

УДК 51-74

DOI: [10.26102/2310-6018/2020.30.3.015](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2020.30.3.015)

Определение критической массы ядра нефтедобывающего кластера с использованием теории графов

Л.В. Кожемякин

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Российская Федерация*

Резюме: Несмотря на то, что кластерный подход достаточно распространен в научных работах вопросы формирования, развития и оценки эффективности кластерно-сетевых взаимодействий остаются нерешёнными. Актуальность исследования обусловлена тем, что при оптимальном механизме кластерно- сетевого подхода появляется возможность максимизации прибыли участников кластерно-сетевых связей, тем самым увеличивая налоговые поступления в бюджет, обеспечивая рост ВРП региона. В связи с этим, в данной работе рассматривается один из элементов кластерно-сетевых подходов как инструмент управления региональным развитием регионов, ориентированных на добывающую отрасль. Рассматриваемый подход позволяет выработать и осуществить эффективные инструменты стимулирования развития социально-экономической системы региона и организаций. Под управлением понимается вариативность структурных сдвигов секторальной экономики путем перераспределения ключевых подотраслей. В данной работе используется теория графов для определения критической массы ядра кластера. В работе уделяется внимание ядру кластера и его критической массе как одному из показателей механизма кластерной политики. Под критической массой будем понимать развитие кластерно-сетевых связей участников кластеров. Выдвинута гипотеза о влиянии критической массы ядра на возможность и целесообразность к сдвигам в секторе добывающей промышленности таким образом, что изменения конечных элементов графа, поставленные в соответствие с подотраслями, ведет к существенным изменениям конъюнктуры самой отрасли. Материалы статьи представляют практическую ценность для участников кластерно-сетевых взаимодействий субъектов нефтегазового сектора, которые могут максимизировать объемы производства товаров и услуг, увеличить рентабельность и показатели прибыльности бизнеса путем оптимизации кластерно- сетевого механизма.

Ключевые слова: кластерно-сетевые связи, нефтедобывающая отрасль, ядро кластера, теория графов, оптимальный путь.

Для цитирования: Кожемякин Л.В. Определение критической массы ядра нефтедобывающего кластера с использованием теории графов. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(3). Доступно по: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/Kozhemyakin_3_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.015

Determination of the critical mass of the core of an oil-producing cluster using graph theory

L.V. Kozhemyakin

*Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation*

Abstract: despite the fact that the cluster approach is quite common in scientific research, the issues of formation, development and evaluation of the effectiveness of cluster-network interactions remain

unresolved. The relevance of the research is because with the optimal mechanism of the cluster-network approach, it is possible to maximize the profit of participants in cluster-network relations, thereby increasing tax revenues to the budget, ensuring the growth of GRP in the region. In this regard, this paper considers one of the elements of cluster-network approaches as a tool for managing regional development of regions focused on the extractive industry. This approach allows us to develop and implement effective tools to stimulate the development of the socio-economic system of the region and organizations. Management refers to the variability of structural shifts in the sector economy by redistributing key sub-sectors. This paper uses graph theory to determine the critical mass of the cluster core. The paper focuses on the cluster core and its critical mass as one of the indicators of the cluster policy mechanism. Under critical mass, we will understand the development of cluster-network connections of cluster participants. The hypothesis about the influence of critical mass core to the ability and desirability to developments in the mining sector in such a way that changes the final graph elements that are set in accordance with *podotraslej*, leads to substantial changes in the industry. The materials of the article are of practical value for participants in cluster-network interactions of oil and gas sector entities, who can maximize the volume of production of goods and services, increase profitability and business profitability indicators by optimizing the cluster-network mechanism.

Keywords: cluster-network connections, oil industry, cluster core, graph theory, optimal path.

For citation: Kozhemyakin L.V. Determination of the critical mass of the core of an oil-producing cluster using graph theory. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(3). Available from: https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/Kozhemyakin_3_20_1.pdf DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.015 (In Russ).

