



Идентификация национальной инновационной системы в глобализированной среде

С.И. Кравченко¹¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия)

Аннотация

Активизация инновационных процессов всегда требует наличия соответствующей благоприятной среды – эффективной национальной инновационной системы (НИС), которая предопределяет способность страны генерировать и внедрять различного рода новации. Однако формирование полноценной инновационной системы страны достаточно сложно, по крайней мере по двум причинам: из-за сугубо национальных особенностей функционирования основных агентов изменений, а также специфики современного мира, когда многие важные для нововведений процессы выходят за пределы отдельных стран, формируя глобализованную среду, наличие и специфика которой определяют потенциал и стратегические направления дальнейшего развития отдельной НИС. Предложенный в работе научно-методологический подход в целом опирается на гипотезу о целесообразности регулирования развития отдельной национальной инновационной системы с учетом ее принадлежности к определенному базовому типу, обуславливающему специфические особенности развития. Для его реализации использованы методы генетических алгоритмов, кластерного анализа и обучения нейросети. В рамках исследования выделены и интерпретированы четыре базовых типа НИС, которые имеют характерные особенности в контексте концепции четверной спирали развития. Для идентификации национальной инновационной системы построена нейронная сеть, что упрощает процесс моделирования развития. В качестве демонстрации дополнительных возможностей инструментария идентифицированы и проанализированы четыре наднациональных объединения стран. Практическая значимость результатов заключается в возможности проведения вариативных аналитико-прогнозных исследований в ходе обоснования оптимальных направлений дальнейшего развития национальной инновационной системы в разрезе общемировых и кластерных тенденций.

Ключевые слова: национальная инновационная система, генетический алгоритм, кластеризация, нейросетевая модель, базовый тип, регулирование, моделирование.

Для цитирования:

Кравченко С.И. (2021). Идентификация национальной инновационной системы в глобализированной среде. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(4): 335–343. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-4-335-343.

Identification of the national innovation system in a globalized environment

S.I. Kravchenko¹¹ Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Abstract

The activation of innovation processes always requires the presence of an appropriate enabling environment - an effective national innovation system (NIS), which determines the country's ability to generate and implement various kinds of innovations. However, the formation of a full-fledged country's innovation system is quite difficult, at least for two reasons: the presence of purely national features of the functioning of the main agents of change, as well as the specifics of the modern world, when many important processes for innovation go beyond individual countries, forming a globalized environment, the presence and the specifics of which determine the potential and strategic directions for the further development of each NIS. The scientific and methodological approach proposed in the paper is generally based on the hypothesis of the expediency of regulating a particular national innovation system development, taking into account its belonging to a certain basic type, which determines the specific features of development. For its implementation, the methods of genetic algorithms, cluster analysis, and neural network training were used. Within the framework of the study, four basic types of NIS were identified and qualitatively interpreted, which have characteristic features in the context of the quadruple helix concept of development. To identify the national innovation system, a neural network, which simplifies the modeling of its development, was built. As a demonstration of the additional possibilities of the toolkit, four supranational associations of countries have been identified and analyzed. The practical significance of the results lies in the possibility of conducting variable analytical and predictive studies in the course of substantiating the optimal directions for the further development of the national innovation system in terms of global and cluster trends.

Keywords: national innovation system, genetic algorithm, clustering, neural network model, basic type, regulation, modeling.

For citation:

Kravchenko S.I. (2021). Identification of the national innovation system in a globalized environment. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(4): 335-343. DOI: 10.17747/2618-947X-2021-4-335-343. (In Russ.)

Введение

Эффективность любой национальной инновационной системы в значительной степени обусловлена состоянием четырех основных ее комплексов: научно-образовательного (НО), государственно-политического (ГП), производственно-экономического (ПЭ) и социокультурного (СК), – формирующих единую экосистему в рамках концепции четверной спирали развития [Carayannis, Grigoroudis, 2016]. Изменение параметров функционирования любого из них как результат национальных политик, безусловно, сказывается и на состоянии других, и на общем результате, поскольку имеет место мутуализм – ситуация, при которой эффективность взаимодействия важна как для совместного функционирования, так и по отдельности. При этом взаимообусловленное развитие комплексов НИС сопровождается формированием совокупности многосторонних адаптаций (коадаптаций), оптимизирующих эти устойчивые взаимодействия.

Онтологическая сложность проблемы повышения эффективности НИС усугубляется тем, что в современном интегрированном мире многие важные для нововведений процессы выходят за пределы отдельных стран, формируя глобализованную среду, наличие и специфика которой определяют потенциал и стратегические направления дальнейшего развития каждой отдельной системы. То есть, сохраняя значительную степень самостоятельности, НИС каждой страны эволюционирует не только в рамках этой среды, но и вместе с ней. Таким образом, актуализируется гипотеза о существовании нескольких характерных базовых типов (образов) национальных инновационных систем, которые можно идентифицировать и к которым с определенной степенью приближения можно отнести все инновационные системы национальных экономик в мире. При этом каждый такой тип имеет свои устойчивые и уникальные черты, в значительной степени обуславливающие параметры поведения и возможности соответствующих НИС. Исходя из этого, развитие каждой отдельной национальной инновационной системы, с одной стороны, многовекторно из-за собственной идентичности, а с другой – может существенно ограничиваться межтиповыми особенностями.

