

Разработка методологии управления взаимодействием субъектов в региональной инновационной системе на основе интеллектуального анализа больших данных

Development of methodology for management of interaction of actors in the regional innovation system based on intellectual analysis of big data

doi 10.26310/2071-3010.2020.255.1.010



Л. А. Гамидуллаева,
д. э. н., доцент

L. A. Gamidullaeva,
doctor of economics, associate professor



А. Г. Финогеев,
д. т. н., профессор
✉ alexeyfinogeev@gmail.com

A. G. Finogeev,
doctor of technical sciences, professor



С. М. Васин,
д. э. н., профессор
✉ pspu-met@mail.ru

S. M. Vasin,
doctor of economic sciences, professor

Пензенский государственный университет
Penza state university

Элементы инновационной среды региональных инновационных систем в настоящее время разобщены. Основным барьером, препятствующим эффективному взаимодействию субъектов инновационной деятельности в России, мы считаем высокий уровень издержек инновационной деятельности, имеющих, преимущественно, транзакционную природу. Моделирование процессов взаимодействия основных участников инновационной деятельности в инновационной системе региона необходимо, чтобы понять на качественном и количественном уровнях роль связей элементов инновационной среды, влияние их взаимодействия на зоны аттракторов, на потенциалы параметров порядка системы. Нарращивание взаимодействия между всеми заинтересованными участниками в инновационной системе представляет собой очень важный механизм развития инновационной деятельности на различных этапах инновационного процесса, от возникновения идеи до коммерциализации инновации.

Данное исследование ориентировано на получение новых знаний в области создания методики мультиагентного поиска, сбора и обработки данных о показателях инновационного развития предприятий, моделей и методов интеллектуального анализа собранных данных. Комплекс моделей и методов впервые базируется на использовании конвергентной модели обработки больших данных. Статья направлена на решение фундаментальных научных задач в плане развития методов прогностического моделирования и оценки параметров инновационного развития предприятий региона, синтеза новых методов обработки и интеллектуального анализа больших данных, методов извлечения знаний и прогнозирования динамики регионального инновационного развития с использованием аппарата бенчмаркинга.

Elements of the regional innovation environment are currently disunited. The main obstacle to effective interaction of subjects of innovation in Russia, we believe to be a high level of innovation costs, which are mainly of a transactional nature. Modeling of processes of interaction of the main participants of innovative activity in the regional innovation system is necessary to understand at a qualitative and quantitative level the role of links between elements of the innovation environment, the impact of their interaction on the attractor zones, on the potentials of system order parameters. Increasing the interaction between all stakeholders in the innovation system is a very important mechanism for the development of innovation at various stages of the innovation process, from the emergence of the idea to the commercialization of innovation. This study is focused on obtaining new knowledge in the field of creating a methodology for multi-agent search, collecting and processing data on indicators of innovative development of enterprises, models and methods of intellectual analysis of collected data. The complex of models and methods is based for the first time on the use of a convergent model for processing big data. The article is aimed at solving fundamental scientific problems in terms of the development of methods for predictive modeling and evaluation of the parameters of innovative development of regional enterprises, the synthesis of new methods of processing and intellectual analysis of big data, methods of extracting knowledge and predicting the dynamics of regional innovation development using benchmarking approach.

Ключевые слова: управление взаимодействием, киберсоциальная система, мультиагентный подход, бенчмаркинг, большие данные, интеллектуальный анализ, регион.

Keywords: interaction management, cyber-social system, multiagent approach, benchmarking, big data, intellectual analysis, region.

Введение

Элементы инновационной среды региональных инновационных систем в настоящее время разобщены из-за отсутствия достаточного уровня взаимодействия между ними. Основным барьером, препятствующим эффективному взаимодействию субъектов инновационной деятельности в России, мы считаем высокий уровень издержек инновационной деятельности, имеющих, преимущественно, транзакционную при-

роду. Моделирование процессов взаимодействия основных участников инновационной деятельности в инновационной системе региона необходимо, чтобы понять на качественном и количественном уровне роль связей элементов инновационной среды, влияние их взаимодействия на зоны аттракторов, на потенциалы параметров порядка системы.

Нарращивание взаимодействия между всеми заинтересованными участниками в инновационной системе представляет собой очень важный механизм развития

инновационной деятельности на различных этапах инновационного процесса, от возникновения идеи до коммерциализации инновации. Следует учитывать, что на промежуточных этапах инновационной деятельности растет нестабильность и неопределенность имеющихся у инновационного предприятия связей и отношений, что вызывает рост транзакционных издержек. Это определяет высокий уровень затрат инновационной деятельности, имеющих преимущественно не трансформационную (связанную с преобразованием, изменением исходных ресурсов), а транзакционную (преимущественно обусловленную необходимостью осуществления коллаборации и налаживания контактов) природу. Следовательно, основным барьером инновационного развития социально-экономических систем мы считаем высокие транзакционные издержки, демотивирующие собственников предприятий внедрять инновации [3]. Процесс создания инновации является результатом тесных взаимодействий между различными участниками инновационной системы и находится в зависимости от транзакций внутри фирмы, а также от сложившихся отношений экономического агента с институциональной средой. Институциональная среда, в свою очередь, создает условия для налаживания взаимодействия экономических агентов с другими участниками инновационной системы (ИС) по поводу поиска информации, опыта и других ресурсов, влияет и даже определяет поведение инновационных экономических агентов, формируя их поведенческие установки, формальные институциональные структуры, которые являются определяющими при принятии решений. Согласно неинституциональному методологическому подходу к исследованию, региональная инновационная система представляет собой сложную открытую систему взаимодействия экономических агентов, а также формальных и неформальных институтов инновационной среды региона.