Введение

Одним из базисов успешного развития национальной экономики в условиях цифровизации является повышение конкурентоспособности через создание эффективных кластерно-сетевых связей в социально-экономической системе. Опыт свидетельствует о том, что лидерами экономического развития становятся регионы с развитыми кластерно-сетевыми взаимодействиями. Кластерно-сетевой подход к анализу регионального развития и отраслевой специфики позволяет системно и комплексно взглянуть на функционирование экономических агентов, входящих в хозяйственную агломерацию. Региональная социально-экономическая система представляет собой сложный и многоаспектный объект для управления, так как, с одной стороны, она является иерархической подсистемой страны, т. к. функционирует в рамках общенационального пространства; с другой стороны, это целостность, функционирующая благодаря взаимодействию множества разнообразных субъектов различных отраслей и сфер деятельности, и, в конечном итоге, от налаженности и сформированности их связей зависит эффективность системы в целом. Однако, в настоящее время наблюдается несбалансированность регионального развития, сопровождающаяся серьезными проблемами и дисбалансами в социально-экономическом развитии, что требует выработки обоснованных стратегий и программ, в т. ч. и кластерно-сетевой политики.

Вопросы кластерно- сетевого развития в настоящее время требуют значительного внимания и, несмотря на исследования в этой области как отечественных, так и зарубежных специалистов, до сих пор нет единого подхода к решению проблем регионального развития, что особенно актуально в условиях отказа от института отраслевого управления экономического развития. Обоснование управленческих решений по социально-экономическому развитию систем требует переосмысления научных взглядов на кластерно-сетевые процессы.

Развитие кластерно-сетевых связей участников кластеров можно назвать «критической

массой», она не обладает высокой стабильностью, поэтому при трансформации территориальной концентрации хозяйствующих субъектов автоматически изменяется и «критическая масса» деятельности. Конкретная модель кластерно-сетевого взаимодействия связана с начальными условиями и сложившимся типом взаимодействия. Крупное предприятие выступает ядром кластера и вокруг которого концентрируются остальные субъекты. Данный процесс имеет целенаправленный характер, происходящий по инициативе крупных организаций, составляющих кластерное ядро, либо государственных структур управления, которые создают условия для развития кластера. Процесс нарастания кластерно-сетевых связей обусловлен требованиями инновационного развития, т. к. именно инновации способствуют саморазвитию и обеспечению стабильного функционирования системы [3].

Однако, развитие кластерно-сетевых взаимодействий повышает социально-экономический потенциал и конкурентоспособность территорий, являясь перспективным направлением в региональной экономике. Ограничивающими условиями развития кластерно-сетевого пространства являются природные, материальные и человеческие ресурсы, слабая готовность предпринимательских структур к интеграции и инновациям, слабые связи или их отсутствие между образовательными учреждениями и бизнесом, низкое качество бизнес-климата (административные барьеры, финансовые ресурсы и др.), низкая эффективность отраслевых и профессиональных ассоциаций, слабое развитие инфраструктуры для организации взаимодействия. Необходимо учесть, что сети функционируют только между определенными экономическими субъектами, а наиболее значимым субъектом экономики, имеющим сетевые связи, является кластер. Поэтому достаточно актуальной является теория, рассматривающая кластерно-сетевые связи как форму взаимодействия субъектов социально-экономической системы.

Формирование методики определения критической массы ядра кластера

Одним из экономических показателей, определяющий насколько эффективно развивается экономика как региона, так и страны в целом является валовой внутренний продукт. Есть и другие весомые показатели социально-экономического благосостояния формирующие целостную картину уровня жизни населения: доходы населения, национальное богатство, сбережения и имущество населения, пенсионное и социальное обеспечение. Так же немаловажную роль играет наличие природных богатств и результирующая отрасль, которая сформирована под воздействием географического положения субъекта [2].

Выделим регионы Российской Федерации с преобладающим видом экономической деятельности «Добыча полезных ископаемых» формируя их в таблицу исходя из статистических сборников «Регионы России [6, 7]. Аналогичным образом определим регионы с ведущей отраслью «Обрабатывающие производства» (далее по тексту ОП). Итоговая таблица для отраслей промышленной деятельности «Добыча полезных ископаемых» и «Обрабатывающие производства» будет выглядеть следующим образом (Таблица 1).