Принимая во внимание сказанное, любые воздействия на развитие национальной инновационной системы должны учитывать не только особенности трансформации составляющих ее комплексов, но и характерные черты соответствующего базового типа, которые также трансформируются во времени и пространстве специфическим образом, обусловленным влиянием географических, экономических, социокультурных и других факторов. Именно учет типовой принадлежности позволяет правильно определить стратегические установки развития НИС и повысить эффективность ее регулирования.

Исследование национальных инновационных систем является популярным направлением последних лет. Так, основатели концепции НИС [Freeman, 1982; Metcalfe et al., 1988; Lundvall, 2007] полагают, что каждая такая система уникальна и неповторима, несмотря на ряд универсальных черт. Подобную точку зрения разделяют исследователи, которые в большей степени фокусируются на национальной специфике и ее динамике (см., например, [Datta et al., 2019]). Кроме того, акцент исследований распространен и на дру-

гие уровни, в том числе субнациональный (Кремниевая долина) [Saxenian, 1994], секторальный [Malerba et al., 2004], технологический [Carlsson, Jacobsson, 1997], региональный [Asheim et al., 2004], наднациональный [Jackson, 2014]. Также есть исследования, которые выделяют кластеры наднациональных инновационных систем, выходящих за пределы административных границ [Proksch et al., 2019]. Не меньший интерес в научно-практическом плане представляют таксономии [Godinho et al., 2005; Balzat, Pyka, 2006]: в первой работе анализируются 69 стран с различным регионом расположения и экономическим развитием, во второй – межнациональные особенности НИС восемнадцати развитых высокотехнологичных стран Организации экономического сотрудничества и развития. Отдельно следует выделить подходы, формирующие концептуальную основу для глобальных инновационных систем [Binz, Truffer, 2017].

В целом анализ ряда работ по этому направлению доказывает, что, несмотря на наличие различий в подходах и инструментах разных авторов, гипотеза существования базовых типов инновационных систем объективно обоснована и подтверждена эмпирическими наблюдениями.

Отдавая должное результатам существующих исследований по таксономии национальных инновационных систем, ввиду сложности, комплексности и широты понимания вопроса теоретические и практические аспекты решения проблемы не являются универсальными, так как в большинстве случаев ограничены спецификой целеполагания исследователей. В этой связи цель настоящей работы – предложить научный подход к типологизации национальных инновационных систем, способствующий решению ряда задач, связанных с идентификацией национальных инновационных систем, уточнением состава их базовых типов, анализом функционирующих наднациональных образований на предмет типовой принадлежности, а также моделированием развития.

1. Описание методологии исследования

Исходя из заявленной цели и ожидаемых результатов, методика исследования предполагает использование ряда экономико-математических методов, которые по исходному набору показателей позволяют:

- 1) установить подобие национальных инновационных систем и сформировать устойчивые кластеры, отвечающие определенным типам НИС, которые рассматриваются как базовые (материнские);
- 2) разработать инструментарий отнесения новых объектов исследования к соответствующим типам НИС.

В общем приближении процесс распознавания базовых типов национальной инновационной системы можно представить в таком виде (более подробно см. [Кравченко, 2019; Кравченко, Заниздра, 2019]):

- 1.1) обоснование классификационных признаков национальной инновационной системы (в основу положена концепция четверной спирали развития);
- 1.2) формирование репрезентативной выборки показателей (в исследовании в основу положены базы данных мировых рейтингов за разные годы: Глобальный индекс инноваций, Индекс глобальной конкурентоспособности,

Индекс человеческого развития. Кроме того, использовался Индекс готовности к будущему (международный дискуссионный клуб «Валдай» и Всероссийский центр изучения общественного мнения), данные Института статистики ЮНЕСКО, интернет-ресурса Travel Weather Averages, Международного энергетического агентства, Программы содействия управлению энергетическим сектором Всемирного банка и др. Первоначальная выборка состоит из 136 стран, параметры национальных инновационных систем которых характеризуют 148 качественных и количественных показателей в разрезе четырех классификационных признаков: НО, ПЭ, ГП и СК);

1.3) нормализация параметров выборки (для дальнейших корректных сравнений) производилась по правилу: большее значение стандартизированного показателя – более эффективное функционирование национальной инновационной системы. Таким образом, показатели были приведены в диапазон $[0, 1]$ (для последующего построения нейросети с бинарным типом данных);

1.4) каждый анализируемый показатель получил номер исходя из того, к какой классификационной группе (признаку) он относится. Далее полученный ряд был использован как целевая функция при отборе наиболее значимых для формирования кластеров стран (применен метод гене-

Таблица 1
Представители базовых типов НИС
Table 1
Representatives of NIS's basic types

