективн. 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 ЛПР ориентироваться на варианты воздействий: «Спрос на научные разработки» и «Стратегические программы развития», хотя возможно и комплексное воздействие на управляемую систему.

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%.

3. ОБСУЖДЕНИЕ

Одной из задач данной работы было выявить влияние критического мышления и групповой работы на эффективность научной трудовой деятельности. И хотя консонанс влияния по ряду ментальных концептов менее 50%, но динамическое моделирование показало, что при воздействии управляющего импульса они начинают расти в соответствии с величиной этого импульса и уровнем роста эффективности научной работы (около 14%).

Несколько неожиданным было то, что наиболее медленно (на 1–3% за весь цикл) растут концепты «Психологический климат в группе» и «Обучение командной работе», хотя это соответствует результатам, полученным Р.М. Белбином²⁴.

²⁴ Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 p.

Интересным результатом стало то, что повышение оплаты труда оказалось наименее эффективным методом стимуляции роста эффективности научной работы, хотя для специалистов по управлению персоналом такой результат не является неожиданным.

Следует отметить, что в работе выяснились наиболее предпочтительные методы управленческого воздействия на эффективность научной работы, но стоимость этих воздействий может быть совершенно различной, поэтому необходимо учитывать и этот фактор при выборе программы управления. Результаты работы дают для этого количественные основания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены основные проблемные зоны системы R&D-труда: «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».

Динамическое моделирование поведения системы показало, что три из четырех использованных управляющих фактора (кроме «Оплаты труда») обеспечивают примерно пропорциональный рост эффективности труда R&D-специалистов. Воздействие на вход и выход системы («Стратегические программы развития» и «Спрос на научные разработки») позволяет реализовать прирост производительности труда в три раза быстрее, чем на саму систему («Оплата труда» и «Переподготовка научных кадров»).

Полученная информация о закономерностях повышения эффективности R&D-труда позволяет ЛПР принимать обоснованные решения по управлению системой научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

Литература

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton // NJ: Princeton University Press, 1976. 404 p.
2. Belbin R.M. Management Teams. Why They Succeed or Fail. 2004. Second edition. London, Elsevier. 238 p.
3. Goleman D. Emotional intelligence. New York: Bantam Books, Inc., 1995.
4. 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.
5. Kosko B. Fuzzy CognitiveMaps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. – Vol. 1. – P. 65–75.
6. Kosko B. Fuzzy CognitiveMaps // International Journal of Man-Machine Studies, 1986. – Vol. 1. – P. 65–75.
7. Muraven, M., Shmueli, D., Burkley, E. Conserving self-control strength // Journal of Personality and Social Psychology. 2006. Vol. 91. P. 524–537.
8. O'Connor J, McDermott I. The Art of Systems Thinking: Essential Skills for Creativity and Problem Solving. HarperCollins Publishers, 1997. 288 p.
9. 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. P. 69–81.
10. Orekhov V. New approach to assessing contribution of science and education to welfare of countries. Educational Researcher, 2016, Vol 45, No 9, “American Educational Research Association”. – P. 625-635.
11. 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.
12. The Global Competitiveness Report 2017-2018. World Economic Forum.
 13. 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.
 14. Woodcock, M. Team Development Manual. Farnborough: Gower Press, 1979.
 15. Барабанов Д.Д. Развитие волевой регуляции студентов. М., МГУ. Диссертация на соискание ученой степени кандидата психологических наук. 2015.
 16. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. Изд. 3. М., 1989.
 17. Barro, R., J., Lee, J., W. International Data on Education Attainment: Updates and Implications, Oxford Economic Papers, 2001, Vol. 53. No 3.
 18. Двенадцать решений для нового образования. Доклад центра стратегических разработок и ВШЭ. М., 2018.
 19. 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.
 20. 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.
 21. Коростелев Д.А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д.А. Коростелев, Д.Г. Лагерев, 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-х т. Т. 3. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – С. 329 – 336.
 22. Корчагин Ю.А. Российский человеческий капитал: фактор развития или деградации? – Моногр. – Воронеж, 2005. – С. 1–252.
 23. Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы / А.А.Кулинич // Проблемы Управления – 2010. – №3. С. 2–16.
 24. Макконелл К.Р., Брю С.Л. Экономикс. М., Инфра–М, изд. 16, 2006 г.
 25. Подвесовский А.Г., Лагерев Д.Г., Коростелев Д.А. СППР "ИГЛА". (Свидетельство отраслевого фонда алгоритмов и программ Росстата № 50200701348). 2007.
 26. 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.
 27. 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.
 28. Темпл Ч. Критическое мышление и критическая грамотность // Перемена. 2005. № 2. С. 15–20.