В рассматриваемых отраслях «Добыча полезных ископаемых» и «Обрабатывающая промышленность» лидирующими подотраслями являются: добыча сырой нефти и природного газа; производство кокса и нефтепродуктов соответственно, что является характерным для государства с высоким уровнем влияния нефтегазового комплекса на социально-экономическое благосостояние.

Таблица 1 – Регионы с доминирующими отраслями

Table 1 – Regions with dominant industries

Отрасль	% от отрасли	Подотрасль	Регион
«ДПИ»	70,7	добыча сырой нефти и природного газа	Ханты-Мансийский автономный округ, Тюменская область без автономного округа, Архангельская область, Республика Коми, Ненецкий автономный округ, Сахалинская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Томская область, Пермский край, Республика Татарстан, Удмуртская Республика, Оренбургская область
	8,6	добыча угля	Кемеровская область, Республика Хакасия
	6,6	добыча металлических руд	Чукотский автономный округ, Белгородская область, Магаданская область, Республика Тыва
	3,4	добыча прочих полезных ископаемых	Республика Саха (Якутия)
«Обрабатывающие производства»	25,8	производство кокса и нефтепродуктов	Омская область, Волгоградская область, Рязанская область, Республика Башкортостан
	19,2	металлургическое производство и производство готовых металлических изделий	Красноярский край, Вологодская область, Липецкая область, Свердловская область, Челябинская область, Вологодская область, Иркутская область
	15,2	производство пищевых продуктов, включая напитки, и табака	Республика Адыгея, Ставропольский край, Тамбовская область
	13,4	производство машин и оборудования	Тверская область, Ульяновская область, Самарская область
	8,7	химическое производство	Тульская область, Астраханская область, Кировская область, Новгородская область

Таким образом лидирующие отрасли формируют часть (но не весь логический цикл) лидирующих подотрасли – что очевидно, хотя далее подобная логика нарушается. Последующая переработка результатов производства лидирующих подотраслей переносится на другой регион, например: добыча нефтепродуктов происходит в Ханты-Мансийский автономный округ, Тюменская область без автономного округа, Архангельская область, Республика Коми, Ненецкий автономный округ и т.п. (Таблица 2), хотя производство нефтепродуктов - Омская область, Волгоградская область, Рязанская область, Республика Башкортостан (там, где нет добычи).

Таблица 2 – Валовой региональный продукт на душу населения регионов с доминирующими подотраслями в регионе, тыс. руб.

Table 2 – Gross regional product per capita of regions with dominant sub-sectors in the region, thousand rubles

	2013	2015	2017
Добыча сырой нефти и природного газа			
Ненецкий авт. округ	4 035,9	5 210,1	5 886,9
Ямало-Ненецкий авт. округ	2 544,9	3 336,5	4 566,5
Ханты-Мансийский авт. округ-Югра	1 715,7	1 947,7	2 115,9
Сахалинская область	1 364,9	1 716,7	1 573,9
Тюменская область	1 402,9	1 626,2	1 897,4
Республика Коми	550,4	614,0	680,7
Архангельская область	417,8	532,5	625,7
Республика Татарстан	405,1	483,5	550,1
Томская область	377,2	438,3	473,7
Оренбургская область	356,3	387,9	415,3
Пермский край	334,0	403,6	453,4
Удмуртская Республика	267,0	341,4	364,6
Производство кокса и нефтепродуктов			
Республика Башкортостан	286,1	323,4	346,9
Омская область	279,5	312,5	330,7
Рязанская область	244,4	285,3	321,1
Волгоградская область	235,8	290,2	305,6

Подобное распределение - наследие советских времен, хотя логичным представляется оптимизация коммерческих затрат. Таким образом неравномерность процентного соотношения лидирующих отраслей внутри региона и кластерно-сетевой нагрузки в целом позволяет говорить о необходимости перераспределения последующей переработки продуктов добычи по близлежащим или находящимся на логистическом пути регионам, что сделает кластеры более полными.