НИС типа А Развитые страны с институтами преимущественно инклюзивного типа		НИС типа В Развивающиеся страны со смешанными экстрактивно-инклюзивными институтами с сильно выраженной социокультурной составляющей (преимущественно мусульманского и буддийско-индуистского типов)	
1. Австралия	14. Нидерланды	1. Азербайджан	11. Малайзия
2. Австрия	15. Новая Зеландия	2. Бахрейн	12. Оман
3. Бельгия	16. Норвегия	3. Бутан	13. Панама
4. Великобритания	17. США	4. Бруней-Даруссалам	14. Руанда
5. Германия	18. Финляндия	5. Индия	15. Саудовская Аравия
6. Дания	19. Франция	6. Индонезия	16. Таджикистан
7. Израиль	20. Швейцария	7. Иордания	17. Таиланд
8. Ирландия	21. Швеция	8. Китай	18. Чили
9. Исландия	22. Эстония	9. Кувейт	
10. Канада	23. Япония	10. Маврикий	
11. Республика Корея			
12. Люксембург			
13. Мальта			
НИС типа С Развитые и развивающиеся страны со смешанными экстрактивно-инклюзивными институтами с сильно выраженной неформальной составляющей (в том числе постсоветского типа)		НИС типа D Развивающиеся страны с институтами преимущественно экстрактивного типа	
1. Албания	15. Монголия	1. Алжир	33. Малави
2. Армения	16. Польша	2. Аргентина	34. Либерия
3. Болгария	17. Португалия	3. Бангладеш	35. Ливан
4. Босния и Герцеговина	18. Российская Федерация	4. Бенин	36. Мавритания
5. Венгрия	19. Румыния	5. Ботсвана	37. Мали
6. Греция	20. Сербия	6. Бразилия	38. Марокко
7. Грузия	21. Словакия	7. Бурунди	39. Мексика
8. Испания	22. Словения	8. Венесуэла	40. Мозамбик
9. Италия	23. Украина	9. Вьетнам	41. Намибия
10. Казахстан	24. Хорватия	10. Гаити	42. Непал
11. Кипр	25. Черногория	11. Гамбия	43. Нигерия
12. Латвия	26. Чехия	12. Гана	44. Никарагуа
13. Литва		13. Гватемала	45. Пакистан
14. Молдавия		14. Гвинея	46. Парагвай
		15. Гондурас	47. Перу
		16. Доминиканская Республика	48. Республика Чад
		17. Египет	49. Сальвадор
		18. Замбия	50. Сейшельские о-ва
		19. Зимбабве	51. Сенегал
		20. Иран	52. Сьерра-Леоне
		21. Йемен	53. Танзания
		22. Кабо-Верде	54. Тринидад и Тобаго
		23. Камбоджа	55. Тунис
		24. Камерун	56. Турция
		25. Кения	57. Уганда
		26. Киргизия	58. Уругвай
		27. Колумбия	59. Филиппины
		28. Конго	60. Шри-Ланка
		29. Коста-Рика	61. Эквадор
		30. Лаос	62. Эсватини
		31. Лесото	63. Эфиопия
		32. Мадагаскар	64. Южная Африка
			65. Ямайка

Источник: составлено автором.

тических алгоритмов). То есть решалась обратная задача: при определенном разбиении объектов на группы выбирались показатели, оказывающие наибольшее влияние на это разбиение. Таким образом, первичная матрица была оптимизирована (сокращена до 95 стран);

1.5) кластерный анализ усеченной/оптимизированной выборки (применен метод Уорда). Мера расстояния – квадрат евклидова расстояния. Уточнение количества кластеров производилось с использованием функционала качества – сумма квадратов расстояний до центра кластеров. При этом при разбиении на четыре кластера функционал составил 255, на пять – 235, на шесть – 254.

Для решения задачи отнесения новых объектов к базовым типам национальных инновационных систем построена нейросеть (подробнее см. [Кравченко, Заниздра, 2019]). Алгоритм ее формирования следующий:

2.1) сбор, анализ и стандартизация входных данных (в качестве данных была использована ранее описанная выборка из 136 стран и 148 показателей);

2.2) выбор архитектуры и определения структуры нейронной сети (многослойный перцептрон с одним скрытым слоем: 148–60–5);

2.3) обучение нейросети (использовалось 70% первичных параметров, оптимизированных методами генетических алгоритмов, определение обучающей выборки – 100-процентный результат);

2.4) тестирование и проверка нейронной сети (разбивка исходных данных: 15% для тестирования и 15% для проверки, при этом определение тестовой выборки соответствует 92,9% результата, проверочной – 85,7%, что свидетельствует о достаточно высоком качестве формирования сети).

2. Теоретическая и расчетная части

Кластерный анализ оптимизированной выборки из 95 стран с разным географическим расположением и уровнями развития национальных инновационных систем (научно-образовательный, производственно-экономический, государственно-политический и социокультурный комплексы которых характеризуются 148 показателями) позволил выделить пять кластеров. Однако углубленный анализ их состава показал, что один из них, самый малочисленный, включает страны, высокие показатели эффективности в которых достигаются за счет доходов рентного типа. Поэтому этот кластер (Объединенные Арабские Эмираты, САР Гонконг (Китай), Сингапур, Катар) в исследовании был исключен из таксономии. Таким образом, в итоге идентифицировано четыре базовых типа национальных инновационных систем.

С использованием построенной нейронной сети для стран, ранее признанных незначимыми для кластеризации и отсеянных методом генетических алгоритмов, был установлен базовый тип НИС. Полная информация о группировке 132 стран представлена в табл. 1.

