

Интеграция и конкуренция в Европе: инновационная политика в сетевой и энтропийной перспективах

Умут Йлмаз Четинкая

Координатор проектов, YNR Consulting; доцент, Департамент исследований науки, технологий и политики (Department of Science Technology and Policy Studies). E-mail: uycetinkaya@gmail.com

Эркан Эрдил

Профессор, Департамент экономики (Department of Economics). E-mail: erdil@metu.edu.tr

Ближневосточный технический университет (Middle East Technical University), Турция
Адрес: 1 Dumlupinar Bulvari, 06800 Cankaya-Ankara, Turkey

Аннотация

В статье предпринят анализ инновационности Европейского Союза в контексте Европейского исследовательского пространства. Теоретической рамкой работы служит литература, посвященная системам инноваций, сетевым исследованиям, рамочным программам и единому исследовательскому пространству ЕС. На основе трех различных источников формируется база данных для учреждения Европейской исследовательской и инновационной сети как результата реализации стратегических и программных проектов общеконтинентального уровня. Оценка

инновационности Европейского Союза имеет целью выработку системных рекомендаций с привлечением теоретических достижений и данных аналитических исследований, основанных на сетевом анализе и концепции энтропии. Реализация относительно простого правила Европейской комиссии в дополнение к стратегиям поддержки разнообразия и восприимчивости стран со структурными провалами может стать важным шагом к усилению интеграции и конкуренции внутри Европейского исследовательского пространства, равно как и инновационности всех входящих в него стран.

Ключевые слова: системы инноваций; исследовательские сети; Инновационный союз; энтропия; научно-техническая и инновационная политика.

DOI: 10.17323/1995-459X.2016.4.7.24.

Цитирование: Çetinkaya U.Y., Erdil E. (2016) Cohesion and Competition of Europe: Innovation Policy from the Perspective of Networks and Entropy. *Foresight and STI Governance*, vol. 10, no 4, pp. 7–24.
DOI: 10.17323/1995-459X.2016.4.7.24.

С точки зрения инновационности Европа отстает от ключевых конкурентов или, по крайней мере, не достигает желаемого уровня, что широко обсуждается и анализируется в соответствующей литературе [European Commission, 1995; 1997; Caracostas, Muldur, 1998; Fagerberg et al., 1999; Malerba, 2004; Camagni, Capello, 2013; Asheim et al., 2011; и т. д.]. Задачи повышения этого уровня, или улучшения конкурентоспособности Европы, чаще всего закрепляются в виде систем планируемых мероприятий, таких как рамочные программы (РП). Их общая цель состоит в развитии потенциала и возможностей стран-членов, признанных инновационными и конкурентоспособными, а также в быстром повышении уровня отстающих. Инструментам достижения указанной цели посвящена обширная литература, частью упомянутая выше, и немало подобных работ выйдут в будущем. На этом фоне междисциплинарные исследования на узкие темы, очевидно, окажутся более продуктивными для роста инновационности в Европе, чем повторение пройденного.

Наше исследование фокусируется на инновационности Европейского Союза (ЕС), и для оценки и формулирования стратегических мер по ее повышению авторы провели обзор актуальных научных позиций и прикладных инициатив. Базовым для исследования служит системно-инновационный подход (Systems of Innovation). Показатели инновационности и системы связей, обозначенные нами как Европейская исследовательская и инновационная сеть (European Research and Innovation Network), почерпнуты из практических проектов Европейской комиссии. Так, база данных по инновационному и сетевому анализу построена с использованием сведений Шкалы инноваций ЕС (Innovation Union Scoreboard, IUS), Региональной шкалы инноваций (Regional Innovation Scoreboard, RIS) и Информационной службы ЕС в области исследований и разработок (ИИР) (Community Research and Development Information Service, CORDIS). Изучение инноваций и сетевых отношений также поддерживается Европейским исследовательским пространством (ЕИП — European Research Area, ERA), еще одним проектом Европейской комиссии. Результатом настоящего анализа станут стратегические рекомендации, базирующиеся на исследовании инновационных систем, для укрепления потенциала ЕС в этой сфере.

В последующих двух разделах статьи будут определены ее теоретические основания — взаимосвязь между инновационными системами, сетями и Инновационным союзом; применимость к рассматриваемой проблематике концепций энтропии Людвиг Бальцмана (Ludwig Boltzmann) и Ильи Пригожина (Ilya Prigogine). В последних двух разделах представлена информационная и методологическая инфраструктура статьи, то есть данные, использованные для анализа Европейской исследовательской и инновационной сети, а также изложены полученные результаты и стратегические рекомендации по повышению инновационности ЕС. В фокусе работы — следующие предметы: сеть, объединяющая страны и регионы (второй уровень классификации регионов ЕС NUTS); связь между

инновационностью последних и сетевой структурой; векторы развития ЕИП; уровень инновационности ЕС с позиций намеченного направления, выкладки по сетевому анализу и теории энтропии.

Одним из важных результатов исследования стало простое правило, состоящее в наборе требований Европейской Комиссии к заявкам на включение узла с низким значением собственного вектора в проектный консорциум, что может повысить уровень интеграции и инновационности Европы. Фактором, влияющим на конкурентоспособность стран — членов ЕС является, в частности, способность ключевых игроков (*gatekeepers*) присоединяться к глобальным сетям низкой емкости и извлекать выгоды из соперничества. Здесь разработчикам европейских стратегий предлагается сосредоточиться на развитии разнообразия и восприимчивости узлов, а также на заполнении структурных пустот, дабы повысить эффективность Европейской исследовательской и инновационной сети и инновационность ЕС в целом.

Системы инноваций, сети и Инновационный союз

Современные исследования инноваций уделяют значительное внимание изучению влияния сетевых структур на производство информации и знаний и преобразование последних в новые продукты (услуги) и сопутствующие технологические процессы [Powell, Grodal, 2005]. Основными объектами изучения в рамках анализа инновационных сетей являются:

- системы инноваций через призму теории графов и имитационных моделей [Andersen, 1996; 1997];
- географическое распределение инновационной сети и влияние территориального фактора на интеграцию в нее [Becattini, 1990; Camagni, 1991; Cooke, 1996; Marshall, 1961; Piore, Sabel, 1986; Storper, 1997; Asheim, Gertler, 2005];
- структурные характеристики сети [Das, Teng, 2002] и управление ею [Pietrobelli, Rabellotti, 2009; Gereffi et al., 2005; Sturgeon et al., 2008];
- когнитивные дистанции между различными участниками сети [Gereffi et al., 2005] и сила связей между ними [Granovetter, 1973];
- процессы производства и трансфера знаний, их роль в создании и развитии инноваций [Nooteboom, 2004];
- влияние межорганизационных сетей на инновации [DeBresson, Amesse, 1991; Freeman, 1991; Hagedoorn, 1990, 1993; Nooteboom, 2004; Powell et al., 1996; Soh, Roberts, 2003].

Такое разнообразие направлений исследований свидетельствует о заметном оживлении за последнее десятилетие дискуссий вокруг роли сетей в научно-технической и инновационной сферах. Общим для всех них является представление о важности взаимодействия различных субъектов. Иными словами, разработчики стратегий переориентировались с анализа отдельных акторов и образа их действий на многостороннюю кооперацию и коммуникацию. Ожидания, предъявляемые к сетевому анализу со стороны авторов стратегий,

ранее были сформулированы в нескольких работах, признанных основополагающими для системно-инновационного подхода [Freeman, 1991; Lundvall, 1992; Metcalfe, 1995; Foray, Lundvall, 1996].

Процесс создания систем инноваций состоит в генерации и применении субъектами знаний, успех или провал которых зависит главным образом от степени их сетевой интегрированности [Foray, 2006] и структурированности. Сети позволяют не только агрегировать разнородные и рассредоточенные специфические знания, но и повысить уровень их операционализации [Kogut, Zander, 1992; Powell et al., 1996], поскольку многообразие субъектов системы повышает ее эффективность [Allen, 2001]. В свою очередь полисубъектность систем инноваций дает возможность оценить и удовлетворить запросы как рынка, так и самой системы. Пока в нее не интегрировано новое знание, безотносительно его источника, разделенные системной «когнитивной дистанцией» акторы [Nooteboom, 1992, 2005] лишаются индивидуальных черт, а система приобретает инертность или замкнутость.

Роль и структура сети, посредством которой субъекты создают и распространяют знания, получили определенное отражение в научной литературе [Malerba et al., 2007]. По мнению Вито Латора (Vito Latora) и Массимо Марчиори (Massimo Marchiori), «сетевая структура может иметь сопоставимое с нелинейными взаимодействиями элементов значение, а <...> структурные характеристики сети имеют основополагающее значение для понимания динамики системы» [Latora, Marchiori, 2004]. Следовательно, сетям принадлежит самостоятельная роль в максимизации преимуществ от создания, диверсификации знаний и интенсификации взаимодействий.

Говоря о негативных факторах, большинство исследований в рамках сетевого подхода (за исключением нескольких международных) обходят вопрос о государственном вмешательстве [Hyötyläinen, 2000], несмотря на то, что органы власти используют политические инструменты для получения наибольшей выгоды от сетей. Хотя значение этой составляющей трудно переоценить, исследователи выказывают невысокий интерес к связям между политическими стратегиями и сетями, чему можно найти несколько объяснений. Первая возможная причина заключается в нехватке релевантных данных, а вторая, как верно утверждается в работах [Carlsson, 2000; Flap et al., 1998], обусловлена чрезмерной зависимостью сетевого подхода от различных интерпретаций.

Безусловно позитивным можно признать рост значения сетевого анализа для разработки политики и этапов ее реализации в силу расширения круга субъектов, размывания их ролей и границ между ними, рассредоточения знания (в особенности неявного), углубления взаимозависимости игроков и других факторов. Привлекательность этого инструментария связана с тем, что сети «являются важным компонентом национальных систем инноваций, [а] важная функция научно-технической политики состоит в укреплении существующих сетей, ориентированных на инновации, и в содействии их созданию там, где они отсутству-

ют» [OECD, 1992]. Таким образом, пока анализ государственной политики сводится к тому, «что и почему делает правительство и что это дает» [Dye, 2012], сетевой анализ позволяет принимающим решения лицам изучить структуру и соответствующие конфигурации. Как утверждает Джон Петерсон (John Peterson), «политический сетевой анализ чрезвычайно эффективен на уровне Европейского союза», и «немногие <...> поспорят с тем, что организованное сетевым образом управление является важной характеристикой ЕС» [Peterson, 2003]. В этом смысле минимизация сбоев в работе сети или ее использование для повышения конкурентоспособности и инновационности требует формирования и реализации соответствующей политики.

По завершении Первой рамочной программы (РП1) в 1987 г. были запущены РП2 (1987–1991) и РП3 (1990–1994), воплощавшие модель технологического натиска (*technology push*). Примерно в то же время идеология систем инноваций начала проникать в круги политических консультантов [Soete, Arundel, 1993] и в конечном счете была отражена в РП4 (1994–1998) с акцентом на таких вопросах, как распространение технологий, интеграция малого и среднего бизнеса, обучение и мобильность. Используя подход, ориентированный на пользователя, РП5 (1998–2002) была прицельно рассчитана на решение социальных проблем и социально-экономических вызовов наряду с наращиванием исследовательских возможностей и потенциала передовых технологий. За последние два десятилетия роль инноваций в развитии Европы значительно возросла, что отражено в переломной в этом отношении РП6 (2002–2006), упор в которой сделан на научно-техническом превосходстве и технологическом натиске, что в определенной мере сближает ее с РП2 и РП3. Однако в сравнении с последними в РП6 были введены новые инструменты (интегрированные проекты и сети превосходства) и механизмы увеличения числа партнеров по проекту до необходимого уровня. Предлагались и меры поддержки ЕИП для преодоления проблем недоинвестирования ИиР, их фрагментации и недостаточной координации.