Рассчитаем индикативные показатели и сведем их в таблицу (Таблица 3).

Пусть GRP_{it} - уровень валового регионального продукта на душу населения для i – го региона, $i \in [1; I]$, в момент времени $t \in [1; T]$, где:

I – множество регионов с одинаковой преобладающей подотраслью,

T – верхняя временная граница исследования.

n – число подотраслей в разрезе ОКВЭД

Тогда:

$$I_GRP_i \text{ (далее } IG) = \sum_{i=1}^I \frac{GRP_{it}}{GRP_{i(t-1)}}$$

Для каждого региона определим весовой коэффициент в момент времени t :

$$\omega[i, t] = \frac{GRP_{it}}{I_GRP_i}$$

Определим индекс кластерной нагрузки для каждого региона:

$$k_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{w_{ij}}{W_j} - \frac{\bar{w}_{ij}}{W_j} \right)^2}{n-1}} + E$$

В числителе указаны удельные показатели соответствующих ОКВЭД подотраслей в динамике по регионам, в знаменателе удельные показатели по стране в целом. Также учитывается накопленная ошибка E из-за различий в структуре ОКВЭД за выбранное исследование [5].

Рассчитываем средневзвешенную величину \tilde{k}_t по каждому региону:

$$\tilde{k}_t = \sum_{i=1}^I k_{ij} \omega[i, t]$$

Величина \tilde{k}_t будет являться решающей при определении достаточности массы ядра кластера, влияющая на возможные характерные сдвиги нефтяного сектора.

Таблица 3 – Расчетная таблица индикативных показателей

Table 3 – Estimated table of indicators

Год	2013				2015				2017				
	IG	ω	k	k ω	IG	ω	k	k ω	IG	ω	k	k ω	
α	Регион												
	Ненецкий авт. округ	1,10	0,29	1,63	0,48	1,20	0,31	1,17	0,36	1,01	0,30	1,11	0,34
	Ямало-Ненецкий авт. округ	1,15	0,19	0,82	0,15	1,10	0,20	1,20	0,24	1,21	0,23	1,17	0,27
											
	Пермский край	1,02	0,02	1,33	0,03	1,09	0,02	1,41	0,03	1,09	0,02	0,76	0,02
	Удмуртская Республика	1,09	0,02	2,60	0,05	1,15	0,02	2,46	0,05	1,04	0,02	0,91	0,02
	\tilde{k}_t			1,31				1,36				1,21	
β	Республика Башкортостан	1,01	0,27	1,70	0,47	1,04	0,27	1,58	0,42	1,06	0,27	0,79	0,21
											
	Волгоградская область	1,07	0,23	0,65	0,15	1,04	0,24	0,73	0,18	1,04	0,23	0,59	0,14
	\tilde{k}_t			1,17				1,12				0,83	

α - добыча сырой нефти и природного газа

β - производство кокса и нефтепродуктов

За аналог и идею возьмем теорию графа, где вершинами будут являться индексы валового регионального продукта соответствующего региона в определенный год, указанный нижним индексом. Весом ребра будет разница расчетного значения между условным конечным и начальным периодом для каждого региона в соответствующий индекс началу года. Положим центральной точкой взаимодействия подотраслей будет

период 2017 год. Так как, это будет своеобразной общей константой, обозначим общим показателем θ_{17} (Таблица 4).