В исследовании степень развитости/эффективности национальной инновационной системы анализируется в разрезе указанных выше четырех элементов спирали развития. В этой связи далее с целью объективизации анализа достижений разных стран дополнительно использовались обобщенные результаты трех мировых рейтингов: Глобальный

индекс инноваций (ГИИ), Индекс глобальной конкурентоспособности (GCI), Индекс человеческого развития (HDI). Данные этих рейтингов адаптированы к соответствующим выборкам стран: стандартизованы и обобщены в интегральный показатель (N_i) для каждой страны (табл. 2):

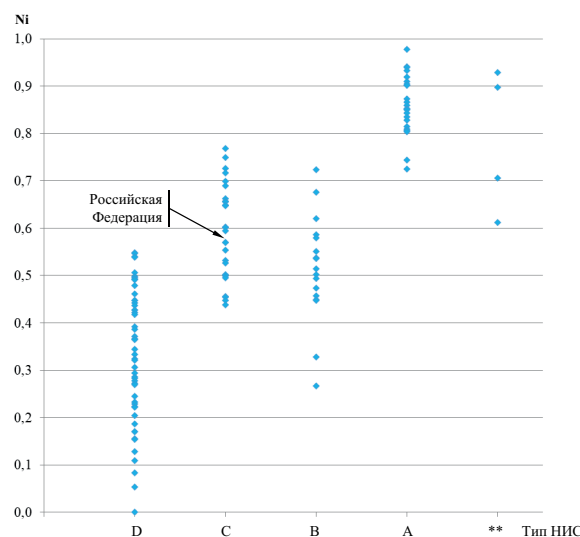
$$N_i = \sqrt[3]{GII_i^* \times GCI_i^* \times HDI_i^*},$$

где GII_i^* – стандартизированное значение ГИИ-рейтинга для i -й страны, GCI_i^* – стандартизированное значение GCI-рейтинга для i -й страны, HDI_i^* – стандартизированное значение HDI-рейтинга для i -й страны.

Такой подход призван обеспечить определенную сбалансированность оценки достижений разных стран в сфере инноваций, обращая внимание не только на эффективность усилий в этом направлении, но и на степень удовлетворенности общества достигнутыми результатами.

Мера обоснованности использования интегрального показателя (N_i) подтверждалась теснотой связи между ним и значениями рейтинга «Самые инновационные страны мира» (по версии Bloomberg) с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена в 60 странах. Этот непараметрический метод характеризует связи между переменными, измеряемыми ранговой шкалой (объем выборки обусловлен наличием опубликованных указанным агентством данных). Принимая во внимание указанное и тот факт, что анализируемая выборка включает более 130 стран, а отдельные рейтинги (например, Bloomberg) – меньше, далее в сравнительном анализе экономик в основном использовались результаты интегрального показателя (N_i). Графическая интерпретация результатов кластеризации и ранжирования стран на его основе представлена на рис. 1.

Рис. 1. Графическая интерпретация результатов ранжирования стран в разрезе базовых типов НИС
Fig. 1. Graphical interpretation of the countries ranking results by NIS's basic types



Примечания: 1. Ранжирование стран осуществлено по показателю (N_i) по состоянию на 2020 год.

2. ** – богатые страны с экономикой рентного типа (представлены справочно).

Источник: построено автором.

Обобщая полученную информацию, можно сделать общие выводы:

- в рамках выделенных типов НИС (кроме стран, исключенных из типологии) отмечается тесная однородность экономик;
- верхняя треть рейтинга в основном представлена развитыми странами типа А, которых снизу «подпирают» лидеры стран НИС типа В и С;
- нижняя треть рейтинга практически полностью представлена развивающимися странами с институтами преимущественно экстрактивного типа (НИС типа D).

Для дальнейшего более углубленного анализа специфики отдельных кластеров дополнительно использовались следующие данные Глобального индекса инноваций [Global Innovation Index, 2021]:

- продуктивность инноваций на разных уровнях дохода (Innovation performance at different income levels) в разрезе ожиданий уровня инновационного развития экономики страны и уровня доходов (Income);
- коэффициент эффективности инноваций (Innovation Efficiency Ratio) – отношение показателя «субиндекс отдачи от инноваций» (Innovation Output Sub-Index) к значению «субиндекс обеспечения инноваций» (Innovation Input Sub-Index).

В соответствии с разработанной таксономией национальная инновационная система России относится к типу «Развитые страны с сильными неформальными институтами, в том числе постсоветского типа». Этот кластер включает еще 25 различных стран – как экономически развитых и инновационных (например, Испанию, Чехию, Италию и т.д.), так и со средним и ниже среднего уровнем развития, а также со слабыми НИС (Албанию, Монголию и т.д.) (табл. 2).

Анализируя данные табл. 2, следует отметить ряд моментов, дополнительно характеризующих НИС типа С:

- базовый тип характеризуется относительно хорошей продуктивностью инноваций по уровню развития (в разрезе данных рейтинга «Глобальный индекс инноваций»): около 2/3 стран-представителей, в том числе и Российская Федерация, имеют продуктивность на уровне «в соответствии с ожиданиями», пять стран (Болгария, Молдавия, Монголия, Чехия и Украина) – «выше ожиданий» и только четыре – ниже (см. столбец 7 табл. 2);

Таблица 2

Характеристика НИС базового типа С «Развитые и развивающиеся страны со смешанными экстрактивно-инклюзивными институтами с сильно выраженной неформальной составляющей (в том числе постсоветского типа)»

Table 2

Characteristics of the NIS's basic type C «Developed and developing countries with mixed extractive-inclusive institutions with a strongly pronounced informal component (including the Post-Soviet type)»

Страна	Позиция страны в рейтинге			N _i	Коэффициент эффективности инноваций	Продуктивность инноваций
	ГИ-2020 (всего 132 страны)	GCI-2019 (всего 141 страна)	HDI-2019 (всего 189 стран)			
Испания	30	23	25	0,916	0,663	2
Чехия	24	32	27	0,900	0,823	1
Италия	29	30	29	0,845	0,738	2
Словения	32	35	22	0,841	0,617	2
Кипр	28	44	33	0,767	0,759	2
Португалия	31	34	38	0,753	0,673	2
Польша	40	37	35	0,686	0,607	2
Литва	39	39	34	0,682	0,594	3
Латвия	38	41	37	0,638	0,626	2
Венгрия	34	47	40	0,630	0,701	2
Словакия	37	42	39	0,629	0,722	2
Болгария	35	49	56	0,546	0,833	1
Греция	47	59	32	0,527	0,494	3
Российская Федерация	45	43	52	0,497	0,569	2
Хорватия	42	63	43	0,486	0,585	2
Румыния	48	51	49	0,456	0,611	3
Черногория	50	73	48	0,402	0,591	2
Сербия	54	72	64	0,360	0,563	2
Грузия	63	74	61	0,313	<i>0,443</i>	2
Армения	69	69	<i>81</i>	0,289	0,707	2
Украина	49	85	74	0,254	0,798	1
Казахстан	79	55	51	0,185	<i>0,346</i>	3
Молдавия	64	86	90	0,139	0,687	1
Босния и Герцеговина	75	92	73	<i>0,119</i>	0,447	2
Монголия	58	<i>102</i>	99	<i>0,000</i>	0,626	1
Албания	<i>84</i>	81	69	<i>0,000</i>	<i>0,404</i>	2
Среднее значение	47	56	50	0,495	0,624	–

Примечания: 1. Ранжирование стран осуществлено по показателю (N_i), полужирным шрифтом обозначены три наибольших значения показателей, курсивом – три наименьших.

2. Продуктивность инноваций: 1 – выше ожиданий, 2 – в соответствии с ожиданиями, 3 – все остальные.

Источник: рассчитано и построено автором на основе [Global Competitiveness Report, 2020; Human Development Index, 2020; Global Innovation Index, 2021].

- результативность национальных инновационных систем, представляющих этот тип, по показателю «коэффициент эффективности инноваций» ниже, чем у стран с НИС типа А, при этом половина стран, входящих в кластер, имеет величину этого показателя ниже средней по кластеру – 0,624 (см. столбец 6 табл. 2);
- в топ-60 от Bloomberg 2021 Innovation Index [Jamrisko et al., 2021] входят 17 стран из 26, при этом 6 из них (в том числе и Россия) имеют показатели выше среднего;
- лидерами анализируемого кластера стран в целом можно считать Испанию, Чехию и Италию (исходя из обобщения полученных результатов проведенного ранжирования с учетом сбалансированности рассматриваемых параметров инновационного развития).

Россия во всех трех рассматриваемых рейтингах (GPI-2020, GCI-2019, HDI-2019) в общемировом разрезе входит в первую треть списков (табл. 2, столбцы 2–4), однако в кластерном разрезе (среди стран базового типа С с подобным типом инновационного развития) демонстрирует позиции на уровне средних, в том числе и по обобщенному показателю (N_i) (табл. 2, столбец 5). Очевидно, такое положение обусловлено присутствием в мировых рейтингах заведомо более слабых стран. Среди важных направлений дальнейшего развития в инновационной сфере следует отметить необходимость корректировки соотношения «вклад/результат от инноваций» (Innovation Output и Innovation Input), так как значение показателя «коэффициент эффективности инноваций» у России ниже среднего по кластеру (табл. 2, столбец 6).

Таким образом, для повышения степени обоснованности результатов моделирования инновационного развития особый интерес представляет не только распределение отдельных стран на лидеров и аутсайдеров в мировом разрезе, но и в каждом базовом типе НИС. Именно понимание полной картины происходящего позволит оценить современное реальное состояние НИС. При этом для любой страны могут рассматриваться два возможных подхода к инновационному развитию в дальнейшем: или ориентир на опыт лидеров своего базового типа НИС (имеющих схожую специфику развития), или стремление к мировым лидерам (условия и характер развития которых существенно отличаются). Очевидно, что во втором случае понадобится гораздо больше ресурсов (в том числе временных).

В целом использование описанного научно-методического подхода позволяет решать задачи моделирования таких многомерных явлений, как особенности функционирования отдельных национальных инновационных систем, и прогнозировать эволюцию их типов. Уточненная в общемировом и типовом/кластерном разрезе информация может представлять научно-практический интерес при выявлении характерных особенностей различных типов НИС, а также обосновании стратегических направлений дальнейшего их развития.

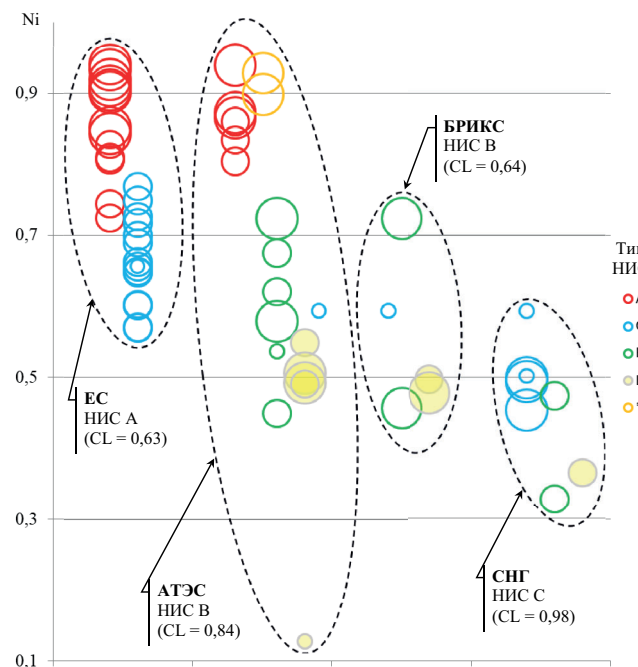
Отдельно следует отметить, что предложенный инструментарий также позволяет анализировать уже существующие

наднациональные образования и прогнозировать особенности формирования новых. Так, например, в ходе исследования были охарактеризованы несколько наднациональных объединений/союзов¹:

- Европейский союз (ЕС) – международное образование 28 европейских государств, которое сочетает признаки меж- и сверхдержавности, однако юридически не является ни тем, ни другим (ЕС насчитывает около 500 млн жителей, доля в мировом ВВП, ППС в 2018 году составляла около 23%);
- Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество (АТЭС) – объединяет 21 экономику соответствующего региона с целью обеспечения экономического роста и укрепления сообщества в области торговли, а также облегчения инвестиционных процессов (на страны-участницы приходится около 40% мирового населения, доля в мировом ВВП, ППС в 2018 году составляла около 53%);
- БРИКС – включает пять стран: Бразилию, Россию, Индию, Китай, Южно-Африканскую Республику (долевое участие в мировом ВВП, ППС в 2018 году составляло около 33%).
- Содружество Независимых Государств (СНГ) – международный договор, который регулирует сотрудни-

Рис. 2. Результаты идентификации нейросетью отдельных наднациональных образований стран

Fig. 2. The neural network identification results of countries individual supranational formations



Примечания: 1. Страны ранжированы по интегральному показателю (N_i).

2. CL – уровень доверия (confidence level) нейросети.

3. Диаметр пузыря – продуктивность инновационного развития: от «ниже ожидаемого уровня» (малый диаметр) до «выше ожидаемого уровня» (большой диаметр).

Источник: разработано автором.

¹ Основные союзы мира (2020). EconomicData.ru. <https://www.economicdata.ru/union.php?menu=world-unions>.

чество между отдельными государствами из состава бывшего СССР (в странах-участницах проживает около 300 млн населения, доля в мировом ВВП, ППС в 2018 году составляла около 4%).

С этой целью на базе выборки данных, использованной для кластеризации, сформированы усредненные параметры функционирования указанных объединений (по 148 показателям), которые в дальнейшем идентифицированы нейросетью. Визуализация результатов приведена на рис. 2.

Полученные результаты можно свести к следующему:

- все страны Европейского союза достаточно успешны в своем инновационном развитии, поскольку интегральный показатель (N_i) не опускается ниже 0,57 (средняя величина – 0,75). Это наиболее успешный результат среди анализируемых объектов. Практически все входящие в ЕС страны характеризуются высокой продуктивностью инновационного развития – на уровне ожиданий и выше (около 30%). По данным исследования, ЕС в значительной степени имеет признаки базового типа А, несмотря на то что НИС многих стран относятся к типу С;
- АТЭС (включает страны со всеми типами НИС) в целом является менее успешным, чем Европейский союз: разброс показателя (N_i) значительнее – от 0,13 до 0,94, при этом среднее его значение составляет 0,67. Большая часть стран имеет продуктивность инновационного развития на уровнях «в соответствии с ожиданиями» и «выше ожиданий». С высоким уровнем доверия объединение распознается как базовый тип В;
- БРИКС – значение среднего интегрального показателя (N_i) для этого объединения стран составляет 0,55 (при незначительном разбросе). Практически все страны обладают продуктивностью инноваций на уровне ожиданий и выше. С допустимым уровнем доверия нейросеть определяет объект как базовый тип В. Скорее всего, это обусловлено присутствием экономик Китая и Индии, которые вместе с ЮАР (по данным индекса GPI) имеют уровень продуктивности инновационного развития выше ожидания;
- объединение стран, входящих в СНГ, является менее успешным: показатель N_i – на уровне 0,46, уровень продуктивности инноваций у трети стран – ниже ожидаемого. Нейросеть распознает как объект с явными признаками типа С.

Заключение

Современная регионализация центров политического тяготения носит культурно-технологический характер, что ведет к формированию транснациональных инновационных экосистем, которые необязательно занимают смежные в пространстве территории. Такие экосистемы могут охватывать разные регионы мира, так как объединяют людей и территории, исторически имеющих общие ценности, социокультурные черты и технико-технологические нормы. Так, например, вследствие колонизации Австралия культурно и технологически стала частью западного мира, хотя географически существенно отдалена от Западной Европы и Северной Америки. В этой связи принципиально важное

значение для понимания особенностей развития национальных инновационных систем приобретает концепция четырехзвенной спирали инноваций, которая наряду с наукой, промышленностью и властью также учитывает эволюционные и социокультурные аспекты развития общества.

Предложенный в работе научно-методологический подход в целом опирается на гипотезу о целесообразности регулирования развития отдельной национальной инновационной системы с учетом ее принадлежности к определенному базовому типу, имеющему специфические особенности развития. В этой связи в работе идентифицированы четыре базовых типа НИС, которые имеют характерные особенности (пространственно-исторические, ресурсные и пр.), обуславливающие возможности и поведение стран в отношении к нововведениям.

Контуры отдельного типа национальной инновационной системы вполне реальны, однако широки и гибки (допускают пересечение с другими) и, таким образом, возможно множество вариантов развития событий. В этой связи векторы развития НИС отдельной страны естественно разнообразны, однако могут существенно ограничиваться типовой спецификой функционирования. Эту особенность обязательно учитывать при разработке отдельных национальных стратегий, направленных на активизацию инновационной деятельности.

Разработанный инструментарий предназначен для анализа и моделирования развития НИС с учетом типовых особенностей, его использование направлено на повышение степени обоснованности стратегических решений. С его помощью установлено, что национальная инновационная система России относится к базовому типу «Развитые и развивающиеся страны со смешанными экстрактивно-инклюзивными институтами с сильно выраженной неформальной составляющей (в том числе постсоветского типа)». Результаты ее функционирования (согласно проанализированным статистическим данным) могут быть улучшены. При этом возможны два подхода к корректировке инновационного развития: или укрепление позиций, ориентируясь на опыт стран своего типа НИС (имеют похожую специфику развития), или следование за мировыми лидерами (условия и характер развития которых существенно отличаются). Очевидно, что во втором случае необходимо будет мобилизовать гораздо больше ресурсов и усилий.

В качестве демонстрации дополнительных возможностей инструментария идентифицированы и проанализированы четыре наднациональных объединения стран (ЕС, АТЭС, БРИКС и СНГ). Отмечена относительная эффективность ЕС как наднационального образования на фоне других.

Характерными особенностями, отличающими авторские подходы от существующих, является сочетание методов генетических алгоритмов и кластерного анализа для получения репрезентативной выборки национальных инновационных систем, разных по уровню экономического развития, географическому расположению и доминирующим институтам. Однако их ограничением является необходимость привлечения больших данных для проведения анализа, а также размытые (движущиеся) границы между разными базовыми типами НИС, непостоянные в долгосрочной перспективе. В этой связи дальнейшую идентификацию и распределение

конкретных национальных инновационных систем между определенными базовыми типами предлагается выполнять на основе нейросетевого моделирования. Полученная сетевая модель способна накапливать экспериментальные знания, учиться на них и с высоким качеством относить новые объекты анализа к соответствующим кластерам.

Практическая значимость представленных результатов исследования заключается в возможности проведения вариативных аналитико-прогнозных исследований в ходе обоснования оптимальных направлений дальнейшего развития национальной инновационной системы в разрезе общемировых и кластерных тенденций.

Литература

1. Кравченко С.И. (2019). Регулирование национальной инновационной системы в глокализационном аспекте. *Экономика промышленности*, 4(88): 58–74.
2. Кравченко С.И., Заниздра М.Ю. (2019). Типологизация базовых наднациональных инновационных систем. *Экономика промышленности*, 1(85): 5–29.
3. Asheim B., Gertler M., Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (2004). *Regional systems of innovation. The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
4. Balzat M., Pyka A. (2006). Mapping national innovation systems in the OECD area. *International Journal of Technology and Globalisation*, 2(1–2): 158–176.
5. Binz C., Truffer B. (2017). Global innovation systems – A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. *Research Policy*, 46(7): 1284–1298.
6. Carayannis E., Grigoroudis E. (2016). Quadruple innovation helix and smart specialization: Knowledge production and national competitiveness. *Foresight and STI Governance*, 10(1): 31–42.
7. Carlsson B., Jacobsson S. (1997). *In search of a useful technology policy – general lessons and key issues for policy makers. Technological Systems and Industrial Dynamics*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
8. Datta S., Saad M., Sarpong D. (2019). National systems of innovation, innovation niches, and diversity in university systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 143: 27–36.
9. Freeman C. (1982). *Technological Infrastructure and International Competitiveness*. http://redesist.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0079_Freeman.pdf.
10. *Global Competitiveness Report* (2020). World Economic Forum. <http://reports.weforum.org/>.
11. *Global Innovation Index* (2021). Geneva: World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2021/.
12. Godinho M., Mendonça S., Pereira T. (2005). Towards a taxonomy of innovation systems. *Working Papers Department of Economics*, 2005/13. Lisbon: ISEG – Lisbon School of Economics and Management, Department of Economics, Universidade de Lisboa.
13. *Human Development Index* (2020). United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/en>.
14. Jackson P.C. (2014). Towards a regional (supra-national). *Innovation System for CARICOM Countries*. Kingstown, Vincent and the Grenadines: Science and Technology Unit, Government of St. Vincent and the Grenadines. https://www.academia.edu/2473274/Towards_a_Regional_Supra-national_Innovation_System_for_CARICOM_Countries.
15. Jamrisko M., Lu W., Tanzi A. (2021). South Korea leads world in innovation as U.S. exits top ten. *Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-03/south-korea-leads-world-in-innovation-u-s-drops-out-of-top-10>.
16. Lundvall B.-A. (2007). National innovation systems – Analytical concept and development tool. *Industry and Innovation*, 14(1): 95–119.
17. Malerba F., Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (2004). *Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs Across Sectors. The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.
18. Metcalfe S., Dosi G., Freeman C., Nelson R. (1988). *The diffusion of innovations: An interpretative survey. Technology and economic theory*. London: Pinter.
19. Proksch D., Busch-Casler J., Haberstroh M.M., Pinkwart A. (2019). National health innovation systems: Clustering the OECD countries by innovative output in healthcare using a multi indicator approach. *Research Policy*, 48(1): 169–179.
20. Saxenian A. (1994). *Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and route 128*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