Подчеркнем, что участники инновационного процесса должны беспрепятственно взаимодействовать, наращивать опыт осуществления совместных проектов, направленных на создание и коммерциализацию инноваций. Это, в свою очередь, требует эффективных согласованных отношений в рамках континуума «субъект–проект–среда». Ключевым процессом повышения интенсивности взаимодействия субъекта, проекта и среды является самоорганизация (повышение организованности, упорядоченности взаимодействия), обеспечивающая снижение транзакционных издержек взаимодействия, базирующаяся на стимулировании роста совместного эффекта, которые по отдельности участники инновационной деятельности получить не смогли бы. Следует уточнить, что под минимизацией транзакционных издержек мы понимаем не снижение их до нуля, а оптимизацию в пределах нормы, так как они объективно необходимы для функционирования экономических систем [3]. Следовательно, управление инновационной системой должно быть направлено на разработку и реализацию соответствующей стратегии, обеспечивающей выявление структур-аттракторов, наиболее точно соответствующих основным направлениям развития и учитывающих сложившуюся ситуацию и возможности участников [3].

Для формирования и поддержки инновационной системы целесообразно использовать киберсоциальную систему, упрощающую взаимодействие участников инновационной деятельности и стимулирующую их взаимодействие путем анализа складывающейся ситуации (имеющихся данных о проекте) и выработки предложений по разрешению возникающих проблем. Киберсоциальная система будет являться одним из участников инновационной системы, и взаимодействуя с остальными участниками, обеспечит получение синергетического эффекта за счет кооперативного взаимодействия всех участников. Киберсоциальная инновационная система по сути является адаптивной интеллектуальной информационной системой, объединяющей социальные и интеллектуальные процессы, реализованной в форме защищенного интернет-портала, к которому должны быть постепенно подключены все участники инновационной системы региона (объекты инновационной инфраструктуры; университеты и исследовательские центры; малые, средние и крупные компании; государственные органы и структуры; пользователи и общественность).

Следовательно, региональная инновационная система может рассматриваться в качестве интеллектуальной киберсоциальной системы, ориентированной на снижение барьеров для реализации инноваций (высоких транзакционных издержек на взаимодействие субъектов инновационной деятельности) путем привлечения к инновационному процессу более широкого круга участников, обеспечения их более интенсивного и эффективного взаимодействия.

Обзор литературы

Для исследования проблемы интенсификации взаимодействия субъектов инновационной экономики следует рассмотреть ряд основополагающих концепций, очерчивающих теоретические и методологические контуры настоящего исследования.

В связи с нарастающей сложностью создаваемых продуктов и междисциплинарным характером используемых технологий, инновации все более зависят от внешних знаний, находящихся за пределами отдельного предприятия. В последние годы нашла широкое отражение в практике инновационной деятельности развитых стран концепция открытых инноваций [8], рассматривающая процесс исследований и разработок как открытую динамическую систему. Следовательно, источники новых знаний могут находиться как внутри компании, так и за ее пределами. При этом, во втором случае, благодаря непрерывному высокоскоростному информационному обмену, конкурентное преимущество на локальных рынках может быть достигнуто при быстром внедрении новых технологий, созданных за пределами компании. Даже мощные мультинациональные компании стремятся сегодня совместить внутренние сети своих подразделений, участвующих в процессах генерации, хранения, использования, абсорбции знаний, с внешними сетями, включающими фирмы, университеты, институты, связанные с внутренними подразделениями компании. Это помогает им усилить свой внутренний потенциал генерации, абсорбции и

использования новых знаний. При этом появляется все больше практических подтверждений тому, что принятие концепции открытых инноваций делает процесс исследований и разработок более быстрым, финансово выгодным и разнообразным. В результате эта концепция встраивается в корпоративные стратегии многих фирм, которые в свою очередь требуют разработки новых бизнес-моделей и предоставления новых возможностей для работы на рынках новых идей и технологий.

Считаем, что исследование инновационной системы РФ целесообразно проводить на региональном уровне, используя концепцию региональных инновационных систем (РИС). Модель сетевых коллаборационных инноваций [11] предполагает, что инновации становятся интерактивными, а источниками роста экономики становятся самые разные группы общества, формирующие определенную инновационную экосистему. То есть, в последнее время происходит переход от РИС-концепции к региональной экосистеме инноваций [5, 15] как высокоорганизованной сети взаимодействия организаций, встроенной в специфический социальный и институциональный контекст региона, подверженной непрерывной изменчивости. В данном ракурсе региональная инновационная экосистема представляется как сложная открытая изменяемая во времени система, содержащая сложные петли обратной связи и задержки реакции. Принципиальное отличие данной концепции от ряда других (национальной инновационной системы, обучающегося региона, промышленного района, кластеров, инновационной среды) состоит в сфокусированности на таких определяющих факторах, как характеристики сети, доверие между участниками, социально-культурные установки населения и других.

Развитием междисциплинарного подхода к анализу инновационных процессов занимаются исследователи в области региональных цифровых экосистем «Живых лабораторий» (Living Labs): A. Habibipour, A. Padyab, B. Bergvall-Kåreborn, A. Ståhlbröst [12]; A. Ståhlbröst,

B. Bergvall-Kåreborn [17]; M. Holst, A. Stahlbrost [7]; B. Ley, C. Ogonowski, M. Mu, J. Hess, N. Race, D. Randall, M. Rouncefield, V. Wulf [13].

Построение современных эффективных инновационных экосистем регионов определяет необходимость поиска и отбора методов, моделей и подходов для эффективного управления.