Таблица 4 – Переменные графа

Table 4 – Graph Variables

	Вершина 2013 г.	Вес ребра 13-15	Вершина 2015 г.	Вес ребра 15-17	Вершина 2017 г.
Ненецкий авт. округ	$v_{1,13}$	$k\omega_{15,13}^1$	$v_{1,15}$	$k\omega_{17,15}^1$	θ_{17}
Ямало-Ненецкий авт. округ	$v_{2,13}$	$k\omega_{15,13}^2$	$v_{2,15}$	$k\omega_{17,15}^2$	
Ханты-Мансийский авт. округ-Югра	$v_{3,13}$	$k\omega_{15,13}^3$	$v_{3,15}$	$k\omega_{17,15}^3$	
Сахалинская область	$v_{4,13}$	$k\omega_{15,13}^4$	$v_{4,15}$	$k\omega_{17,15}^4$	
Тюменская область	$v_{5,13}$	$k\omega_{15,13}^5$	$v_{5,15}$	$k\omega_{17,15}^5$	
Республика Коми	$v_{6,13}$	$k\omega_{15,13}^6$	$v_{6,15}$	$k\omega_{17,15}^6$	
Архангельская область	$v_{7,13}$	$k\omega_{15,13}^7$	$v_{7,15}$	$k\omega_{17,15}^7$	
Республика Татарстан	$v_{8,13}$	$k\omega_{15,13}^8$	$v_{8,15}$	$k\omega_{17,15}^8$	
Томская область	$v_{9,13}$	$k\omega_{15,13}^9$	$v_{9,15}$	$k\omega_{17,15}^9$	
Оренбургская область	$v_{10,13}$	$k\omega_{15,13}^{10}$	$v_{10,15}$	$k\omega_{17,15}^{10}$	
Пермский край	$v_{11,13}$	$k\omega_{15,13}^{11}$	$v_{11,15}$	$k\omega_{17,15}^{11}$	
Удмуртская Республика	$v_{12,13}$	$k\omega_{15,13}^{12}$	$v_{12,15}$	$k\omega_{17,15}^{12}$	
Республика Башкортостан	$u_{1,13}$	$k\omega_{15,13}^1$	$u_{1,15}$	$k\omega_{17,15}^1$	
Омская область	$u_{2,13}$	$k\omega_{15,13}^2$	$u_{2,15}$	$k\omega_{17,15}^2$	
Рязанская область	$u_{3,13}$	$k\omega_{15,13}^3$	$u_{3,15}$	$k\omega_{17,15}^3$	
Волгоградская область	$u_{4,13}$	$k\omega_{15,13}^4$	$u_{4,15}$	$k\omega_{17,15}^4$	

Воспользуемся определением центра графа, когда любая вершина v , такая, что расстояние от нее до наиболее отдаленной вершины минимально. Найдем всевозможные «пути-способы» взаимодействия двух превалирующих подотраслей в каждой их своей отрасли (Рисунок 1).

Тогда оптимальный «путь» будет выглядеть следующим образом:

$$R_{min} = \min \left\{ \begin{array}{l} k\omega_{15,13}^i + k\omega_{17,15}^i + k\omega_{17,15}^1 + k\omega_{15,13}^1 \\ k\omega_{15,13}^i + k\omega_{17,15}^i + k\omega_{17,15}^2 + k\omega_{15,13}^2 \\ k\omega_{15,13}^i + k\omega_{17,15}^i + k\omega_{17,15}^3 + k\omega_{15,13}^3 \\ k\omega_{15,13}^i + k\omega_{17,15}^i + k\omega_{17,15}^4 + k\omega_{15,13}^4 \end{array} \right.$$