References

1. Kravchenko S.I. (2019). Regulation of the national innovation system in the glocalization aspect. *Economy of Industry*, 4(88): 58–74. (In Russ.)
2. Kravchenko S.I., Zanizdra M.Yu. (2019). Typology of basic supranational innovative systems. *Economy of Industry*, 1(85): 5–29. (In Russ.)
3. Asheim B., Gertler M., Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (2004). *Regional systems of innovation. The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, Oxford University Press.
4. Balzat M., Pyka A. (2006). Mapping national innovation systems in the OECD area. *International Journal of Technology and Globalisation*, 2(1–2):158–176.

5. Binz C., Truffer B. (2017). Global innovation systems - A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. *Research Policy*, 46(7): 1284-1298.
6. Carayannis E., Grigoroudis E. (2016). Quadruple innovation helix and smart specialization: Knowledge production and national competitiveness. *Foresight and STI Governance*, 10(1): 31-42.
7. Carlsson B., Jacobsson S. (1997). *In search of a useful technology policy - general lessons and key issues for policy makers. Technological Systems and Industrial Dynamics*. Boston, Kluwer Academic Publishers.
8. Datta S., Saad M., Sarpong D. (2019). National systems of innovation, innovation niches, and diversity in university systems. *Technological Forecasting and Social Change*, 143: 27-36.
9. Freeman C. (1982). *Technological Infrastructure and International Competitiveness*. http://redesist.ie.ufrj.br/globelics/pdfs/GLOBELICS_0079_Freeman.pdf.
10. *Global Competitiveness Report* (2020). World Economic Forum. <http://reports.weforum.org/>.
11. *Global Innovation Index* (2021). Geneva, World Intellectual Property Organization. https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2021/.
12. Godinho M., Mendonça S., Pereira T. (2005). Towards a taxonomy of innovation systems. *Working Papers Department of Economics*, 2005/13. Lisbon, ISEG - Lisbon School of Economics and Management, Department of Economics, Universidade de Lisboa.
13. *Human Development Index* (2020). United Nations Development Programme. <http://hdr.undp.org/en>.
14. Jackson P.C. (2014). Towards a regional (supra-national). *Innovation System for CARICOM Countries*. Kingstown, Vincent and the Grenadines: Science and Technology Unit, Government of St. Vincent and the Grenadines. https://www.academia.edu/2473274/Towards_a_Regional_Supra-national_Innovation_System_for_CARICOM_Countries.
15. Jamrisko M., Lu W., Tanzi A. (2021). South Korea leads world in innovation as U.S. exits top ten. *Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-03/south-korea-leads-world-in-innovation-u-s-drops-out-of-top-10>.
16. Lundvall B.-A. (2007). National innovation systems - Analytical concept and development tool. *Industry and Innovation*, 14(1): 95-119.
17. Malerba F., Fagerberg J., Mowery D., Nelson R. (2004). *Sectoral Systems: How and Why Innovation Differs Across Sectors. The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, Oxford University Press.
18. Metcalfe S., Dosi G., Freeman C., Nelson R. (1988). The Diffusion of Innovations: An Interpretative Survey. *Technology and economic theory*. London, Pinter.
19. Proksch D., Busch-Casler J., Haberstroh M.M., Pinkwart A. (2019). National health innovation systems: Clustering the OECD countries by innovative output in healthcare using a multi indicator approach. *Research Policy*, 48(1): 169-179.
20. Saxenian A. (1994). *Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and route 128*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Информация об авторе

Сергей Иванович Кравченко

Доктор экономических наук, профессор, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия). SPIN-код РИНЦ: 8606-3176, Author ID: 110508, ORCID ID: 0000-0001-8391-0445, Researcher ID: E-1397-2017, Scopus Author ID: 57208315814.

Область научных интересов: инвестиционная и инновационная деятельность, национальные инновационные системы, управление наукой и образованием, управление изменениями.

SKravchenko@fa.ru

About the author

Sergey I. Kravchenko

Doctor of economics, professor, Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russian Federation). SPIN-code: 8606-3176, Author ID: 110508, ORCID ID: 0000-0001-8391-0445, Researcher ID: E-1397-2017, Scopus Author ID: 57208315814.

Research interests: investment and innovation, national innovation systems, science and education management, change management.

SKravchenko@fa.ru

Статья поступила в редакцию 10.10.2021; после рецензирования 28.10.2021 принята к публикации 7.11.2021. Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 10.10.2021; revised on 28.10.2021 and accepted for publication on 7.11.2021. The authors read and approved the final version of the manuscript.