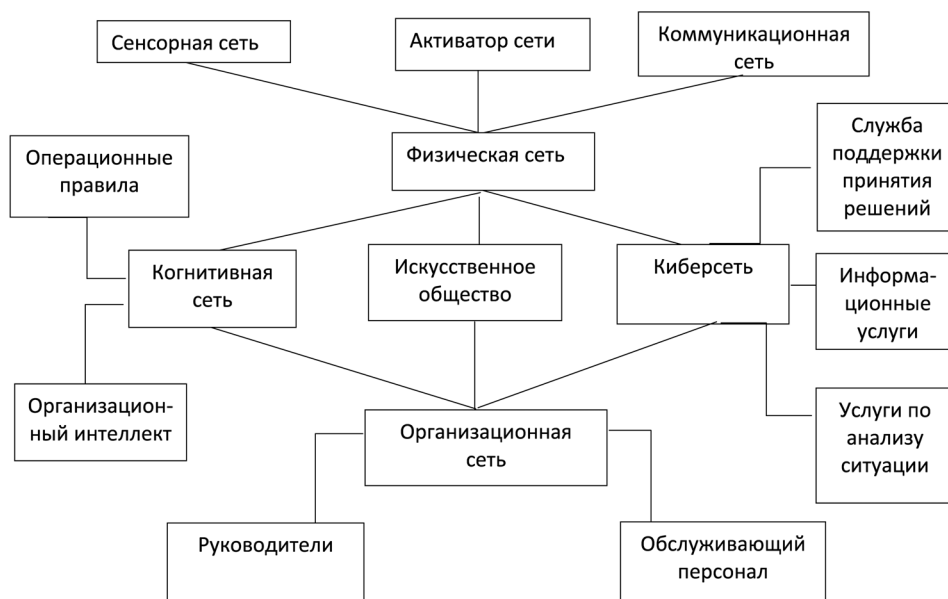
Стремительное развитие цифровых технологий сделало способность управления знаниями и установления эффективных взаимодействий между участниками инновационных систем центральными аспектами управления. Основными трендами развития цифровой экономики стали открытые сети (open networks), открытые программные средства (open hardware), открытые данные (open data), открытые знания (open knowledge) [9] (рисунок).

В русле новейших тенденций развития цифровой экономики следует говорить о киберсоциальной системе региона как разновидности киберсоциальных систем [16]. Элементарным видом киберсоциальных систем являются системы корпоративного, ведомственного и межведомственного электронного документооборота [4].

Оригинальный термин «cyber-social computing» понимается как получение в режиме реального времени необходимой информации из социальных сетей и различных киберфизических систем Интернета вещей (IoT – Internet of Things). Кроме того, к данной дефиниции относят разработку специализированных облачных инфраструктур для поддержки работы с данными [16].

Киберсоциальную систему принципиально отличает рассмотрение отдельных индивидов (а именно, их знаний, способностей, социально-культурных особенностей) в качестве неотъемлемой части системы наряду с физическим пространством [14].

Авторы настоящей статьи занимались развитием неинституционального подхода к исследованию инновационных систем, представленного в ряде работ ([2, 3, 18] и др.) и предлагают рассматривать инно-



Киберфизическая социальная система (составлено с использованием [6])

вационную систему региона через призму категорий институтов (формальных и неформальных) и транзакционных издержек. Целью построения эффективной инновационной системы в соответствии с данным подходом является минимизация транзакционных издержек экономических агентов, высокий уровень которых является основным барьером инновационной деятельности [2, 3, 18].

Необходимо обобщить, что в современных условиях цифровой трансформации экономики под региональной инновационной экосистемой, на наш взгляд, следует понимать сложную открытую изменяющуюся во времени киберсоциальную систему мезоэкономического уровня, объединяющую экономических агентов, региональные социокультурные факторы (ценности и поведенческие установки), формальные и неформальные институты на микро, мезо и макроуровнях.

Следует отметить, что все элементы региональной киберсоциальной инновационной системы сильно зависят от безопасного и надежного доступа к основным информационным системам для выполнения бесчисленных транзакционных процессов в рамках цепочки создания добавленной стоимости. Большинство процессов в такой системе могут выполняться с минимальным вмешательством человека, так как отдельные системы в рамках региона становятся сильно интегрированными, взаимосвязанными и взаимозависимыми. Сети, при этом, не просто переносят информацию, а встроенные в них системы с элементами искусственного интеллекта способны накапливать данную информацию, оценивать ее и даже выдавать ответы на вопросы и предлагать решения с использованием новейших технологий извлечения и обработки информации Data Mining и Data Analytics.

Методология проведения исследования

Управление инновационной региона ориентировано одновременно на поддержание стабильности системы и на поиск новых альтернатив развития. Синергетический подход к управлению состоит в том, что существует множество путей развития ИС (сценариев с разными вероятностями), однако необходимо выйти на желаемый аттрактор, отвечающий целям управления. Выявление аттракторов в области предсказуемости региональной инновационной системы и их анализ позволит с определенной точностью производить динамическую интерпретацию поведения системы, что представляет особую значимость в контексте выстраивания «умных» взаимодействий инновационных акторов в системе.

При этом необходима хорошо отлаженная обратная связь, так как развитие системы обеспечивается только действием положительных обратных связей в системе. Путем выявления важнейших параметров порядка, образующих своего рода «поля притяжения» и подчиняющих себе поведение всех элементов системы, появляется возможность развития региональной инновационной системы.

Таким образом, в качестве методологической основы исследования мы предлагаем использовать синергетический подход, в соответствии с которым

управление системой должно происходить на основе механизмов самоорганизации. При этом рост числа взаимодействий между элементами системы должен обусловить повышение организованности и устойчивости системы. В современных условиях цифровой трансформации экономики любые неэффективные взаимодействия ведут к росту транзакционных издержек предприятий, что в конечном итоге демотивирует собственников к разработке и внедрению инноваций.

Следовательно, необходимо создать инновационную систему, в которой акторы, преследуя общие цели развития, эффективно и интенсивно взаимодействуют, создавая новые знания, обмениваясь ими, воспринимая и используя их в процессе инновационной деятельности. Для этого им необходима интеллектуальная среда для взаимодействия. Для формирования такой среды необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести стратификацию инновационных предприятий в регионах;
- 2) определить параметры порядка инновационной системы региона для проведения кластеризации инновационных предприятий по уровню инновационной активности и инновационной восприимчивости;
- 3) провести кластеризацию предприятий с определением оптимального числа кластеров;
- 4) выявить аттракторы в каждом кластере, представляющие собой наилучшие характеристики (параметры) предприятий с точки зрения инновационной активности и восприимчивости;
- 5) ранжировать аттракторы в каждой стране по уровню инновационной активности и инновационной восприимчивости предприятий;
- 6) провести ранжирование всех предприятий в кластере по уровню соответствия предприятиям-аттракторам;
- 7) с использованием метода бенчмаркинга посредством попарных сравнений предприятий определить показатели, которые в наибольшей степени влияют на инновационную активность и восприимчивость предприятий;
- 8) определить перечень предприятий, обладающих наибольшим потенциалом для включения в состав предприятий-аттракторов;
- 9) разработать карту инновационных предприятий в регионах, сгруппированных по уровню инновационной активности и инновационной восприимчивости, для выстраивания «умных» взаимодействий акторов инновационных систем.

В ходе исследований предполагается разработать модели, методы и алгоритмы для решения задач интеллектуального анализа и прогностической оценки уровня инновационного развития предприятия и региона посредством:

- синтеза комплекса показателей и интегральных критериев инновационного развития,
- разработки оптимального (в плане решения проектных задач) способа деления на страты мест инновационного развития в регионах РФ на основе синтезированного комплекса показателей для стратификации,

- поиска данных для расчета показателей инновационного развития в открытых источниках сети Интернет,
- синтеза модели для оценки чувствительности и выбора существенных показателей (параметров порядка, признаков кластеризации) инновационного развития,
- иерархической многослойной кластеризации хозяйствующих субъектов в пространстве отобранных признаков, характеризующих степень их инновационного развития на текущий момент времени,
- ранжирования и выбора инновационных лидеров и «эталонов» для бенчмаркинг анализа,
- сравнительного анализа (бенчмаркинга) предприятий и инновационных лидеров с целью выявления причин и факторов отставания от инвестиционных лидеров.

Методы и модели интеллектуального анализа и прогнозирования инновационного развития региона

Рассмотрим подробнее научно-методические подходы, которые предполагается использовать для решения поставленных в данном исследовании задач.

Метод стратификации представляет собой деление населенных пунктов, в которых расположены инновационные предприятия, на страты с учетом численности населения и особенностей региона. Результатом является формирование списков населенных пунктов в стратах. В процессе стратификации определяется степень различия между стратами и набор признаков для оптимальной кластеризации предприятий согласно их местоположению. Подготовка данных к стратификации включает перечень операций, направленных на получение оптимального числа страт согласно численности населения и другим особенностям региона для последующей кластеризации предприятий по отобранному набору признаков с геопространственной привязкой к местоположению страт и предприятий в страте.

Для оценки и анализа возможных способов стратификации предлагается использовать два правила согласно методам математической статистики, таким как дисперсионный и факторный анализ. Согласно первому правилу предлагается выявлять сходства и различия страт по уровню инновационного потенциала. Согласно второму правилу предлагается выявлять сходства и различия страт по числу и признакам инвестиционной привлекательности.

По результатам стратификации в полученных стратах необходимо решение задачи отбора хозяйствующих субъектов для оценки их инновационного потенциала, которая включает:

- 1) выбор показателей для оценки инновационного состояния предприятий;
- 2) поиск предприятий в стратах, имеющих текущий или потенциальный инновационный статус;
- 3) аналитическое исследование динамики инновационного развития выбранных предприятий за заданный предыдущий период;

- 4) выбор потенциальных предприятий для анализа и prognostической оценки их инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности.

Для решения задачи кластеризации необходимо выполнить поиск инновационных предприятий в стратах и включение их в универсум для последующего извлечения требуемой информации и исследования. Под универсумом будем понимать множество предприятий, о которых есть информация в открытых источниках.

Для поиска и извлечения данных предлагается использовать мультиагентный подход, который зарекомендовал себя для решения различных задач. Для решения задачи предполагается разработать поисковые агенты, которые извлекают из открытых источников сети Интернет характеристики, необходимые для оценки инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности для всех предприятий, включенных в универсум, включая геопространственную информацию, наименования, данные об инновациях и интеллектуальной собственности и прочие данные, необходимые для расчета показателей и прогнозирования динамики их изменения при изменениях факторов влияния. Агенты предлагается реализовать в виде специализированных поисковых роботов (краулеров) посредством библиотеки создания краулеров на языке Python Scrapy.

Примеры открытых источников для поиска и выбора показателей:

1. Официальная статистика Росстата РФ, Минэкономразвития России, Минфина России, Минобрнауки России, размещенная на соответствующих сайтах.
2. Сайты профильных министерств и ведомств, интернет-порталы, профильные сайты и другие информационные ресурсы, связанные с инновационной деятельностью субъектов РФ.
3. Статистические сборники НИУ ВШЭ, размещенные на сайтах.
4. Результаты проведенных социологических исследований и экспертных опросов в регионах России, размещенные на сайтах центров социологических исследований и на сайтах региональных административных органов.
5. Результаты социологических исследований фонда общественного мнения «Георейтинг», размещенные на его портале и др.

Поскольку информация о конкретных объектах может одновременно присутствовать в множестве источников, то должна быть решена интеграционная задача с исключением дублирующей и добавлением недостающей информации. Для объединения найденной информации о конкретном предприятии из разных источников предлагается использовать средства БД PostgreSQL с очисткой адресной информации и геотеггированием. В процессе геотеггирования необходимо добавление координат широты и долготы местоположения, а также недостающих данных в почтовом адресе предприятия. Для добавления геопространственной информации применятся технология последовательного прямого (преобразование адреса в координаты) и обратного (преобразование координат в адрес) геоко-

дирования с применением известных сервисов (Yandex геокодер или продукт Nominatium). Процедура также должна включать обратную проверку валидности геопространственной информации. Конечной целью является поиск дубликатов по совпадающей координатной информации и удаление дублирующих записей.

Важными задачами проектных исследований является поиск и выбор из источников для расчета требуемых показателей. Такие показатели необходимы:

- 1) для первичной оценки инновационной активности хозяйствующих субъектов;
- 2) для выделения страт населенных пунктов с инновационно активными предприятиями;
- 3) для кластеризации на разных уровнях и в отраслевых слоях;
- 4) для отбора инновационных лидеров в кластерах;
- 5) для проведения бенчмаркинг анализа. Здесь кроме показателей необходимо выявить внешние и внутренние факторы, которые прямо или косвенно влияют на инновационное развитие предприятия. Данные показатели вводятся в качестве коэффициентов в математическую бенчмаркинг-модель для получения прогностических оценок инновационного потенциала и исследования влияния факторов на интегральные показатели.

Для целей анализа представляется удобным разделить методы, используемые при оценке институтов, на два больших класса: количественные и качественные методы. Такое разделение методов отвечает основным требованиям системного анализа, которые заключаются в сочетании в моделях и методиках формальных и неформальных представлений, что помогает в разработке методик, выборе методов постепенной формализации отображения и анализа проблемной ситуации.

Показатели, оценивающие институты инновационной системы, могут быть сгруппированы следующим образом:

- 1) элементарные показатели — показатели, измеряемые с помощью одного индикатора (количество выданных патентов, уровень ВРП т. д.);
- 2) комплексные показатели — совокупности качественно однородных элементарных показателей, из которых можно получить простые индексы (индекс инновационной активности, индекс межличностного доверия и т. д.);
- 3) композитные показатели — представляют собой совокупности комплексных.

Показатели делятся на не требующие и требующие экспертных оценок. Для последней группы показателей предлагается использовать индивидуальный экспертный опрос. Для решения данной задачи формируется база из 10-15 экспертов, среди которых могут быть представители региональных органов власти, министерств и ведомств, руководители бизнеса и представители научного сообщества. Выборка респондентов для экспертной оценки формируется случайным образом из списка представленных кандидатов.

Основываясь на неинституциональном методологическом подходе, предлагаем группировать показатели по институциональной схеме, которая включает следующие формальные и неформальные

институты инновационной среды и группы индикаторов для них:

1. Институт нормативно-правового обеспечения инновационной деятельности. Группа индикаторов полноты нормативно-правового обеспечения инновационной деятельности в стране и регионе. Группа индикаторов уровня развития правоприменительных механизмов в стране и регионе. Группа индикаторов согласованности федерального и регионального законодательства в сфере инновационной деятельности.
2. Институт развития региона. Группа индикаторов финансовой обеспеченности инновационной деятельности в стране и регионе. Группа индикаторов наличия квалифицированных кадров для инновационного развития. Группа индикаторов наличия ресурсов для инновационного развития.
3. Институт стратегического планирования инновационной деятельности. Группа индикаторов наличия формализованных элементов стратегического инновационного планирования.
4. Институт профессионального образования и науки. Группа индикаторов результативности системы высшего профессионального образования в стране и регионе. Группа индикаторов качества высшего образования в стране и регионе. Группа индикаторов финансовой обеспеченности научных исследований и разработок в старте и регионе.
5. Институт интегрированных коммуникаций. Группа индикаторов коммуникационной активности инновационных предприятий.
6. Институт стандартизации инновационной деятельности. Группа индикаторов, характеризующих отраслевые стандарты, регулирующие инновационную деятельность.
7. Институт мониторинга изменений на целевых рынках и в технологических областях. Группа индикаторов, характеризующих работу систем поиска и мониторинга инновационной активности в стране и регионе.
8. Институт информационной поддержки в инновационной сфере. Группа индикаторов, характеризующих степень развития информационных технологий и телекоммуникационной базы в стране и регионе.
9. Институт конкуренции. Группа индикаторов, характеризующих конкурентное взаимодействие и взаимосвязь хозяйствующих субъектов в стране и регионе.
10. Институт кооперации с научно-исследовательскими организациями. Группа индикаторов, характеризующих кооперативное взаимодействие хозяйствующих субъектов с научно-исследовательскими организациями в стране и регионе.
11. Институт кооперации и интеграции на рынке инноваций. Группа индикаторов, характеризующих кооперативное взаимодействие и интеграцию хозяйствующих субъектов в стране и регионе.
12. Институт защиты интеллектуальной собственности. Группа индикаторов, характеризующих степень защиты прав интеллектуальной собственности предприятий в стране и регионе.

13. Институт кооперации внутри предприятия и развития инновационного потенциала сотрудников. Группа индикаторов, характеризующих кооперативное взаимодействие сотрудников предприятия с инновационным потенциалом.
14. Институт финансирования инновационной деятельности. Группа индикаторов, характеризующих степень грантовой поддержки и государственного субсидирования инновационных предприятий в стране и регионе. Группа индикаторов наличия прямого финансирования исследований и разработок у инновационных предприятий.
15. Институт кредитования инновационной деятельности. Группа индикаторов, характеризующих доступность и эффективность кредитной поддержки инновационных предприятий в стране и регионе.
16. Институт репутации и доверия. Группа индикаторов, характеризующих репутацию предприятия. Группа индикаторов, характеризующих репутацию и доверие органам регионального управления в стране и регионе.
17. Институт теневых экономических отношений. Группа индикаторов, характеризующих наличие «серых» схем работы предприятий в стране и регионе. Группа индикаторов уровня коррупции в стране и регионе.
18. Институт инновационного посредничества. Группа индикаторов, характеризующих доступность и эффективность функционирования объектов инновационного посредничества (бизнес-инкубаторов, бизнес-ангелов и т. п.) в стране и регионе.

Однако, для решения задачи кластеризации данное число индикаторов слишком велико и необходимо уменьшить размерность пространства признаков кластеризации. Для этого среди множества показателей следует выделить подмножество значимых признаков (параметров порядка), к которым синтезированные модели будут наиболее чувствительны.

Значимость отдельных показателей для оценки инновационного потенциала будет определяться методом множественного корреляционно-регрессионного анализа, что позволит избежать субъективности оценок и обеспечить достоверность рассчитываемых в дальнейшем интегральных показателей. Для преодоления проблемы мультиколлинеарности факторов и снижения размерности показатели с незначительной значимостью исключаются.

Для выбора показателей требуется установить взаимосвязь значений чувствительных признаков кластеризации с инновационной привлекательностью предприятий и возможностями повышения инновационного потенциала. Набор параметров порядка для предприятий представляет собой список показателей инвестиционной привлекательности, которые характеризуют:

- 1) инновационную активность предприятий в регионах;
- 2) активность потенциальных инвесторов;
- 3) оптимальность существующей инновационной инфраструктуры в кластерах.

Для оценки чувствительности показателей предполагается использовать метод дисперсионного анализа

и построить многомерную модель мультифакторного дисперсионного анализа. Суть сводится к изучению влияния выбранных факторов на результативные показатели предприятий (инновационный потенциал и инвестиционную привлекательность) в странах. В основе дисперсионного анализа лежит анализ отклонений единиц исследуемой совокупности от среднего арифметического. Метрикой отклонений является дисперсия. При этом определяются отклонения, которые вызваны воздействием фактора, и затем сравниваются с отклонениями, которые вызваны воздействием случайных факторов. В результате из множества показателей выбираются те, влияние которых на результат более существенно, чем влияние случайных факторов. Именно такие показатели и будем считать существенными факторами влияния на результат или параметрами порядка.

Для повышения достоверности результатов отбора параметров порядка и для выбора существенных показателей индикаторов предполагается разработать алгоритм анализа институционального контекста и характеристик региональной инновационной системы. Результатом работы алгоритма являются оценки формального и неформального институционального контекста региона и выбор наиболее существенных показателей инновационной активности для последующего расчета чувствительности инновационного потенциала к выбранным индикаторам. Результатом должен стать ранжированный перечень показателей, из которых для решения поставленных задач по оценке инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности будет выбрана группа наиболее чувствительных показателей (признаков) для последующей кластеризации.

По результатам работы двух методов предполагается выбрать пересекающиеся наборы показателей, которые и будут служить признаками для кластеризации. Полученный набор признаков кластеризации должен характеризовать:

- 1) инновационную активность предприятий в странах;
- 2) оптимальность инновационной инфраструктуры в стране.

Для кластеризации предполагается разработать метод иерархический многослойной кластеризации предприятий по выбранным группам признаков. В качестве базового алгоритма для разработки нового метода кластеризации предлагается использовать метод k-средних (KMeans). Базовый метод требует задания количества кластеров и количества инициализаций итерационного процесса кластеризации (начальных центроидов). Количество инициализаций зависит от заданного времени на кластеризацию.

В результате работы метода для каждой страны будет получено множество кластеров инновационно активных предприятий. В частности, кластеризация должна быть проведена для всех предприятий в стране и регионе, в отраслевых слоях, в слоях малых, средних и крупных предприятий (в соответствии с нормами федерального законодательства). Учитывается региональная принадлежность и географическое местоположение (спутниковые координаты). Принципиальное

значение при кластеризации имеет то, что объекты в одном кластере должны быть схожими между собой по выбранным признакам, но отличаться от объектов, находящихся в других кластерах. Критерием принятия решения о числе кластеров являются расстояния, при которых происходит объединение предприятий. Новизна разрабатываемого метода заключается в разработке интегрированного механизма кластеризации с последующим выделением предприятий, вошедших в несколько кластеров, и установлении взаимосвязи значений чувствительных признаков кластеризации и параметров инновационного развития.

В полученных кластерах требуется оценить показатели и выделить группы лидеров инноваций. Для этого предлагается строить ранжированные выборки предприятий, сравнивая с данными официальной статистики о количестве действующих предприятий такого типа. В выборках необходимо будет определить лидирующие предприятия в инновационном плане (к лидерам предполагается отнести 10 или 15% первых предприятий в ранжированном списке в зависимости от общего числа в страте), которые в дальнейшем будут служить базисом для отбора и расчета группы показателей, характеризующих модель эталонного инновационного предприятия. Такая совокупность показателей будет отличаться для каждой страны и каждого региона, так как будут учитываться местные особенности инновационного развития. Среди инновационных лидеров необходимо выделить те предприятия, которые являются лидерами в кластерах разных уровней и слоях. Именно такие лидеры и будут представлять эталонные предприятия.

Эталонное предприятие в дальнейшем необходимо для решения задачи бенчмаркинга, в ходе которого с помощью разработанной математической модели проводится сравнительный анализ всех инновационно активных предприятий в кластерах и определяются факторы инновационного отставания от лидеров. Также выполняется прогностическая оценка инновационного развития предприятия в случае исключения тех или иных факторов, снижающих инновационный потенциал и инвестиционную привлекательность для конкретных предприятий.

Для решения задачи сравнительного анализа выявленных лидеров инновационного развития в странах предлагается использовать бенчмаркинг подход. В аспекте настоящего исследования в качестве бенчмаркинга предлагается процесс определения и адаптации примеров эффективного инновационного развития лидирующих предприятий в области инноваций в регионе, стране и населенном пункте с целью качественной оптимизации инновационного потенциала остальных предприятий. Модели и методы бенчмаркинга позволяют исследовать преимущества и недостатки инновационного развития лидеров с целью разработки и реализации эффективной стратегии инновационного развития предприятия в регионе с учетом особенностей регионального развития и влияния множества факторов под действием случайных рыночных флуктуаций.

Для выбранных лидеров предлагается выполнить сравнительных анализ или бенчмаркинг путем по-

парного сравнения их инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности на основе разрабатываемой нелинейной модели связанных уравнений (осцилляторов) ван дер Поля, в которой коэффициенты взаимодействия между уравнениями соответствуют параметрам инновационного соответствия сравниваемых предприятий. В случае сравнительного анализа инновационного предприятия с эталонным данные коэффициенты позволят выявить и рассчитать текущее и прогнозируемое расхождение показателей инновационного развития. Модель также должна учитывать степень влияния собственных показателей инновационной деятельности предприятия и внешних факторов на его инвестиционную привлекательности и конкурентоспособность по отношению к предприятиям аналогичного вида деятельности.

Для синтеза модели бенчмаркинга и создания средства моделирования и прогнозирования показателей инновационной активности предприятий в процессе бенчмаркинга будет использована инструментальная среда универсального прикладного пакета Mathematica компании Wolfram Research.

Прогностическую оценку предполагается получить для 3 сценариев инновационного развития: пессимистического, оптимистического и оптимального. По результатам 3 сценариев прогнозов можно синтезировать рекомендации для руководителей предприятий и собственников бизнеса по снижению влияния факторов инновационного отставания, повышению инновационного потенциала и возможному переходу в кластер инновационных лидеров.

Математическое и алгоритмическое обеспечение интеллектуального анализа данных и сравнительного анализа инновационных предприятий предполагается реализовать в виде информационно-аналитической платформы для исследований и оценки инновационного потенциала регионов и прогноза инновационного развития региона. Предполагается разработать архитектуру и состав инструментальных средств платформы. Платформа представляет совокупность инструментальных средств интеллектуального анализа, прогностического моделирования динамики взаимодействия инновационных предприятий, подсистем поиска, извлечения, интеграции и хранения данных из открытых источников. Все компоненты находятся в информационно-техническом взаимодействии между собой и обеспечивают автоматизацию процессов обработки больших данных в модели распределенной обработки данных MapReduce с использованием облачных технологий.

Сложность задачи обусловлена огромным числом данных по множеству предприятий в регионах различной сферы деятельности, которые необходимо извлечь из открытых источников сети Интернет, выполнить их очистку и предварительную обработку и интегрировать в облачное хранилище.

Поэтому предполагается разработать и реализовать потоковую архитектуру для интеграции данных. Такая архитектура предполагает организацию распределенной обработки потоков данных на множестве узлов. Каждый поток реализует полный процесс обработки данных от извлечения из источников до загрузки в

хранилище информации об одном инновационном предприятии.

Потоковая архитектура эффективна при использовании аддитивной модели данных, в которой увеличение состава хранимой информации ведет к добавлению новых информационных объектов, но не приводит к изменению уже имеющихся в составе модели.

Для работы с информационно-аналитической платформой предполагается разработать алгоритм работы с инструментальными средствами поддержки принятия решений в процессе управления инновационным развитием предприятия и региона, который включает решение следующих задач: анализ текущей ситуации в инновационной региональной системе, поиск и сбор информации о показателях инновационной деятельности, выбор и анализ значимости и чувствительности показателей для оценки инновационного потенциала на основе технологии анализа больших данных (BigData), отбор конкурентных пар инновационных предприятий, моделирование и прогноз инновационного развития предприятий, выбор и оценка факторов влияния на инновационность предприятия, синтез сценариев инновационного развития предприятия, прогностическое моделирование динамики инновационных показателей, анализ результатов моделирования, отбор векторов значений факторов для оптимальной стратегии инновационного развития, выбор рекомендаций для достижения оптимальных значений инновационных показателей для отдельного предприятия в страте и для всего региона в целом, синтез правил выбора рекомендаций, предоставление рекомендаций для ЛПР.

Выводы

Основным результатом исследования является разработка методологии комплексной прогностической оценки инновационного потенциала и инновационной привлекательности предприятий для управления инновационным развитием региона на основе интеллектуального анализа больших данных с использованием методов кластерного анализа, многофакторного дисперсионного анализа, бенчмаркинг анализа, математического моделирования, мультиагентного способа и потоковой технологии поиска и сбора данных, облачного хранения результатов обработки данных.

В результате исследования разработан новый методологический подход, включающий совокупность

моделей, методов и алгоритмов поиска, интеллектуального и сравнительного анализа больших данных об инновационных предприятиях в регионах. Такой подход позволит получить достоверную информацию о потенциальных возможностях региональных инновационных систем, а также разработать реальные рекомендации, направленные на инновационное развитие хозяйствующих субъектов и региона в целом. Внедрение результатов исследования в практику регионального управления исследование позволит объединить разработчиков и пользователей системы инновационного развития, интенсифицировать их взаимодействие, нарастить опыт осуществления кооперативных проектов, снизить транзакционные издержки хозяйствующих субъектов и потенциальных инвесторов.

Научная новизна и значимость данного исследования определяется разработкой новых методов интеллектуального анализа больших данных для оценки и прогнозирования инновационного потенциала и инвестиционной привлекательности предприятий и регионов РФ. Практическая значимость результатов определяется тем, что создаваемые модели и методы позволят разработать комплекс инструментальных средств и агентов потокового сбора и обработки больших данных, анализа и оценки инновационного развития региона в виде информационно-аналитической платформы.

Впервые предложено осуществлять реализацию управления инновационной системой на основе киберсоциальной интеллектуальной системы с элементами искусственного интеллекта, способной организовывать взаимодействие пользователей и адаптироваться к их потребностям, выполнять анализ сложившихся ситуаций и вырабатывать целесообразные решения, из которых пользователи могут выбирать лучшие для исполнения.

Универсальность разрабатываемых моделей и методов позволит применять их для решения других задач, например, для анализа конкурентоспособности предприятий, анализа торгового потенциала и привлекательности торговых предприятий, анализа производственного потенциала и т. п.

* * *

Результаты работы получены при финансовой поддержке РФФИ в рамках грантов № 16-07-00031, 18-010-00204, №18-07-00975.

Список использованных источников

1. S. M. Vasin, L. A. Gamidullaeva. Development of Russian innovation system management concept//Инновации. 2017. № 5 (223). С. 34-40.
2. Л. А. Гамидуллаева. Институты в развитии инновационных систем.//Journal of Economic Regulation. 2016. Т. 7. № 1. С. 93-103.
3. Л. А. Гамидуллаева. О построении концепции управления инновационной системой России//Экономическое возрождение России. 2016. № 4 (50). С. 74-84.
4. А. А. Домрачев, С. Н. Евтушенко, В. П. Куприяновский, Д. Е. Намиот. Об инновационных инициативах государств – членов ЕАЭС в области построения глобальной цифровой экономики.//International Journal of Open Information Technologies. Vol. 4. № 9. 2016.
5. А. Маршалл. Принципы политической экономии. Т. 1. М.: Прогресс, 1993. 415 с.
6. R. Baheti, H. Gill. Cyber-physical systems//The impact of control technology. 2011. Vol. 12. P. 161-166.
7. B. Bergvall-Kareborn, M. Holst, A. Stahlbrost. Concept design with a living lab approach//In: 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, 2009. HICSS 2009, P. 1-10. IEEE (2009).
8. H. Chesbrough. Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology, Harvard Business School Press, Boston, MA, 2003.
9. European Comision. Growing a digital social innovation ecosystem for Europe DSI final report. European Union, 2015. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/50-nesta-dsireport-growing_a_digital_social_innovation_ecosystem_for_europe.pdf.
10. L. A. Gamidullaeva, T. O. Tolstykh. Transaction Costs, Institutions and Regional Innovation Development: the Case of Russia//Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) 8-9 November 2017 Madrid Spain. Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth.

11. P. A. Gloor. Collaborative Innovation through Swarm Creativity, *Swarm Creativity*. 19-48. 2006. doi:10.1093/acprof:oso/9780195304121.003.0003.
12. A. Habibipour, A. Padyab, B. Bergvall-Kåreborn, A. Ståhlbröst. Exploring Factors Influencing Participant Drop-Out Behavior in a Living Lab Environment/In: S. Stigberg, J. Karlsen, H. Holone, C. Linnes (eds.)//Nordic Contributions in IS Research. SCIS 2017. Lecture Notes in Business Information Processing. Vol 294. Springer, Cham. 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64695-4_3.
13. B. Ley, C. Ogonowski, M. Mu et al. At home with users: a comparative view of living labs//Interact. Comput. 27. 2015. 21-35.
14. Z. Liu, D.-S. Yang, D. Wen et al. Cyber-physical-social systems for command and control//IEEE Intelligent Systems. 2011. Vol. 26. №. 4. P. 92-96.
15. M. Rothschild. *Bionomics. Economy as Ecosystem*. NY.: Henry Holt and Company Inc., 1990. 423 p.
16. A. Sheth, P. Anantharam, C. Henson. Physical-cyber-social computing: An early 21st century approach//IEEE Intelligent Systems. 2013. Vol. 28. №. 1. P. 78-82.
17. A. Ståhlbröst, B. Bergvall-Kåreborn. Voluntary contributors in open innovation processes/In: J. S. Z. Eriksson-Lundström, M. Wiberg, S. Hrastinski, M. Edenius, P. J. Ågerfalk (eds.)//Managing Open Innovation Technologies. Springer, Berlin, 2013. P. 133-149.
18. S. Vasin, L. Gamidullaeva. Regional reproduction of innovations and development of network approach//ЦИТИСЭ. 2017. № 4 (13).

References

1. S. M. Vasin, L. A. Gamidullaeva. Development of Russian innovation system management concept//Innovatsii. 2017. № 5 (223). S. 34-40.
2. L. A. Gamidullaeva. Institutiy v razvitiy innovatsionnykh sistem//Journal of Economic Regulation. 2016. T. 7. № 1. S. 93-103.
3. L. A. Gamidullaeva. O postroenii kontseptsii upravleniya innovatsionnoy sistemoy Rossii//Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. 2016. № 4 (50). S. 74-84.
4. A. A. Domrachev, S. N. Evtushenko, V. P. Kupriyanovskiy, D. E. Namiot. Ob innovatsionnykh initsiativah gosudarstv – chlenov EAES v oblasti postroeniya globalnoy tsifrovoy ekonomiki//International Journal of Open Information Technologies. Vol. 4. № 9. 2016.
5. A. Marshall. *Printsiipy politicheskoy ekonomii*. T. 1. M.: Progress, 1993. 415 s.
6. R. Baheti, H. Gill. Cyber-physical systems//The impact of control technology. 2011. Vol. 12. P. 161-166.
7. B. Bergvall-Kareborn, M. Holst, A. Stahlbrost. Concept design with a living lab approach//In: 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, 2009. HICSS 2009, P. 1-10. IEEE (2009).
8. H. Chesbrough. *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, MA, 2003.
9. European Comission. Growing a digital social innovation ecosystem for Europe DSI final report. European Union, 2015. https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/50-nesta-dsireport-growing_a_digital_social_innovation_ecosystem_for_europe.pdf.
10. L. A. Gamidullaeva, T. O. Tolstykh. Transaction Costs, Institutions and Regional Innovation Development: the Case of Russia//Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) 8-9 November 2017 Madrid Spain. Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth.
11. P. A. Gloor. Collaborative Innovation through Swarm Creativity, *Swarm Creativity*. 19-48. 2006. doi:10.1093/acprof:oso/9780195304121.003.0003.
12. A. Habibipour, A. Padyab, B. Bergvall-Kåreborn, A. Ståhlbröst. Exploring Factors Influencing Participant Drop-Out Behavior in a Living Lab Environment/In: S. Stigberg, J. Karlsen, H. Holone, C. Linnes (eds.)//Nordic Contributions in IS Research. SCIS 2017. Lecture Notes in Business Information Processing. Vol 294. Springer, Cham. 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64695-4_3.
13. B. Ley, C. Ogonowski, M. Mu et al. At home with users: a comparative view of living labs//Interact. Comput. 27. 2015. 21-35.
14. Z. Liu, D.-S. Yang, D. Wen et al. Cyber-physical-social systems for command and control//IEEE Intelligent Systems. 2011. Vol. 26. №. 4. P. 92-96.
15. M. Rothschild. *Bionomics. Economy as Ecosystem*. NY.: Henry Holt and Company Inc., 1990. 423 p.
16. A. Sheth, P. Anantharam, C. Henson. Physical-cyber-social computing: An early 21st century approach//IEEE Intelligent Systems. 2013. Vol. 28. №. 1. P. 78-82.
17. A. Ståhlbröst, B. Bergvall-Kåreborn. Voluntary contributors in open innovation processes/In: J. S. Z. Eriksson-Lundström, M. Wiberg, S. Hrastinski, M. Edenius, P. J. Ågerfalk (eds.)//Managing Open Innovation Technologies. Springer, Berlin, 2013. P. 133-149.
18. S. Vasin, L. Gamidullaeva. Regional reproduction of innovations and development of network approach//TsITISE. 2017. № 4 (13).