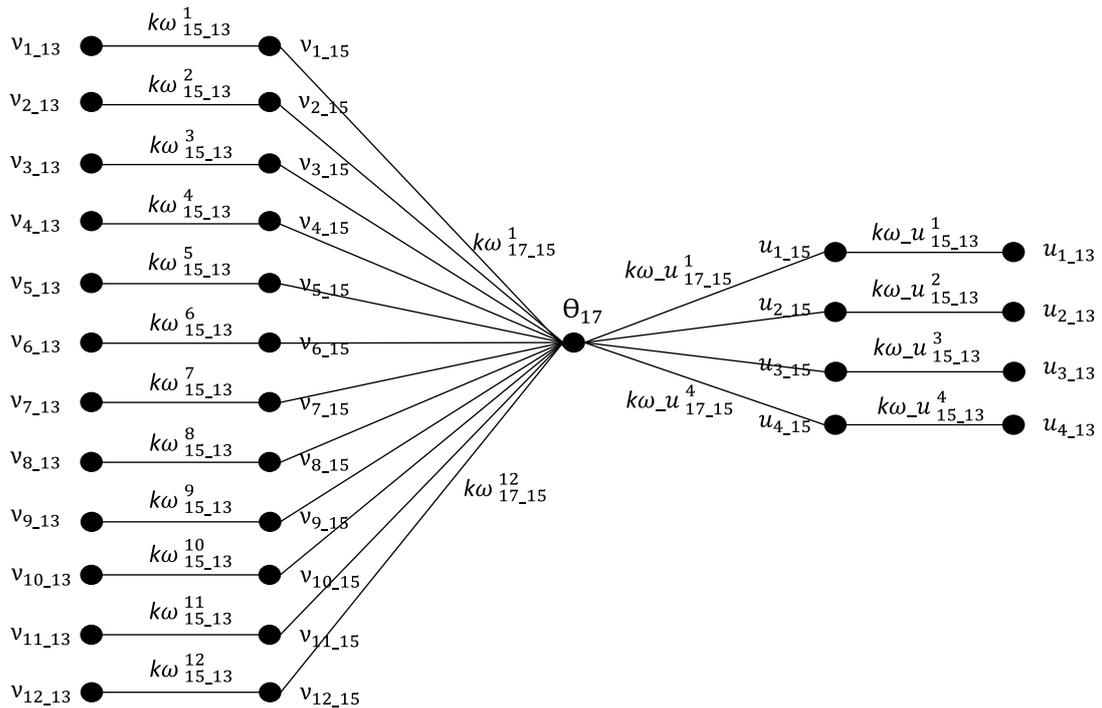


Рисунок 1 – Графическое представление способов «взаимодействия» двух подотраслей через центральную точку в виде дерева (графа)
 Figure 1 – Graphical representation of the ways of "interaction" of two sub-sectors through the Central point in the form of a tree (graph)

Далее используя идею алгоритма поиска центра графа найдем центр графа:

1. Находим матрицу длин кратчайших расстояний - $A(v_{ij})$
2. Определяем $MVB(i)$ для каждой вершины графа;
3. Из всех $MVB(i)$ выбираем $\min(MVB(i))$

Вершина, соответствующая минимальному $\min(MVB(i))$ будет являться центром графа, она же будет возможным оптимальным центром ядра для создания кластера.

В нашем случае необходимо выбрать две вершины для каждой из подотраслей. Таковыми стали: Пермский край для подотрасли «Добыча сырой нефти и природного газа» и Республика Башкортостан для подотрасли «Производство кокса и нефтепродуктов». Отсюда полагаем, что эти два региона каждый из которых ориентирован на свой характерный тип экономической деятельности, могут стать ядром кластера для каждой из своей доминирующей подотрасли.

Условие $R_{min} > \tilde{k}_t$ критической массы ядра выполняется в обоих случаях, что говорит о благоприятной почве для оптимального создания кластерной – сетевых связей при смешанном типе экономической деятельности регионов с доминирующими отраслями: «ДПИ» в разрезе подотрасли «Добыча сырой нефти и природного газа» и «Обрабатывающие производства» в разрезе подотрасли «Производство кокса и нефтепродуктов». Эти регионы принадлежат Приволжскому федеральному округу, следовательно, рассматривать кластерно-сетевое взаимодействие стоит внутри округа.