РП7 (2007–2013) направлена на укрепление научной и технологической базы европейской промышленности и ее международной конкурентоспособности, наряду с продвижением исследований, лежащих в русле политики ЕС. Уже РП6, в особенности после формулирования идеологии ЕИП в 2000 г., стала одним из важных инструментов стратегического планирования ИиР в Европе. Ожидается, что дополнительные объемы финансирования научно-технической сферы, предусмотренные РП8 «Горизонт–2020» (Horizon 2020, 2014–2020) обеспечат ощутимый прогресс в построении на континенте экономики, основанной на знаниях и инновациях. Тем самым РП8 послужит ключевым элементом не только стратегии «Европа–2020» (Europe 2020) и других долгосрочных механизмов ЕС, но и ЕИП. Задача последнего определена как «вовлечение всех регионов в механизм Инновационного союза. Непропорциональное влияние финансового кризиса на некоторые наименее развитые регионы способно подорвать недавно достигнутое сближение. Европа должна избежать “инновационно-

го разрыва» (*innovation divide*) между более сильными регионами [странами] и остальными» [European Commission, 2010a].

Если спуститься на уровень отдельных государств, нетрудно заметить, что, хотя некоторые рейтинги причисляют такие страны, как Швеция, Финляндия, Германия, Дания и Великобритания, к глобальным лидерам в области инноваций, прочие члены ЕС занимают срединное положение, а интегральная эффективность ЕС-27 отстает от показателей США и Японии, значительно превосходя страны БРИК. Впрочем, Китай и Индия стремительно наверстывают отставание за счет чрезвычайно высоких темпов относительного развития, и, сохранив их на ближайшие пять лет, Китай имеет шансы сократить отрыв в эффективности от «Большой Европы» [Archibugi et al., 2009]. В том же направлении движутся и другие азиатские страны, включая Южную Корею и Сингапур, которые считаются новыми инновационными центрами силы. Так, в IUS 2013 г. Южная Корея занимает соседние позиции с США и Японией и опережает в развитии ЕС-27.

Утрата Европой относительного лидерства в производстве знаний обусловлена не низкими темпами ее развития, а высокой продуктивностью конкурентов. Характерная для последних схема распределения присуща целым регионам (что отражено в RIS за 2012 г.), и на фоне ужесточения глобальной конкуренции это востребует стратегию «умной специализации». Она позволит усилить существующие инновационные центры силы, которые послужат другим регионам ориентирами для разработки нишевых стратегий развития (нацеленных на решение локальных задач) и выживания в эволюционной фазе общества, основанного на знании [Foray, van Ark, 2007; Soete et al., 2010]. В целом данные RIS 2012 г. и IUS 2013 г. показывают, что замедление Европы обусловлено не только низкой эффективностью ее собственного развития и ростом занятости, но и препятствиями на пути формирования ЕИП.

Энтропия

Как утверждает Л. Больцман [Boltzmann, 1974], макросостояние газа описывается температурой, внутренней энергией, давлением и объемом, в то время как микросостояние системы описывается импульсом (p_x, p_y, p_z) и пространственными координатами (x, y, z) каждой точки, удовлетворяющей макросостоянию. Микросостояний может быть множество, тогда как энтропия измеряет количество потенциально достижимых макросостояний, или условий. Иначе говоря, когда энтропия равна нулю, существует только одно микросостояние, предполагающее полную предсказуемость, т. е. невозможность другого микросостояния. Энтропия, превосходящая нулевую отметку, означает несколько возможных микросостояний и более низкий уровень предсказуемости. С точки зрения системы инноваций подобная ситуация может быть истолкована как спектр возможных микросостояний, а более высокий уровень энтропии свидетельствует об инновационном потенциале объекта. Этот тезис можно выразить

в формуле энтропии Больцмана, уравнении, связывающем вероятность энтропии S идеального газа с количеством W — числом микросостояний, соответствующих данному макросостоянию. Приведенная ниже формула Больцмана показывает отношение между энтропией и числом конфигураций атомов и молекул термодинамической системы:

$$S = k \log W \text{ или } S = -\sum_i w_i \ln(w_i). \quad (1)$$

Допустим, например, что вероятность события i ($i=1, 2, 3, \dots, n$) равна w_i , $\sum_i w_i = 1$ и $0 \leq w_i \leq 1$. Если событие произошло с абсолютной вероятностью $w_i=1$, мы получаем $S=0$ ($\ln 1=0$). Соответственно w_i может означать возможность генов приспособиться или изменить систему, а равно вероятность возникновения в ней инноваций. Энтропия тем ниже, чем меньше дисперсия вероятности, и тем выше, чем это распределение равномернее. Наименьшая энтропия означает либо максимальный порядок (все микросостояния соответствуют одному макросостоянию), либо предельную определенность результата. Наибольшая энтропия (равномерное распределение микросостояний всех макросостояний) эквивалентна либо крайней неопределенности результата, либо максимальной вероятности возникновения инноваций.

В концепции энтропии, изложенной в известной работе И. Пригожина и Изабеллы Стенгерс (Isabelle Stengers), утверждается ненаблюдаемость никаких взаимодействий в закрытой системе в силу отсутствия градиентов, что необратимо приводит эту систему к равновесию (максимальной энтропии) [Prigogine, Stengers, 1984]. Таким образом, способность системы осуществлять работу ограничена; как таковая энтропия изолированной системы никогда не снижается, согласно второму закону термодинамики, и в конечном счете приводит к блокировке, или энтропической смерти [Saviotti, 1988]. Вместе с тем, как отмечает И. Пригожин, совокупная энтропия складывается из энтропии привнесенной и произведенной в открытых системах. В таких концептуализированных им же [Prigogine, 1976] и другими членами Брюссельской школы открытых системах, как «диссипативные структуры», энтропия исчезает, повышая упорядоченность системы за счет роста беспорядка в окружающей ее среде. Способные к самоорганизации за счет экспорта энтропии в форме колебаний и к работе в далеких от равновесия условиях, диссипативные структуры представляют собой высокоорганизованную систему, которая всегда находится в процессе становления и зависит от входящего потока данных.

Данные и методология

Залогом точности любой аналитической работы служит достоверность обрабатываемых данных — критерий, которому отвечают системы индикаторов IUS, RIS и CORDIS. Созданная на их основе база данных позволяет вырабатывать дальнейшие стратегические рекомендации, а связь сетевой структуры с инновационностью

анализируется с использованием двух наиболее развитых концепций энтропии, авторство которых принадлежит Л. Больцману и И. Пригожину.

Данные

Как таковая CORDIS «представляет собой главный публичный репозиторий и портал Европейской комиссии по распространению информации обо всех финансируемых Европейским Союзом исследовательских проектах и их результатах в самом широком смысле»¹. Базы данных IUS и RIS будут использоваться для установления связи между сетью, созданной участниками CORDIS, и понятием инновационности. IUS содержит индексы инновационности многих стран — членов ЕС и некоторых ключевых стран-партнеров; в RIS представлены аналогичные оценки по регионам Европы (NUTS-2). Сформированная для настоящего исследования база данных объединяет все три системы индикаторов для выработки стратегических рекомендаций по повышению инновационности ЕС с точки зрения сетевого анализа. Для использования в последнем из CORDIS были исключены противоречивые данные, предоставленные Европейской комиссией. Не вся информация о проектах и их участниках может быть получена из исходных данных: некоторые описания не содержат финансовых сведений, другим недостает имен участников, временных рамок и т. д. Так, хотя исходные данные по РП4 описывали 40 097 участников и 12 386 проектов, перекрестная проверка начальных и конечных дат их реализации дала иные цифры — 41 988 участников и 12 815 проектов. Когда данные были уточнены в соответствии с такими критериями, как название программы и сроки реализации, остались 36 320 участников и 11 108 проектов.

Метод

Европейская исследовательская и инновационная сеть, имеющая трехступенчатую структуру, сформирована на основе разработанной специально для нашей статьи базы данных в целях анализа и обсуждения инновационности Европы и ЕИП. Первая ступень, названная «открытая сеть», смоделирована на уровне стран, а ее узлами являются участники РП как внутри, так и за пределами Европы. Вторая ступень — «закрытая сеть», состоящая из стран, которые упомянуты в документе IUS 2013 г. Наконец, «региональная сеть» сформирована в соответствии с NUTS-2.

Для проверки характеристик смоделированной таким образом Европейской исследовательской и инновационной сети (длина траектории, коэффициенты кластеризации и т. д.) были применены стандартные техники измерения. Полученные данные служат для дальнейшего изучения сети с точки зрения инновационности и для анализа связей и конкуренции внутри ЕИП. Инновационность стран и регионов (NUTS-2) как звеньев Европейской исследовательской и инновационной сети в их соотношении с параметрами последней оце-

ниваются, исходя из данных IUS 2013 г. и RIS 2012 г. в ретроспективе последних шести лет.

К анализу инновационности Европы была применена концепция энтропии в существенно отличной от общепринятой трактовке. Многие работы рассматривают сетевую энтропию с точки зрения распределения связей между узлами. Например, подход Абба Моушоуитца (Abbe Mowshowitz) [Mowshowitz, 1968] базируется на инвариантах графа, таких как степени вершин, расстояний и т. д., и на применении критерия эквивалентности информационно-теоретических показателей. Такаши Нишикава (Takashi Nishikawa) с коллегами [Nishikawa et al., 2003] подсчитали количественную неоднородность сложных сетей с помощью стандартного отклонения степени. Рикард Коле (Ricard Solé) и Серги Валверде (Sergi Valverde) [Solé, Valverde, 2004] предложили использовать энтропию распределения оставшейся степени для анализа неоднородности, что близко к подходу Янира Бар-Яма (Yaneer Bar-Yam) [Bar-Yam, 2003], а Бин Ван (Bing Wang) с соавторами [Wang et al., 2006] — для измерения неоднородности сложных сетей. Группа исследователей под руководством Юн Ву (Jun Wu) [Wu et al., 2010] предлагает рассматривать энтропию степени последовательности как меру неоднородности сложных сетей.

В целом, если сеть состоит из телефонных аппаратов и линий или электронных страниц и ссылок со стабильными соединениями (связями) между узлами, целесообразно было бы изучать их сквозь призму энтропийного анализа. В случае с такими буквальными узлами и связями между элементами, объединенными в сеть, для вычисления энтропии сети важно произвести подсчеты вероятности в соответствии с формулой Шэннона [Shannon, 1948]. В случае с инновациями, напротив, составляющие сеть конкретные узлы и связи недоступны нашему непосредственному восприятию. В этом и состоит уникальность предлагаемого подхода, в котором характеристики Европейской исследовательской и инновационной сети увязаны с оценками инновационности стран через понятие энтропии в трактовках Л. Больцмана и И. Пригожина. Для выработки стратегических рекомендаций по повышению инновационности ЕС и оптимизации ЕИП подход Л. Больцмана позволяет сформулировать простое правило, а позиция И. Пригожина — сравнить инновационную производительность стран континента с конкурентами.

Анализ и выводы

Сетевая структура

С момента принятия РП1 ЕС продвигает и поддерживает сотрудничество в области ИиР, координируя усилия организаций в соответствующих сферах по конвертации идей в новые продукты, услуги, решения и повышению конкурентоспособности. В основе этой поддержки лежит не только представление о знании как самом ценном ресурсе и конкурентном преимуществе

¹ Цит. по: http://cordis.europa.eu/guidance/home_en.html, дата обращения 19.02.2016.

[Kogut, Zander, 1992], но и о том, что оно создается за счет интеграции раннее разобщенных представлений, обмена ими между субъектами и генерации новых знаний. Иными словами, производство знания рассматривается как социальный процесс, который берет начало во взаимодействии субъектов, а не в творческом акте одного индивида либо организации [Hakansson, 1989; von Hippel, 1988]. Подобное представление привело исследователей к анализу возможностей сетевых структур осуществлять обмен, комбинирование и создание знания [Kogut, Zander, 1992; Tsai, 2002; Tsai, Ghoshal, 1998].

Несколько проектов по исследованию сетей были реализованы в составе РП. Томас Рёдигер-Шлуга (Thomas Roediger-Schluga) и Михаэль Барбер (Michael Barber) [Roediger-Schluga, Barber, 2006] сосредоточили свое внимание на структуре сетевого сотрудничества в области ИиР в первых пяти РП и нашли признаки сложных сетей. Стефано Бреши (Stefano Breschi) и Лючия Кусмано (Lucia Cusmano) [Breschi, Cusmano, 2002] подробно остановились на сети ИиР, сформированной в ходе реализации РП3 и первого этапа РП4. Исследуя сеть с помощью социального сетевого анализа и теории графов, они обнаружили признаки «тесного мира» и безмасштабной сети. Эмилия Протогеру (Aimilia Protogerou) с коллегами [Protogerou et al., 2010] сконцентрировались на сетевой кооперации при реализации ИиР в области технологий информационного общества (Information Society Technologies, IST) в ходе РП4, РП5 и РП6 и зафиксировали структуры «тесного мира», а также предпочтительного присоединения (*preferential attachment*). Все эти работы рассматривают проекты и их участников как узлы искомой сетевой структуры. В нашей статье за узлы создаваемой сети приняты страны и регионы (NUTS-2), связанные проектами в области ИиР.

От изложенных утверждений можно перейти к изучению связи между числом участников, средней продолжительностью и объемом финансирования проектов. Рассчитанные для этих показателей коэффициенты соотношений (табл. 1) позволяют заключить, что расширение круга участников наиболее позитивно отражается на количестве, средней продолжительности, затратах и финансировании проектов. Увеличение числа партнеров отвечает также рекомендациям оценоч-

ных исследований РП, в которых подчеркнута важность упрощения административных процедур.

Данные по сетям регионального (NUTS-2) и национального уровней (открытая сеть) отражены в табл. 2 и 3 соответственно. Их анализ показывает, что начиная с РП1 большинство регионов (стран) подключились к сети через центральные регионы (страны). В сетях обоих типов наблюдаются рост средних значений центральности по посредничеству и их снижение для центральности по близости, что может свидетельствовать об увеличении социального капитала [Borgatti et al., 1998]. Ключ к объяснению подобной ситуации дает понятие «эффект колеи» (*path dependency*): приобретенные менеджерские навыки и опыт эффективного управления в прошлом подготовили субъектов к участию в последующих проектах и их координации, а также сокращению маргинальных издержек. Известность и репутация делают их привлекательными партнерами для новичков за счет предпочтительного присоединения. Наконец, портфолио успешных проектов позволяет снизить транзакционные издержки при дальнейшем сотрудничестве, укрепить доверие и понимание, улучшить взаимодействие между партнерами.

Такие общие для обеих сетей характеристики, как безмасштабная степень распределения, относительно низкая средняя длина траектории, высокая кластеризация, низкая ассортативность и т. д., можно принять за постоянные — несмотря на изменения в требованиях РП — параметры механизмов формирования сетей. Все сети обладают чертами «тесного мира», имеют относительно высокие коэффициенты кластеризации и низкую протяженность пути, что означает соответствие сетевой структуры задачам производства и распространения знания [Cowan, 2004]. Анализ РП показал, что некоторые организации участвуют в них неоднократно и продолжают сотрудничать друг с другом после их завершения. Повышение коэффициента кластеризации в обеих сетях в свою очередь свидетельствует о том, что создание и интеграция ЕИП лежат в русле намеченных целей.

Сетевая структура и инновационность

В свете задач по стимулированию инноваций на всех уровнях европейской политики — от локального до со-

Табл. 1. Коэффициент корреляции между числом участников, средней продолжительностью, затратами и финансированием проектов

	Число участников	Количество проектов	Средняя продолжительность проекта	Средняя стоимость проекта	Средний объем финансирования проекта
Число участников	1.00				
Количество проектов	0.74	1.00			
Средняя продолжительность проекта	0.79	0.45	1.00		
Средняя стоимость проекта	0.82	0.36	0.55	1.00	
Средний объем финансирования проекта	0.78	0.33	0.55	0.97	1.00

Источник: расчеты авторов.

Табл. 2. Характеристики сети регионального уровня

Метрика графа	РП1	РП2	РП3	РП4	РП5	РП6	РП7
Тип графа	Ненаправленный						
Вершины	189	223	271	281	298	309	322
Уникальные грани	1195	2166	3137	4230	5187	5359	5421
Грани с дубликатами	2487	11751	14472	33291	41352	44510	60877
Суммарное число граней	3682	13917	17609	37521	46539	49869	66298
Число петель в графе	218	878	833	1987	3746	2337	3572
Среднее геодезическое расстояние	2.14	1.92	1.94	1.83	1.79	1.82	1.80
Плотность графа	0.10	0.17	0.16	0.24	0.26	0.25	0.25
Ассортативность	-0.011	-0.017	0.003	0.015	0.035	0.018	0.004
Средняя степень	19.429	38.278	44.266	67.480	77.054	77.974	81.814
Средний коэффициент кластеризации	0.4690	0.6323	0.6322	0.6888	0.6850	0.6761	0.6801
Степенная зависимость	3.12	2.60	2.58	2.20	2.40	2.28	2.37
Среднее значение центральности по посредничеству	108.45	102.71	127.66	117.53	117.98	127.62	130.01
Среднее значение центральности по близости	0.0025	0.0024	0.0019	0.0020	0.0019	0.0018	0.0018
<i>Источник:</i> расчеты авторов.							

юзного — разработка и внедрение сетевых стратегий могут рассматриваться в качестве инструмента для преодоления сбоя сети [Nooteboom, Stam, 2008]. Обеспечение связи между субъектами для обмена информацией, знаниями и т. д. рассматривается как необходимая стратегия в рамках системно-инновационного подхода [Carlsson, Jacobsson, 1997]. Третим типом Европейской сети исследований и инноваций, дополняющим описанные в предыдущем разделе, является закрытая сеть из стран списка IUS 2013 г., которые принимали участие в РП. Для того чтобы определить, как участие в проекте отражается на инновационности, была оценена корреляция между уровнем этого показателя и числом проектов в национальном и региональном (NUTS-2) разрезах. Расчеты показали, что до половины величины показателя инновационности стран и регионов как узлов сети объясняется числом проектов с их участием.

Сопоставление уровней инновационности и кластеризации стран в сетях трех типов позволяет определить значение этих показателей для узлов (стран или регионов). Отрицательная корреляция зафиксирована между значениями инновационности и кластеризации на региональном и национальном уровнях. Так, в 2011 г. названные коэффициенты составили -0.4266 с 0.00183 (значение p), -0.6226 с 0.00008 (значение p) и -0.43965 с 4.268 (значение p) для закрытых, открытых и региональных сетей соответственно. Ключевые участники РП7 (Германия, Франция, Италия и Великобритания) заинтересованы в идентификации стран, способных заполнить структурные пробелы и сыграть решающую роль в соединении закрытых сетей с открытыми. Группа стран с наилучшими показателями инновационности и числа проектов в рамках РП7 совпадает с важнейшими участниками IUS 2013 г. и включает Бразилию, Канаду,

Табл. 3. Характеристики открытой сети

Метрика графа	РП1	РП2	РП3	РП4	РП5	РП6	РП7
Тип графа	Ненаправленный						
Вершины	21	67	111	139	144	152	168
Уникальные грани	21	96	177	339	316	416	437
Грани с дубликатами	3490	12830	20700	45013	51952	57237	74439
Суммарное число граней	3511	12926	20877	45352	52268	57653	74876
Число петель в графе	796	2297	3694	6899	7247	8158	11281
Среднее геодезическое расстояние	1.56	2.22	2.17	1.99	2.01	1.98	2.00
Плотность графа	0.44	0.10	0.07	0.10	0.10	0.12	0.11
Ассортативность	-0.011	-0.037	-0.009	-0.049	-0.023	-0.022	-0.016
Средняя степень	10.000	7.164	8.234	13.525	14.667	17.842	18.619
Средний коэффициент кластеризации	0.7862	0.6008	0.5987	0.7744	0.7755	0.7466	0.7616
Степенная зависимость	0.94	2.39	2.97	2.93	2.77	2.84	3.02
Среднее значение центральности по посредничеству	6.38	41.46	65.50	69.30	73.37	74.61	84.87
Среднее значение центральности по близости	0.0320	0.0069	0.0042	0.0037	0.0035	0.0034	0.0030
<i>Источник:</i> расчеты авторов.							

Китай, Индию, Японию, Южную Корею, Россию, США и Южную Африку со средним коэффициентом корреляции на уровне 0.4431 (для каждого года величины p находятся ниже 0.01137). Таким образом, сотрудничество с крупнейшими конкурентами существенно влияет на рост инновационности Европы, а четверка стран-лидеров занимает ключевое место не только в производстве, но и в обмене знаниями между закрытыми и открытыми сетями.

Повышение средней степени узлов, отмеченное ранее при анализе РП1, указывает на расширение потенциала стран по поддержанию связей. Рост этого индикатора не только свидетельствует о возможности связать узлы, ранее друг с другом не связанные, но и затрудняет идентификацию релевантных связей или способов достичь партнера, информацию, знания и т. д. Например, увеличение частоты подключений в сетях поставок [Choi et al., 2001] и в секторе биотехнологий [Rycroft, 2007] не обнаруживает линейной зависимости с улучшением времени доставки и сроков разработки продукта. Тем не менее положительная корреляция между инновационностью и степенью значений узлов зафиксирована в сетях трех типов. Например, зависимость между данными коэффициентами в 2011 г. составляла 0.4483 с 0.01 (значение p), 0.5690 с 0.0005 (значение p) и 0.6801 с 0.01 (значение p) для закрытых, открытых и региональных сетей соответственно.

Слепое следование упомянутым выше рекомендациям оценочных исследований [Expert Group, 2010], включая упрощение административных процедур и расширение круга партнеров по проекту, может негативно отразиться на его результативности, поскольку рост числа сторон затрудняет установление доверия и взаимодействие между ними. В работе [Lundvall et al., 2002] утверждается, что успешная инновация есть результат тесного взаимодействия между субъектами в процессе обучения, т. е. наличия крепких связей между ними. Некоторые исследователи указывают на значение числа субъектов для обеспечения комбинаций различной информации, знаний, ресурсов и т. д. [Ruef, 2002; Powell et al., 1996]. В свою очередь Мохан Татиконда (Mohan Tatikonda) и Стефан Розенталь (Stephen Rosenthal) [Tatikonda, Rosenthal, 2000] подчеркивают негативное влияние размеров проекта на инновационность, хотя убедительных эмпирических обоснований подобного утверждения не приводят. Предметом бурных дискуссий служит также роль различных субъектов в создании инноваций [Nootboom, 2000; Ruef, 2002; и др.]. В целом признается, что различные партнеры привносят в проект новейшие информационные ресурсы и знания, что служит залогом успеха новации. Оценка корреляции между инновационностью и средним размером проекта, принятым за производное от количества его участников, за период 2006–2012 гг. (на уровне -0.6494) доказала обратную зависимость между этими показателями.

Для выявления роли различного типа субъектов инновационной деятельности были проанализированы коллаборативные проекты разных стран. В отличие от корреляции между масштабами проекта и инновационностью, зависимость между последней и разнообразием

партнеров носит положительный характер со средним коэффициентом 0.4105 для каждого года, за исключением 2006 г., когда величина p оказалась ниже 0.0572.

Для визуализации данных анализа сетевых взаимодействий были созданы и проанализированы тепловые карты национального и регионального (NUTS-2) уровней на основании общего количества проектов, в которых принимали участие рассматриваемая страна или регион в ходе всех РП (рис. 1 и 2). Тепловые карты позволили установить, что если два узла участвовали в проекте ранее, то с наибольшей вероятностью сделают это вновь, причем, скорее всего, с прежним координатором.

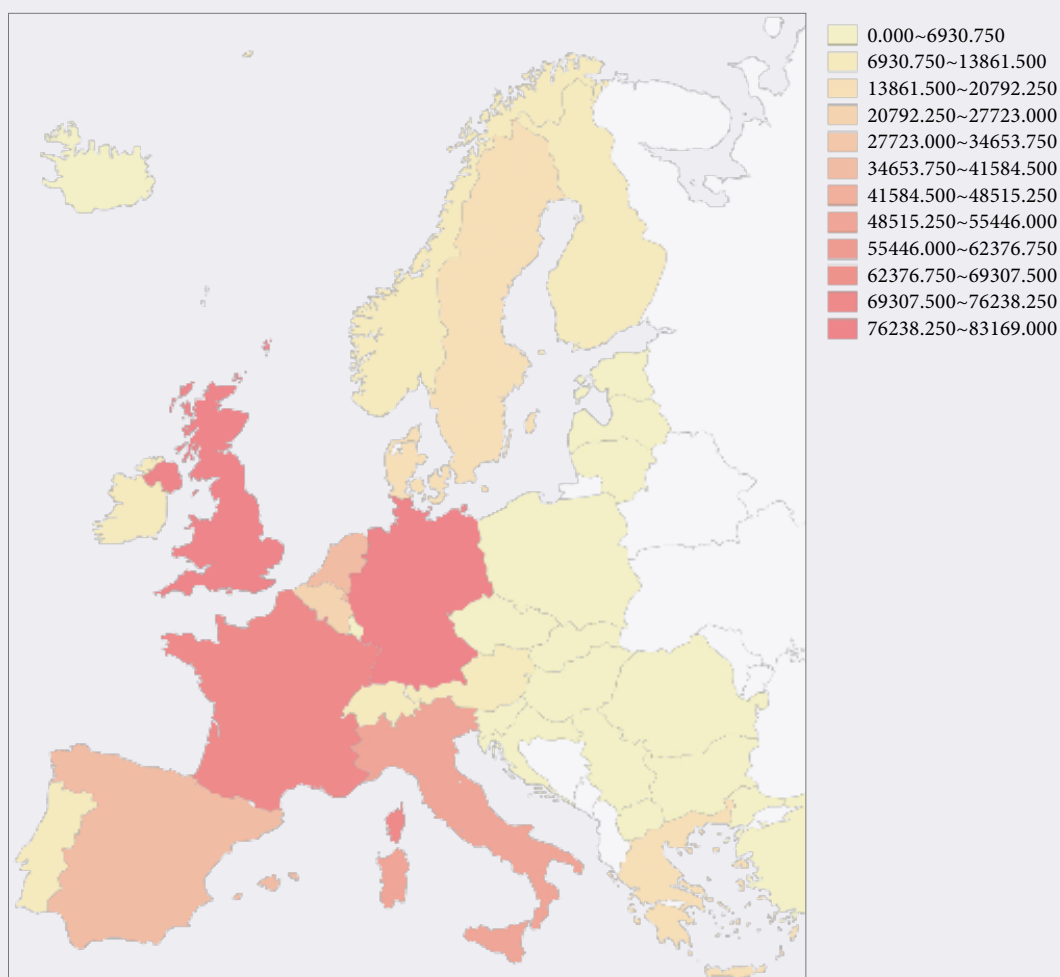
Европейское исследовательское пространство

ЕИП может быть описано как сетевое объединение стран или регионов, находящихся в отношениях сотрудничества, но конкурирующих за рынки. Его создание должно породить синергию, а конфликты между субъектами заменить конкуренцией и интеграцией. Наша же цель состоит в оценке степени реализации указанных задач и того, насколько это согласуется с идеей Европейской сети исследований и инноваций. Предполагается отрицательная зависимость между интенсивностью взаимодействия партнеров и их пространственной удаленностью: увеличение последней снижает вероятность партнерства [Hoekman et al., 2007]. Краткие результаты таковы.

1. Страны и регионы (NUTS-2) предпочитают сотрудничать с теми, кто находится в непосредственной географической близости к ним, это все еще важный фактор при выборе партнеров для исследовательской деятельности.
2. Узлы образуют безмасштабные (иерархические) структуры, а приоритет имеют те из них, которые располагают большим числом связей, в противоположность отстающим и периферийным. Последние не могут стать частью передовой сети, что лишь усугубляет дисбаланс между узлами разного типа [Clarysse, Muldur, 2001].
3. Регионы (NUTS-2) предпочитают сотрудничать с национальными, а не зарубежными игроками, что подтверждает значимость таких факторов, как институциональная инфраструктура (нормы, ценности и т. д.) и национальная политика в области налогов, занятости, финансирования и т. д., при выборе партнеров для исследовательской деятельности.

Роль географической удаленности для установления партнерских отношений в обеих сетях возрастает по мере продвижения с востока на запад Европы (рис. 3 и 4). Страны Западной, а также некоторых частей Северной Европы — важнейших регионов с точки зрения конкурентоспособности и инновационности континента — придают этому фактору повышенное значение, что служит препятствием на пути создания ЕИП. Как мы попытались продемонстрировать, рост числа узлов, опережающий динамику числа петель в графе, что говорит о наличии в регионе более одного участника проекта, позволяет сделать вывод об ориентации локальных игроков на сотрудничество с внутренними,

Рис. 1. Количество проектов национального уровня



Источник: составлено авторами.

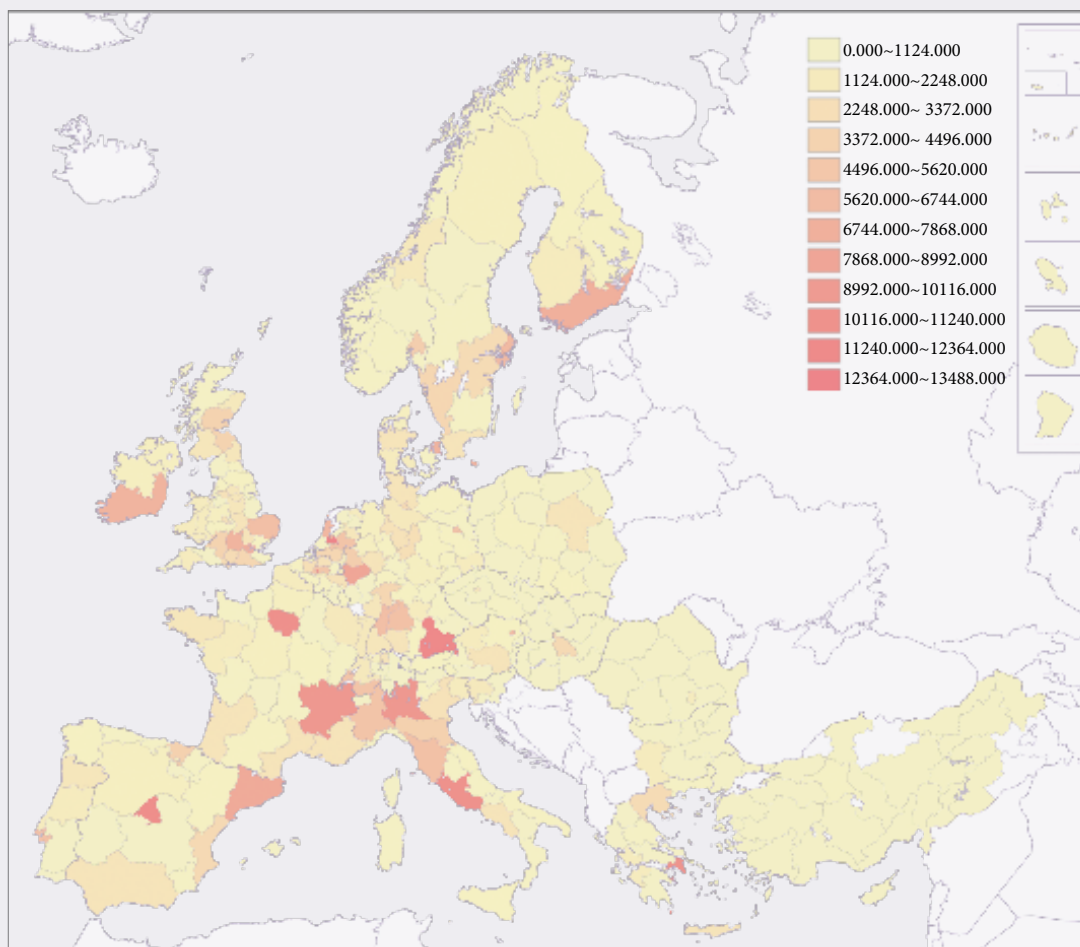
а не внешними партнерами. Результаты показывают, что число петель в графе выросло в 15.38 раза на фоне роста количества партнеров в 0.7 раза с РП1 по РП7.

ЕИП представляет собой эффективный инструмент преодоления географической удаленности и установления сетевых связей между странами, передовыми регионами и организациями как механизмов повышения глобальной конкурентоспособности и инновационности Европы. Вместе с тем они могут усугубить противоречия между сторонами и подорвать социальную устойчивость системы из-за непредусмотренных последствий инновационной политики. Эту двойственность, усиливающую рыночные позиции и углубляющую расхождения, следует рассматривать в качестве неизбежного результата реализации программ и стратегий, связанных с ЕИП.

Положительная корреляция между числом проектов и коэффициентами инновационности узлов может служить индикатором состояния ЕИП, ориентированного на интеграцию игроков регионально-

го, национального и общеконтинентального уровней. В основе концепции ЕИП лежит Лиссабонская стратегия, в которой был продекларирован курс на повышение конкурентоспособности Европы через развитие общего инновационного и научного потенциала. Европейская комиссия исходит из того, что описанная двойственность будет со временем преодолена за счет финансирования отстающих регионов в целях расширения их интеллектуальной базы, наращивания инновационности, укрепления конкурентоспособности и т. д. Однако данные свидетельствуют о сохранении фактора предпочтительного присоединения, при котором одни узлы склонны сотрудничать с другими лишь при условии большого числа связей, а периферийные или отстающие — игнорировать. Тем самым расширение базы знаний, инновационности, конкурентоспособности и т. д. можно признать необходимым, но недостаточным: на пути превращения стран и регионов, не входящих в круг ведущих игроков, в привлекательных партнеров по РП или Европейской научно-иссле-

Рис. 2. Количество проектов регионального уровня



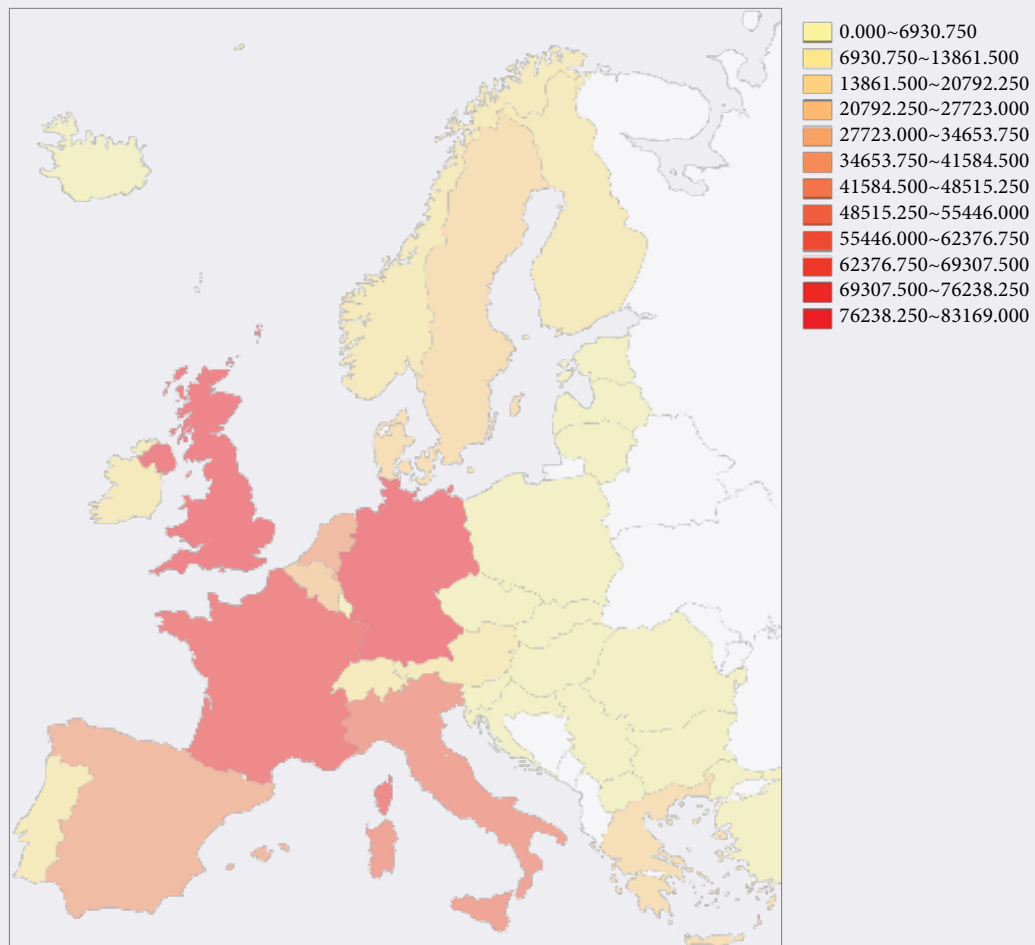
Источник: составлено авторами.

довательской сети по-прежнему стоят определенные барьеры.

В литературе также подчеркивают трудности интеграции в безмасштабные сети вследствие предпочтительного присоединения и «тесного мира» как проявлений закрытости групп (клик). Эти последние, как продемонстрировано в работах [Uzzi, Spiro, 2005; Fleming et al., 2007; Schilling, Phelps, 2007], характеризуются прочными внутренними связями, которые затрудняют распространение среди членов групп новой информации или представления о том, что существующие механизмы требуют замены. Отмеченное ранее возрастание величины средней степени означает, что способность стран и регионов (NUTS-2) к поддержанию связей друг с другом укрепляется. Анализ повторяющихся и уникальных связей между узлами показывает значительное превышение числа первых над вторыми, свидетельствующее о том, что вершины (регионы и страны) преимущественно предпочитают устанавливать связи с существующими узлами, а не с новыми.

В зависимости от точки зрения описанная ситуация может рассматриваться в положительном или отрицательном ключе. С одной стороны, речь идет о формировании каркаса РП или снижении транзакционных издержек между партнерами с участием ЕС, с другой — о реализации одними и теми же субъектами одних и тех же задач с применением различных инструментов и форм поддержки или о финансировании научной деятельности исследовательских организаций несколькими хорошо известными в мире компаниями. Этот процесс способствует укреплению устойчивости структуры, но в то же время сокращает потенциальные возможности новых участников. При вовлечении последних подобная относительно полузакрытая (в терминах «колеи») сеть может стать как избыточной (*redundant*), так и закрытой (*locked-in*) [Leonard-Barton, 1992]. Опоздавшие из числа организаций, регионов или стран столкнутся с трудностями при создании хабов из-за сетевых структур, которые могут усложнить переориентацию отношений в сети на более продуктивные исследовательские области.

Рис. 3. Связь интенсивности кооперации с географической удаленностью стран



Источник: составлено авторами.

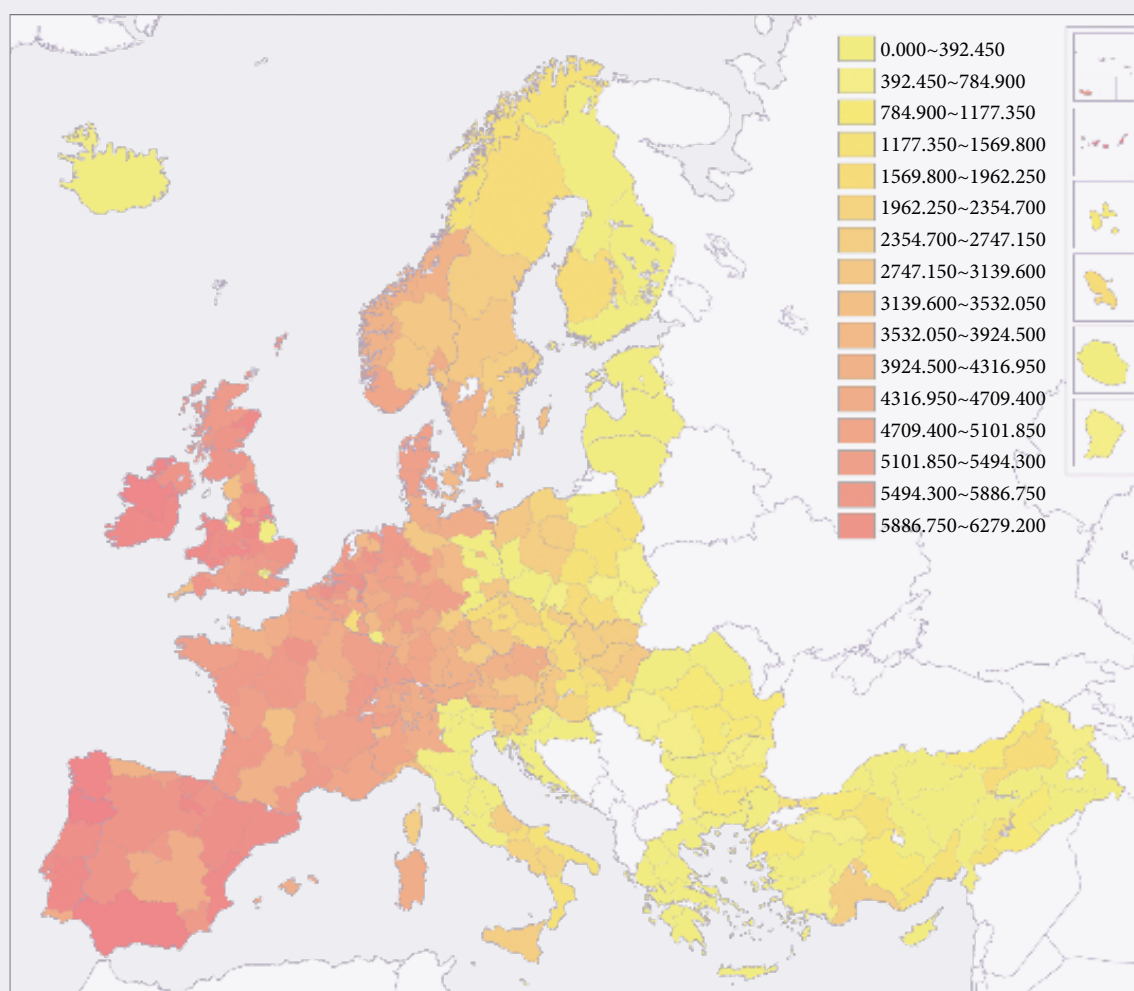
Сетевая структура, энтропия и инновационность

Согласно рассмотренному ранее подходу Л. Больцмана к понятию энтропии инновационный потенциал ниже, когда его ресурсы сосредоточены в одной организации, стране или регионе, и выше, если они экстерриториальны. Такие из них, как кадровые ресурсы, исследовательские системы, инвестиции фирм и т. д., неравномерно распределены между разными странами списка IUS 2013 г. Например, коэффициент инвестиций фирм, включающих сумму затрат бизнеса на ИиР и не связанных с ИиР затрат на инновации, за 2012 г. составил 0.287 в Италии и 0.417 в Бельгии. Таким образом, фирма, инвестирующая в ИиР и иные источники инноваций, с большей вероятностью будет находиться в Бельгии, чем в Италии. Распределение, как было сказано, не может быть изменено, согласно равномерному распределению вероятностей среди узлов. Вместе с тем, конкуренция между странами не допускает концентрации вероятностей, что оставляет единственно возможным распределение, на котором может быть основана стратегия.

Некоторые исследователи, в частности [Ahuja, 2000; Powell et al., 1996; Leoncini et al., 1996; Ter Wal, Boschma, 2011], полагают, что в качестве механизма обмена информацией, знаниями, ресурсами и т. д. связи в сети служат важными компонентами для новых комбинаций [Nelson, Winter, 1982] и инноваций. Позиция субъекта в ней признается значимым фактором в оценке его инновационности [Schilling, Phelps, 2007]. Влияя на структуру сети, политики могут не только расширять доступ к информации и знаниям, возможности субъектов и т. п., но и повышать инновационный потенциал последних [Singh, 2005].

Вслед за установлением связи между структурой сети, созданной в ходе реализации РП, и уровнем инновационности может быть оценена корреляция для сетей трех типов (табл. 4). Наибольшую корреляцию инновационность имеет со значением собственного вектора, обозначающего вес узла в сети как произведение его соединений, и со значениями степеней в сетях национального уровня либо в открытых и закрытых региональных сетях. Как следствие, ожидать перераспре-

Рис. 4. Связь интенсивности кооперации с географической удаленностью регионов



Источник: составлено авторами.

деления связей между странами для получения высоких значений степени и роста инновационности не имеет смысла. Инструментом политического регулирования может также служить собственное значение вектора. Включение узла с низким значением этого показателя позволяет не только привлечь к сотрудничеству новых предпочтительных партнеров, но также поддержать существующую степень распределения в интересах укрепления конкурентоспособности Европы.

Последний тезис подтверждается в работе [Demetrius, Manke, 2005], авторы которой заключают: «Хотя надежность определяется как устойчивость сети к изменению основных параметров, сетевая энтропия характеризует разнообразие вариантов ее развития». Топологическая энтропия невзвешенной и неориентированной сети (наподобие описанных в нашей статье) может быть рассчитана по формуле Колмогорова–Синяя через положительную корреляцию с наибольшим собственным значением, т. е. в случае сети, созданной в РП, наибольшее значение энтропии между всеми узлами должно

быть найдено и сопоставлено со значениями инновационности Европы. Коэффициент корреляции между ними исчезающе мал и составляет -0.052 .

Среднее значение центральности по собственному вектору с учетом аргумента, сформулированного в работе [Demetrius, Manke, 2005], коррелирует с коэффициентом инновационности, который составляет -0.8379 . Здесь действует обратная зависимость: чем ниже среднее значение центральности по собственному вектору, тем выше уровень инновационности. Структуру сети характеризует не только конфигурация узлов и секторов, но и взаимодействие компонентов институциональной инфраструктуры, описанное в работе [Kogut, 2000], где постулируется, что положение и связи узла определяют значение собственного вектора. Таким образом, возможно и целесообразно требовать от узлов (стран или регионов) изменить уже установленные связи, а учет собственного вектора может позволить интегрироваться в сеть узлам с низким значением данного показателя. При таком сценарии значение собственного

Табл. 4. Коэффициенты корреляции средних характеристик и инновационности сети

Закрытая сеть	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Степень	0.4729	0.3248	0.3429	0.4069	0.4483	0.4392
Центральность по посредничеству	0.2499	0.0213	0.2240	0.2593	0.3916	0.4507
Центральность по близости	0.4668	0.3365	0.3482	0.4296	0.4609	0.4497
Центральность по собственному вектору	0.4763	0.3238	0.3348	0.3912	0.4336	0.4167
Коэффициент кластеризации	-0.0307	-0.2151	-0.2730	-0.3759	-0.4265	-0.4755
Открытая сеть	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Степень	0.5967	0.5873	0.5807	0.5638	0.5690	0.5455
Центральность по посредничеству	0.4371	0.4054	0.4138	0.3793	0.3896	0.3739
Центральность по близости	0.5694	0.5519	0.5476	0.5383	0.5453	0.5246
Центральность по собственному вектору	0.5810	0.6078	0.6143	0.6047	0.6037	0.5694
Коэффициент кластеризации	-0.6782	-0.6573	-0.6328	-0.6154	-0.6226	-0.5905
Региональная сеть	2007		2009		2011	
Степень	0.5916		0.6445		0.6801	
Центральность по посредничеству	0.4131		0.4043		0.4262	
Центральность по близости	0.6474		0.6409		0.6734	
Центральность по собственному вектору	0.6135		0.6637		0.6949	
Коэффициент кластеризации	-0.0617		-0.2423		-0.4396	

Источник: расчеты авторов.

вектора обеих стран — с низким и высоким исходными значениями — будет меняться соответственно.

Выбор той или иной стратегии требует учета распределения собственного вектора каждого узла сети. Установлено соответствие между этими показателями и значением степенной зависимости сети на уровне корреляции 0.7888 при $p = 0.03$. Кроме того, существует обратная зависимость между значениями инновационности и степенной зависимостью с коэффициентом корреляции -0.5247 . В условиях развивающейся структуры мы не можем подменять показатели инновационности Европы параметрами сети, т. е. вместо определения того, кто будет ее создавать, процесс подачи заявки может быть дополнен простым правилом для более демократичного распределения (или более низкой степенной зависимости) и большей инновационности.

Еще одним интересным выводом стала связь между Европейской сетью исследований и инноваций и энтропией системы. Согласно концепции И. Пригожина и И. Стенгерс [Prigogine, Stengers, 1984], энтропия изолированной системы никогда не снижается в силу второго закона термодинамики и ведет к замыканию, или энтропийной смерти [Saviotti, 1988]. Среднее значение степени для нечленов, кандидатов и участников Европейской ассоциации свободной торговли (European Free Trade Association, EFTA), составляющее 969.71 за период 2006–2012 гг., доказывает, что Европейская сеть исследований и инноваций поддерживает связи с внешними партнерами. Однако это не более чем констатация очевидного. Важнее проанализировать отношения между Европейской сетью исследований и инноваций и значениями сте-

пени крупнейших конкурентов из перечня IUS 2013 г., в особенности динамику инновационности стран континента относительно значений степени каждого ключевого конкурента в последующем году (2006–2007, 2007–2008 и т. д.). Предполагается, что положительная корреляция доказывает благотворное влияние на инновационность в Европе связей между Европейской сетью исследований и инноваций и ведущими игроками и наоборот. Коэффициенты корреляции между показателями инновационности в Европе и потенциалом основных конкурентов приведены в табл. 5.

Согласно IUS 2013 г. США, Корея и Япония превосходят Европу в производительности, а Бразилия, Канада, Китай и Россия отстают. Приведенные коэффициенты

Табл. 5. Коэффициенты корреляции между динамикой средних значений инновационности в Европе и потенциалом основных конкурентов

Страны	Инновационность
Бразилия	0.87
Канада	0.78
Китай	0.02
Индия	—
Япония	-0.99
Южная Корея	-0.99
Россия	0.06
США	-0.89

Источник: расчеты авторов.

корреляции соответствуют заявленным в IUS 2013 г. и показывают положительную корреляцию Европы с Бразилией, Канадой, Китаем, Россией и отрицательную — с США, Кореей и Японией. Иными словами, анализ отношений с тремя конкурентами свидетельствует, что существующие стратегии и их реализация не столь выгодны Европе, как ожидалось.

Политические рекомендации

Двойная структура «конкуренция — интеграция», сложившаяся в ходе разработки концепции ЕИП, должна быть использована при ее реализации, чтобы в выигрыше оказались все члены ЕС, а не только наиболее успешные из них. Дискуссия вокруг ЕИП продемонстрировала, что процесс его создания далек от завершения [European Commission, 2012]. Европейская комиссия декларирует, что «ЕИП лежит в основе стратегии «Европа-2020» и Инновационного союза, а Европейский совет призвал завершить его строительство к 2014 г.» [European Commission, 2012]. Так или иначе, с реализацией этой инициативы связывают надежды не только на консенсус по вопросу проведения системно-инновационной политики, но и на устранение описанных выше разногласий.

Анализ связи между структурой сети, созданной в ходе РП, и показателями инновационности зафиксировал наибольшую корреляцию последней с собственным вектором и со значениями степени в национальных, а также в открытых и закрытых региональных сетях. Ожидать перераспределения связей между странами для повышения уровня их инновационности не приходится, что может вынудить Европейскую комиссию пересмотреть продолжительность поддержки, размер бюджета, объем финансирования проекта и типы его участников. Однако, поскольку сеть является развивающейся структурой, Европейская комиссия не должна определять состав участников проекта, даже с учетом того, что высокая кластеризация и низкая протяженность пути оказывают позитивное влияние на распространение информации и знаний, поэтому с точки зрения сотрудничества значение собственного вектора может рассматриваться как средство политическоего вмешательства.

В свете развивающейся структуры Европейской сети исследований и инноваций и важности существующих узлов, будь то страна или регион, для инновационности и конкурентоспособности континента Европейская комиссия вводит простое правило. Оно предполагает выдвижение ряда требований к узлам с низким значением собственного вектора при подаче ими заявки на участие в проектном консорциуме. Тем самым появляются свобода выбирать подобные форматы сетевого сотрудничества и возможность участвовать в них для узлов с низким коэффициентом инновационности. Для того чтобы обеспечить устойчивость инновационности ЕС и предотвратить снижение производительности системы, вопрос о принципах управления в условиях роста разнообразия должен быть переведен в политическую плоскость. Мы предлагаем использовать вычисление собственного вектора как простой, но эффективный

инструмент повышения уровня сотрудничества в стране или регионе для построения Инновационного союза, включая ЕИП. Участие в РП будет способствовать постепенному расширению базы знаний в периферийных и отстающих регионах. Однако есть ли негативная сторона их вовлечения в подобные проекты с точки зрения общей инновационности ЕС или стран и регионов — лидеров? Описанное правило не ограничивает игроков в создании совместных проектов с другими партнерами. Иными словами, узел с низким значением собственного вектора получит возможность вступить в консорциум, другие заявители которого руководствуются лишь свободной волей.

Проблема сотрудничества связана с вопросом конкурентоспособности ЕС. Существующих связей между узлами (странами и регионами) достаточно, чтобы доказать их способность к кооперации. Ключевые игроки, т. е. субъекты, заполняющие структурные пустоты, являются главными действующими лицами с точки зрения не только производства и разнообразия знаний, но и обмена ими между закрытыми и открытыми сетями или между ЕС и другими регионами мира. Тем не менее анализ отношений с тремя основными конкурентами показывает, что существующая политика и ее реализация далеко не столь выгодны, как обещали архитекторы Европейской сети исследований и инноваций. Данные об отрицательной корреляции между коэффициентом кластеризации и инновационностью и частично положительной — между показателями инновационности и количеством совместных проектов с важными конкурентами подтверждают значимость этих факторов для увеличения инновационности Европы. Вместо усилий по достижению высоких показателей кластеризации, которые также могут свидетельствовать о значительной, чрезмерной плотности связей между узлами, стирании различий и т. д., следует сконцентрироваться на заполнении структурных пустот как альтернативной стратегии повышения инновационности ЕС. Учитывая встроенность ключевых игроков в глобальные сети при низкой способности системы извлекать выгоды из конкуренции, логично предположить, что политики ЕС должны уделять больше внимания развитию разнообразия и потенциала освоения узлов для увеличения эффективности Европейской сети исследований и инноваций.

Несомненную важность представляет вопрос о том, какой инструмент или их набор наиболее релевантен указанным рекомендациям. Выбор политического инструментария влияет на формирование стратегии в той же мере, в какой этот последний является частью фактически проводимой политики. Структура и действенность инновационных стратегий и практических мер предопределяются широким спектром конечных целей — от экономических, таких как обеспечение роста, занятости и подавление инфляции, до социальных, экологических и оборонных. Выбор и внедрение подходящих инструментов зависят также от причин, по которым внимание исследователей и регулирующих органов привлекается к той или иной проблеме. Мы считаем, что причинами, вызвавшими к жизни

две упомянутые выше стратегические рекомендации (табл. 6), являются:

1. дисбаланс между узлами (странами и регионами Европы) в части накопления знаний, ресурсов и мощностей, препятствующий развитию и интеграции в рамках ЕИП и росту инновационности ЕС.
2. низкий уровень разнообразия и восприимчивости узлов, особенно ключевых игроков, сдерживающий повышение конкурентоспособности в ЕИП и сокращение разрыва с показателями инновационности важнейших конкурентов из списка IUS 2013 г., в частности США, Японии и Южной Кореи.

Регуляторные, экономические и финансовые механизмы и мягкие инструменты [Borrás, Edquist, 2013] инновационной политики служат важными средствами политического вмешательства государственных органов. В рамках системно-инновационного и сетевого подходов, рассматриваемых в данной статье, мы отобрали два таких инструмента. Один представляет собой рамочный нормативный документ, который соответствует классификации, предложенной в работе [Borrás, Edquist, 2013], и предусматривает включение узла с низким значением собственного вектора. Его назначение — в балансировке узлов проекта (стран и регионов Европы) в целях накопления знаний, мощностей и ресурсов для стимулирования интеграции и развития ЕИП, а также наращивания инновационности ЕС. Второй инструмент относится к категории мягких и состоит в использовании государственных закупок или государственно-частного партнерства для увеличения разнообразия и восприимчивости игроков, повышения конкурентоспособности ЕИП и уменьшения разрыва с конкурентами из перечня IUS 2013 г. — США, Японией и Южной Кореей — в сфере производства инноваций. Поскольку специфические и сложные проекты, выполняемые в рамках подряда или в партнерстве с государственными структурами, способствуют приросту научных знаний и расширению их возможностей, подобный подход лежит в русле заявленных стратегических целей.

В докладе [Barca, 2009] подчеркивается важность сочетания экзогенных и эндогенных факторов институциональных изменений в узлах (странах и регионах), тогда как инновационная политика, предусматривающая поддержку передового опыта, углубляет нера-

венство между ними. Политика сближения позволяет устранить дисбаланс между узлами, ключом к которому могут служить наши рекомендации по разработке институциональных инфраструктур в узлах, направленные на повышение интеграции и конкурентоспособности ЕИП и инновационности ЕС. Следуя концепции энтропии И. Пригожина, Европейская сеть исследований и инноваций черпает ресурсы для своего развития извне, наращивая эффективность управления связями с не входящими в ЕС странами, особенно с основными конкурентами. Вместе с тем подход, базирующийся на собственном векторе, позволяет стимулировать кооперацию, поощряя поглощение и распространение знаний среди узлов, особенно отстающих или периферийных. Тем самым можно не только снизить остроту политических проблем, порожденных воздействием глобализации на инновационные системы в Европе или сбоями в работе сети [Varblane et al., 2007], но и использовать глобальные механизмы для повышения эффективности работы систем инноваций на всех уровнях.

Вклад и будущие направления

По мнению некоторых авторов [Arnold, 2011; Weber, 2009; Richardson, 2000], необходимо навести мосты между сетевым анализом и разработкой стратегий, а установленную связь использовать для формирования и реализации политики. Потенциал сетевого анализа больше тех очевидных возможностей, которые представляют такие математические операции, как масштабирование сети, определение важности субъектов, увеличение количества проектов с их участием и т. д. Разработанная в рамках данного исследования методология обеспечит большую эффективность сетевого анализа при подготовке стратегических рекомендаций и послужит ответом на обоснованную критику, высказанную в научной литературе.

В нашей работе мы попытались предложить базу для двух типов исследований — связанных с сетевой интеграцией и с разработкой и внедрением стратегий. Первый тип включает изучение связей между ростом, интеграцией и инновациями в ЕС. Мы рассматриваем эти связи и рассчитываем внести вклад в их изучение вкпе с социальными и экономическими аспектами для дальнейшего развития исследований в области доверия, социального капитала и инноваций. Другое направление исследования — анализ структуры сети, положения субъектов в ней и производительности национальных и региональных узлов. В частности, поддержке формирования сети могут служить экспертиза структуры, оценка влияния ее производительности и т. д. либо РП в этой сфере.

Заключение

Европейская сеть исследований и инноваций, возникшая в ходе реализации общеевропейских стратегий и программ, была проанализирована нами с помощью стандартных методов сетевого анализа на трех уровнях

Табл. 6. Цели, инструменты и политика

		Цель	
		Интеграция	Конкурентоспособность
Инструмент	Регуляторный инструмент	Снижение разнообразия среди субъектов	
	Мягкий инструмент		Рост разнообразия и восприимчивости субъектов, заполняющих структурные пустоты
		Собственный вектор узла	Государственные закупки и/или частно-государственные партнерства

Источник: составлено авторами.

с точки зрения используемых ЕС механизмов поддержки ИиР. К оценке результатов и обсуждению систем инноваций в рамках проектов ЕС в области ЕИП и инновационности была применена концепция энтропии. С ее помощью было продемонстрировано, что сетевой анализ может не только использоваться для формулирования стратегических рекомендаций, но и служить одним из уникальных результатов данной работы. Применение методов систем инноваций и сетевых исследований при обсуждении и анализе инновационности ЕС позволило внести вклад в существующую дискуссию и предложить стратегические рекомендации.

Описанный подход позволил предложить две основные рекомендации. Во-первых, реализация простого правила по включению узла с низким значением собственного вектора в проект консорциума ЕС усиливает не только интеграцию ЕИП, но и инновационность

союза. Во-вторых, памятуя о развивающейся структуре Европейской сети исследований и инноваций и важности существующих узлов, будь то страна или регион, для инновационности континента в целом, существующие стратегии и их реализация оказались менее выгодными, чем предполагалось, в контексте отношений с тремя основными конкурентами — США, Японией и Южной Кореей. Политическому руководству ЕС следует уделять больше внимания развитию разнообразия и восприимчивости образующих структурные пустоты узлов, дабы извлекать большую выгоду из Европейской сети исследований и инноваций в интересах инновационности ЕС.

Авторы благодарят М.Т. Памукчу (M.T. Pamukcu), С. Акчомака (S. Akcokat) и И. Юзтунера (Y. Ustuner) за неоценимый вклад в создание основы исследования, а также сотрудников Департамента исследований науки, технологий и политики Ближневосточного технологического университета.

Библиография

- Ahuja G. (2000) Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study // *Administrative Science Quarterly*. Vol. 45. № 3. P. 425–455.
- Allen P.M. (2001) A complex systems approach to learning in adaptive networks // *International Journal of Innovation Management*. Vol. 5. № 2. P. 149–180. DOI: 10.1142/s136391960100035x.
- Andersen E.S. (1996) From static structures to dynamics: Specialisation and innovative linkages // *Economic Interdependence and Innovative Activity: An Input-Output Analysis* / Ed. C. de Bresson. Cheltenham, UK / Brookfield, US: Edward Elgar. P. 331–353.
- Andersen E.S. (1997) Innovation Systems: Evolutionary Perspectives // *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations* / Ed. C. Edquist. London / Washington: Pinter. P. 174–179.
- Archibugi D., Denni M., Filippetti A. (2009) The Global Innovation Scoreboard 2008: The Dynamics of the Innovative Performances of Countries. Rochester, NY: Social Science Research Network.
- Arnold E. (2011) Understanding the long-term impacts of the EU framework programme of research and technological development. Twente: University of Twente.
- Asheim B.T., Gertler M.S. (2005) The geography of innovation: Regional innovation systems // *The Oxford Handbook of Innovation* / Eds. J. Fagerberg, D.C. Mowery, R.R. Nelson. Oxford / New York: Oxford University Press. P. 291–317.
- Asheim B.T., Moodysson J., Tödtling F. (2011) Constructing Regional Advantage: Towards State-of-the-Art Regional Innovation System Policies in Europe? // *European Planning Studies*. Vol. 19. № 7. P. 1133–1139.
- Barca F. (2009) An Agenda for a Reformed Cohesion Policy: A Place-based Approach to Meeting European Union Challenges and Expectations. Brussels: Economics and Econometrics Research Institute (EERI).
- Bar-Yam Y. (2003) Dynamics of Complex Systems. Boulder, CO: Westview Press.
- Becattini G. (1990) The Marshallian industrial district as a socio-economic notion // *Industrial Districts and Inter-firm Cooperation in Italy* / Eds. F. Pyke, G. Becattini, W. Sengenberger. Geneva: International Institute for Labour Studies. P. 37–51.
- Borgatti S.P., Jones C., Everett M.G. (1998) Network measures of social capital // *Connections*. Vol. 21. № 2. P. 27–36.
- Borrás S., Edquist C. (2013) The Choice of Innovation Policy Instruments. Lund: Lund University, CIRCLE.
- Boltzmann L. (1974) The second law of thermodynamics. *Populare Schriften, Essay 3, address to a formal meeting of the Imperial Academy of Science, 29 May 1886*. Reprinted in Ludwig Boltzmann, *Theoretical physics and philosophical problem* (translated by S.G. Brush). Boston: Reidel (Original work published in 1886).
- Breschi S., Cusmano L. (2002) Unveiling the Texture of a European Research Area: Emergence of Oligarchic Networks under EU Framework Programmes. Milano: Università Bocconi.
- Camagni R. (1991) Local 'milieu', uncertainty and innovation networks: Towards a new dynamic theory of economic space // *Innovation Networks: Spatial Perspectives* / Ed. R. Camagni, London: Belhaven Press. P. 121–142.
- Camagni R., Capello R. (2013) Regional Innovation Patterns and the EU Regional Policy Reform: Toward Smart Innovation Policies // *Growth and Change*. Vol. 44. № 2. P. 355–389.
- Caracostas P., Muldur U. (1998) Society, the endless frontier: A European vision of research and innovation policies for the 21st century. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Carlsson B., Jacobsson S. (1997) Diversity creation and technological systems: A technology policy perspective // *Systems of Innovation: Technologies, Institutions, and Organizations* / Ed. C. Edquist. London / Washington: Pinter.
- Carlsson L. (2000) Policy Networks as Collective Action // *Policy Studies Journal*. Vol. 28. № 3. P. 502–520.
- Choi T.Y., Dooley K.J., Rungtusanatham M. (2001) Supply networks and complex adaptive systems: Control versus emergence // *Journal of Operations Management*. Vol. 19. № 3. P. 351–366.
- Clarysse B., Muldur U. (2001) Regional cohesion in Europe? An analysis of how EU public RTD support influences the techno-economic regional landscape // *Research Policy*. Vol. 30. № 2. P. 275–296.
- Cooke P. (1996) The new wave of regional innovation networks: Analysis, characteristics and strategy // *Small Business Economics*. Vol. 8. № 2. P. 159–171.
- Cowan R. (2004) Network models of innovation and knowledge diffusion. Maastricht: Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology.

- Das T.K., Teng B.-S. (2002) Alliance Constellations: A Social Exchange Perspective // *The Academy of Management Review*. Vol. 27. № 3. P. 445–456.
- DeBresson C., Amesse F. (1991) Networks of innovators: A review and introduction to the issue // *Research Policy*. Vol. 20. № 5. P. 363–379.
- Demetrius L., Manke T. (2005) Robustness and network evolution — An entropic principle // *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. Vol. 346. № 3–4. P. 682–696.
- Dye T.R. (2012) *Understanding Public Policy* (14th ed.). Boston: Pearson.
- European Commission (1995) Green Paper on Innovation (COM (95) 688 final, 20 December 1995). Brussels: European Commission.
- European Commission (1997) The first action plan for innovation in Europe. Innovation for growth and employment (COM (96) 589 final, 20 November 1996). Brussels: European Commission.
- European Commission (2000) Towards a European Research Area: Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM (2000)6). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Commission (2006) An Innovation-friendly, Modern Europe: Communication from the Commission to the European Council (COM(2006)589, 20 October 2006). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Commission (2010a) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Europe 2020 Flagship Initiative Innovation Union (COM(2010)546). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- European Commission (2010b) The role of community research policy in the knowledge-based economy: Post-2010 strategies for research policies. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- European Commission (2012) A Reinforced European Research Area Partnership for Excellence and Growth (COM(2012)392). Brussels: European Commission.
- Expert Group (2010) Interim Evaluation of the Seventh Framework Programme. Brussels: European Commission.
- Fagerberg J., Guerrieri P., Verspagen B. (eds.) (1999) *The Economic Challenge for Europe: Adapting to Innovation Based Growth*. Cheltenham / Northampton: Edward Elgar.
- Flap H., Bulder B., Beate V. (1998) Intra-organizational Networks and Performance: A Review // *Computational & Mathematical Organization Theory*. Vol. 4. № 2. P. 109–147.
- Fleming L., King C., Juda A.I. (2007) Small Worlds and Regional Innovation // *Organization Science*. Vol. 18. № 6. P. 938–954.
- Foray D. (2006) *Economics of knowledge*. Cambridge, MA; London: MIT.
- Foray D., Lundvall B.-A. (1996) *The Knowledge-Based Economy: From the Economics of Knowledge to the Learning Economy // Employment and Growth in the Knowledge-Based Economy*. Paris: OECD. P. 11–32.
- Foray D., van Ark B. (2007) Smart specialisation in a truly integrated research area is the key to attracting more R&D to Europe (Expert Group 'Knowledge for Growth', Policy Brief № 1). Brussels: European Commission.
- Freeman C. (1991) Networks of innovators: A synthesis of research issues // *Research Policy*. Vol. 20. № 5. P. 499–514.
- Gereffi G., Humphrey J., Sturgeon T. (2005) The governance of global value chains // *Review of International Political Economy*. Vol. 12. № 1. P. 78–104.
- Granovetter M. (1973) The Strength of Weak Ties // *American Journal of Sociology*. Vol. 78. № 6. P. 1360–1380.
- Hagedoorn J. (1990) Organizational modes of inter-firm co-operation and technology transfer // *Technovation*. Vol. 10. № 1. P. 17–30.
- Hagedoorn J. (1993) Understanding the rationale of strategic technology partnering: Interorganizational modes of cooperation and sectoral differences // *Strategic Management Journal*. Vol. 14. № 5. P. 371–385.
- Hakansson H. (1989) *Corporate Technological Behaviour: Cooperation Networks*. London / New York: Cengage Learning EMEA.
- Hoekman J., Frenken K., van Oort F. (2007) *Towards a European Research Area*. Rotterdam: NAi Publishers.
- Hyötyläinen R. (2000) *Development mechanisms of strategic enterprise networks: Learning and innovation in networks*. Espoo: Technical Research Centre of Finland.
- Kogut B. (2000) The network as knowledge: Generative rules and the emergence of structure // *Strategic Management Journal*. Vol. 21. № 3. P. 405–425.
- Kogut B., Zander U. (1992) Knowledge of the Firm, Combinative Capabilities, and the Replication of Technology // *Organization Science*. Vol. 3. № 3. P. 383–397.
- Latora V., Marchiori M. (2004) *The Architecture of Complex Systems*. Santa Fe: Santa Fe Institute. Режим доступа: http://www.w3.org/People/Massimo/papers/2002/architecture_book_02.pdf, дата обращения 15.09.2015.
- Leonard-Barton D. (1992) Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development // *Strategic Management Journal*. Vol. 13 (special issue). P. 111–125.
- Leoncini R., Maggioni M.A., Montresor S. (1996) Intersectoral innovation flows and national technological systems: Network analysis for comparing Italy and Germany // *Research Policy*. Vol. 25. № 3. P. 415–430.
- Lundvall B.-Å. (ed.) (1992) *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter.
- Lundvall B.-Å., Johnson B., Andersen E.S., Dalu B. (2002) National systems of production, innovation and competence building // *Research Policy*. Vol. 31. № 2. P. 213–231.
- Malerba F. (2004) *Sectoral Systems of Innovation: Concepts, Issues and Analyses of Six Major Sectors in Europe*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Malerba F., Vonortas N., Cassi L., Corrocher N., Wagner C. (2007) *Networks of Innovation in Information Society: Development and Deployment in Europe*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Marshall A. (1961) *Principles of Economics* (9th ed.). London / New York: Macmillan for the Royal Economic Society.
- Metcalfe S. (1995) *The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives // Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change / Ed. P. Stoneman*. Oxford, UK / Cambridge, MA: Blackwell. P. 409–512.
- Mowshowitz A. (1968) Entropy and the complexity of graphs: I. An index of the relative complexity of a graph // *The Bulletin of Mathematical Biophysics*. Vol. 30. № 1. P. 175–204.
- Nelson R.R., Winter S.G. (1982) *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press.
- Nishikawa T., Adilson E., Motter A.E., Ying-Cheng Lai Y.-C., Hoppensteadt F.C. (2003) Heterogeneity in oscillator networks: Are smaller worlds easier to synchronize? // *Physical Review Letters*. Vol. 91. № 1 (online publication). Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/10622587_Heterogeneity_in_Oscillator_Networks_Are_Smaller_Worlds_Easier_to_Synchronize, дата обращения 15.10.2015.

- Nooteboom B. (1992) Towards a dynamic theory of transactions. Tilburg: Tilburg University.
- Nooteboom B. (2000) Learning by Interaction: Absorptive Capacity, Cognitive Distance and Governance // *Journal of Management and Governance*. Vol. 4. № 1–2. P. 69–92.
- Nooteboom B. (2004) *Inter-Firm Collaboration, Learning and Networks: An Integrated Approach*. London / New York: Routledge.
- Nooteboom B. (2005) *Innovation, Learning and Cluster Dynamics*. Tilburg: Tilburg University, Center for Economic Research.
- Nooteboom B., Stam E. (2008) *Micro-Foundations for Innovation Policy*. Amsterdam: Amsterdam University Press.
- OECD (1992) *Technology and the economy: The key relationships*. Paris: OECD.
- Peterson J. (2003) *Policy Networks* (IHS Political Science Series: 2003. № 90). Vienna: Institute for Advanced Studies.
- Pietrobelli C., Rabelotti R. (2009) *Innovation Systems and Global Value Chains*. Bologna: Università di Bologna.
- Piore M., Sabel C. (1986) *The Second Industrial Divide: Possibilities for Prosperity* (reprint edition). New York: Basic Books.
- Powell W.W., Grodal S. (2005) *Networks of Innovators* // *The Oxford Handbook of Innovation* / Eds. J. Fagerberg, D.C. Mowery, R.R. Nelson. Oxford; New York: Oxford University Press. P. 56–85.
- Powell W.W., Koput K.W., Smith-Doerr L. (1996) Interorganizational Collaboration and the Locus of Innovation: Networks of Learning in Biotechnology // *Administrative Science Quarterly*. Vol. 41. № 1. P. 116–145.
- Prigogine I. (1976) *Order Through Fluctuation: Self-Organization and Social System* // *Evolution and Consciousness: Human Systems in Transition* / Ed. E. Jantsch. Reading, MA: Addison-Wesley. P. 93–130.
- Prigogine I., Stengers I. (1984) *Order out of chaos: Man's new dialogue with nature*. Toronto / New York: Bantam Books.
- Protogerou A., Caloghirou Y., Siokas E. (2010) *Policy-driven EU Research Networks: Impact on the Greek S&T System*. Copenhagen / Aalborg: Copenhagen Business School, Aalborg University.
- Richardson J. (2000) *Government, Interest Groups and Policy Change* // *Political Studies*. Vol. 48. № 5. P. 1006–1025.
- Roediger-Schluga T., Barber M.J. (2006) *The structure of R&D collaboration networks in the European Framework Programmes*. Maastricht: UNU-MERIT.
- Ruef M. (2002) Strong ties, weak ties and islands: Structural and cultural predictors of organizational innovation // *Industrial and Corporate Change*. Vol. 11. № 3. P. 427–449.
- Rycroft R.W. (2007) Does cooperation absorb complexity? Innovation networks and the speed and spread of complex technological innovation // *Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 74. № 5. P. 565–578.
- Saviotti P.P. (1988) Information, variety and entropy in technoeconomic development // *Research Policy*. Vol. 17. № 2. P. 89–103.
- Schilling M.A., Phelps C.C. (2007) *Interfirm Collaboration Networks: The Impact of Large-Scale Network Structure on Firm Innovation* // *Management Science*. Vol. 53. № 7. P. 1113–1126.
- Shannon C.E. (1948) *A Mathematical Theory of Communication* // *Bell System Technical Journal*. Vol. 27. № 3. P. 379–423. DOI: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
- Singh J. (2005) Collaborative Networks as Determinants of Knowledge Diffusion Patterns // *Management Science*. Vol. 51. № 5. P. 756–770.
- Soete L., Arundel A. (1993) *An integrated approach to European innovation and technology diffusion policy: A Maastricht memorandum*. Brussels / Luxembourg: Commission of the European Communities.
- Soh P.-H., Roberts E.B. (2003) *Networks of innovators: A longitudinal perspective* // *Research Policy*. Vol. 32. № 9. P. 1569–1588.
- Solé R.V., Valverde S. (2004) *Information theory of complex networks: On evolution and architectural constraints* // *Complex Networks* / Eds. E. Ben-Naim, H. Frauenfelder, Z. Toroczkai. Heidelberg: Springer-Verlag. P. 189–210.
- Storper M. (1997) *The Regional World: Territorial Development in a Global Economy*. New York: Guilford Press.
- Sturgeon T., Biesebroeck J.V., Gereffi G. (2008) Value chains, networks and clusters: Reframing the global automotive industry // *Journal of Economic Geography*. Vol. 8. № 3. P. 297–321.
- Tatikonda M.V., Rosenthal S.R. (2000) *Technology novelty, project complexity, and product development project execution success: A deeper look at task uncertainty in product innovation* // *IEEE Transactions on Engineering Management*. Vol. 47. № 1. P. 74–87.
- Ter Wal A.L.J., Boschma R. (2011) *Co-evolution of Firms, Industries and Networks in Space* // *Regional Studies*. Vol. 45. № 7. P. 919–933.
- Tsai W. (2002) *Social Structure of 'Coopetition' within a Multiunit Organization: Coordination, Competition, and Intraorganizational Knowledge Sharing* // *Organization Science*. Vol. 13. № 2. P. 179–190.
- Tsai W., Ghoshal S. (1998) *Social Capital and Value Creation: The Role of Intrafirm Networks* // *Academy of Management Journal*. Vol. 41. № 4. P. 464–476.
- Uzzi B., Spiro J. (2005) *Collaboration and Creativity: The Small World Problem* // *American Journal of Sociology*. Vol. 111. № 2. P. 447–504.
- Varblane U., Dyker D., Tamm D., von Tunzelmann N. (2007) *Can the National Innovation Systems of the New EU Member States Be Improved?* // *Post-Communist Economies*. Vol. 19. № 4. P. 399–416.
- von Hippel E. (1988) *The Sources of Innovation*. New York / Oxford: Oxford University Press.
- Wang B., Tang H., Guo C., Xiu Z. (2006) *Entropy Optimization of Scale-Free Networks Robustness to Random Failures* // *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*. Vol. 363. № 2. P. 591–596.
- Weber M., Paier M., Heller-Schuh B., Scherngell T., Barber M. (2009) *Evaluating R&D collaboration networks — Lessons from a comprehensive interdisciplinary modelling approach (Project № NEST-2006-028875 Network Models, Governance and R&D Collaboration Networks (NEMO), Deliverable D5.1)*. Vienna: AIT Austrian Institute of Technology GmbH.
- Wu J., Tan Y.-J., Deng H.-Z., Zhu D.-Z. (2010) *A new measure of heterogeneity of complex networks based on degree sequence* // *Unifying Themes in Complex Systems* / Eds. A. Minai, D. Braha, Y. Bar-Yam. Berlin / Heidelberg: Springer. P. 66–73.