Таблица 5 – Крупнейшие компании Приволжского федерального округа

Table 5 – Largest companies in the Volga Federal district

Место	Название компании	Регион	Основной вид экономической деятельности	Выручка (млрд рублей)
1	ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина	Республика Татарстан	Добыча сырой нефти	910,5
2	ПАО «Акционерная нефтяная компания «Башнефть»	Республика Башкортостан	Добыча сырой нефти	860,2
3	ГК «ТАИФ»	Республика Татарстан	Производство нефтепродуктов	757,6
4	ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез»	Нижегородская область	Производство нефтепродуктов	404,4
5	ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез»	Пермский край	Производство нефтепродуктов	393,3
6	ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь»	Пермский край	Добыча сырой нефти	348,3
7	АО «Оренбургнефть»	Оренбургская область	Добыча сырой нефти	313,9
8	АО «АвтоВАЗ»	Самарская область	Производство автомобилей	292,3
9	ООО «Газпром нефтехим Салават»	Республика Башкортостан	Производство нефтепродуктов	261,2
10	АО «Самаранефтегаз»	Самарская область	Добыча сырой нефти	255,3

Исходя из таблицы (5), составленной на основе ранжирования по консолидированной выручке за 2018 год, Пермский край занимает высокие позиции по рейтингу при своем смешанном типом экономической деятельности, причем лидирующим направлением деятельности выступает нефтяная промышленность во главе с компаниями группы ПАО «Нефтяная компания „Лукойл“».

Заключение

Пермский край - один из немногих в России и единственный в Приволжском федеральном округе, объединивший в себе всю нефтегазовую вертикаль: от геологоразведки до сбыта нефтепродуктов. Исходя из этого, стоит рассмотреть вариант управления кластерно-сетевыми связями уже на структуре Приволжского федерального округа (т.к. оба региона входят в Приволжский федеральный округ) с той позиции, чтобы реализовать нефтяной кластер, где ядром кластера, например, может являться ПАО «Нефтяная компания „Лукойл“».

Таким образом, определив критическую массу ядра появляется возможность центрировать неравномерность распределения между лидирующими отраслями внутри региона, тем самым делая кластеры более полными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазьев С. *Перспективы российской экономики в условиях глобальной конкуренции*. Экономист. 2017;5:3-16.
2. Глушакова О.В. *Типологизация регионов в контексте их социального и экономического развития*. Экономика. 2009;6:13-16.
3. Кожемякин Л.В., Пушкарев Г.А., Толстоброва Н.А. *Анализ нефтедобывающего сектора в условиях вынужденной локализации экономики Российской Федерации*. Экономика и управление: проблемы, решения. 2019;11(87):132-139.
4. Месарович М., Мако Д., Такахага И. *Теория иерархических многоуровневых систем*. – М.: Мир, 1973.
5. Первадчук В.П., Осипова М.Ю., Кожемякин Л.В. *Эконометрическое моделирование кластерно-сетевых взаимодействий*. Экономика и предпринимательство. 2019;10(111):978-983.
6. Регионы России. *Социально-экономические показатели*. 2015: Стат. сб / Росстат. М., 2010.
7. Регионы России. *Социально-экономические показатели*. 2017: Стат. сб / Росстат. М., 2011.

REFERENCES

1. Glazyev, S. *Prospects of the Russian economy in the conditions of global competition*. *Economist*. 2017;5:3-16.
2. Glushakova, O.V. *Typologization of regions in the context of their social and economic development*. *Economy*. 2009;6:13-16.
3. Kozhemyakin L.V., Pushkarev G.A., Tolstobrova N.A. *Analysis of the oil-producing sector in the conditions of forced localization of the economy of the Russian Federation*. *Economics and management: problems, solutions*. 2019;11(87):132-139.
4. Mesarovich M., Mako D., Takahara I. *Theory of hierarchical multilevel systems*. М.: Mir, 1973.
5. Pervadchuk V.P., Osipova M.Y., Kozhemyakin L. V. *Econometric modeling of cluster-network interactions*. *Economics and entrepreneurship*. 2019;10(111):978-983.
6. Regions of Russia. *Socio-economic indicators*. 2015: Stat. SB. Rosstat. М., 2010.
7. Regions of Russia. *Socio-economic indicators*. 2017: Stat. SB. Rosstat. М., 2011.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кожемякин Леонид Валерьевич, аспирант кафедры прикладной математики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация
e-mail: lvkozhemyakin@yandex.ru

Leonid V. Kozhemyakin, PhD student of Department of applied mathematics, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation