

# Компьютерная визуализация задачи идентификации промышленных кластеров с помощью GVMap

Е.В. Козоногова<sup>1</sup>, Д.С. Курушин<sup>2</sup>, Ю.В. Дубровская<sup>3</sup>

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-9573-7336, [elena.seménovaa@gmail.com](mailto:elena.seménovaa@gmail.com)

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-4798-7423, [dan973@yandex.ru](mailto:dan973@yandex.ru)

<sup>3</sup> ORCID: 0000-0002-3205-9264, [uliadubrov@mail.ru](mailto:uliadubrov@mail.ru)

## Аннотация

В работе на основе систематизации способов отражения взаимосвязей субъектов кластерных отношений представлена авторская методика визуализации задачи идентификации промышленных кластеров. В качестве инструмента визуализации использован GVMap, реализованный в программном обеспечении «Graphviz».

Идентификация кластеров на макроуровне произведена на основе симметричной таблицы «затраты-выпуск» в разрезе 86 видов экономической деятельности. Входными параметрами выступили данные в форме графа и информация о кластеризации в данных. В качестве вершин графа выбраны виды экономической деятельности. Связи между вершинами графа (ребра) были построены на основании матрицы значимых связей поставщик-потребитель, полученных методом Максимума. Кластеры отраслей вычислены с помощью метода С. Замански.

С помощью инструмента GVMap кластеризованные данные отображены в формате картоподобного изображения, что не столько упрощает чтение графа экономической связности отраслей, сколько позволяет формировать адекватные стратегии развития как для предприятий кластера, так и для территорий их локализации.

Для автоматизации процесса идентификации промышленных кластеров и их визуализации было создано программное средство на языке Python.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-010-00562.

**Ключевые слова:** GVMap, визуализация данных, идентификация кластеров, метод С. Замански, метод максимума, картоподобное изображение.

## 1. Введение

Одним из основных направлений государственной промышленной политики в России является кластеризация. По данным на начало 2018 года в России насчитывается 115 кластеров на территории 43 субъектов. В их состав входят порядка 3500 предприятий с численностью сотрудников более 1400 тысяч человек [1]. За период 2013–2018 гг. суммарный объем субсидий превысил 12 млрд. рублей [2].

Активная поддержка кластеров со стороны органов власти объективно оказала влияние на появление значительно объема исследований и публикаций в данной сфере. Для упрощения понимания исследуемых взаимосвязей субъектов кластерных структур учеными используются различные способы визуализации. При этом, визуализация в данном конкретном случае необходима не столько для удобного восприятия исследуемой информации, сколько для упрощения ее анализа, дальнейшей обработки и построения прогнозов.

В этой связи отметим, что кластерная политика государства напрямую связана с развитием отдельных отраслей промышленности в конкретных субъектах страны. Огра-

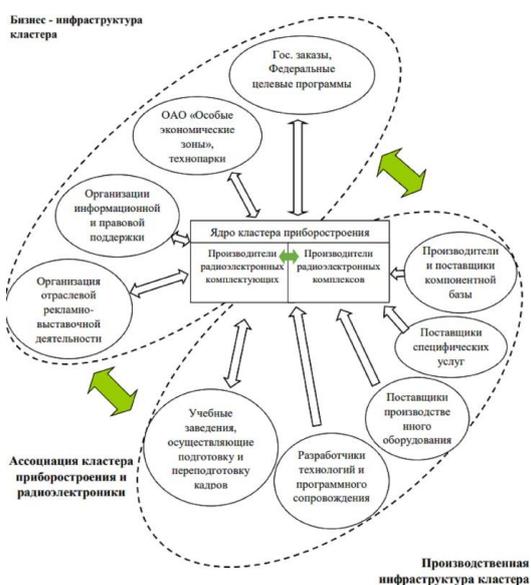
ниченность как бюджетного, так и внебюджетного финансирования обуславливает необходимость адекватного количественного обоснования выбора приоритетных отраслей и регионов, инвестиции в которые способны обеспечить максимальную полезность. При этом, учитывая масштаб территории национальной экономики и высокую диверсификацию ее отраслевой структуры, особую важность при реализации кластерной политики приобретает возможность получения целостного визуального представления соответствующих статистических данных. При этом, речь идет не просто об обеспечении опции восприятия, оценки и анализа имеющейся информации. Прежде всего, целью визуального представления данных относительно кластеризации экономики является обеспечение возможности моделирования и прогнозирования поведения кластеризуемой отрасли.

Таким образом, на основании вышеизложенного, можно с уверенностью сказать о том, что визуализация задачи идентификации промышленных кластеров является основой построения планов, прогнозов и стратегий развития как отдельных отраслей и регионов, так национальной экономики в целом.

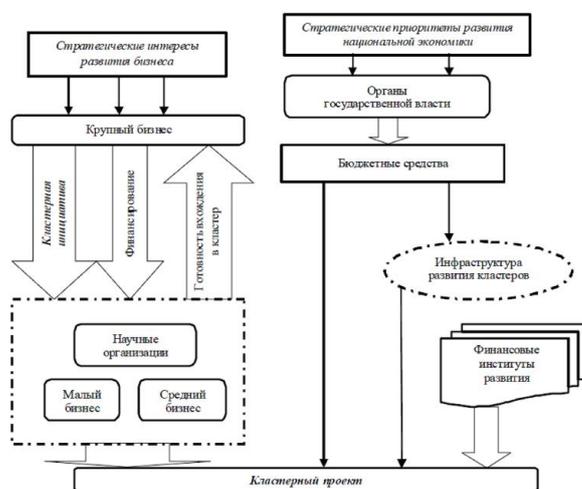
## 2. Систематизация существующих способов визуализации взаимосвязей между субъектами кластера

Использование визуальных методов отображения результатов моделирования взаимодействий субъектов кластерных отношений призвано упростить выполнение задач планирования, прогнозирования, программирования и стратегирования. Обзор научной литературы, посвящённой проблемам кластеризации экономики, выявил, что существующие труды в данной сфере с точки зрения визуализации можно разделить на три группы. Рассмотрим их подробнее.

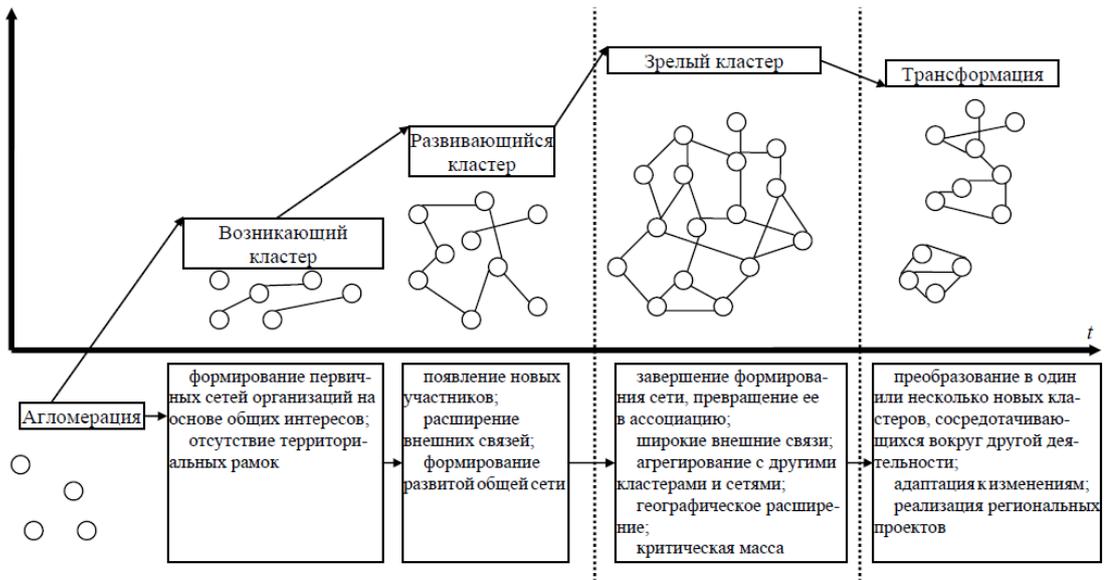
К первой группе мы отнесли работы, в которых исследователями предприняты попытки систематизации существенных свойств и признаков кластеров. Данные труды содержат модели, сформулированные на вербальном уровне и базирующиеся на определенных теоретических концепциях. Как правило, модели первой группы отражают отношения между субъектами кластеров [3, с. 25; 4, с. 6; 5, с. 31; 6, с. 13]; этапы их становления (жизненные циклы кластеров) [7, с. 9; 8, с. 17; 9, с. 27]; условия создания кластера [10, с. 3; 11, с. 18]; особенности формирования кластерных инициатив [12, с. 58; 7, с. 9]; структуры и типы кластеров [8, с. 85; 11, с. 191]. Примеры моделей, визуализирующих теоретические концепции кластерного развития представлены на рисунке 1.



а) структура кластера приборостроения [13, с. 29]



б) модель формирования кластерных инициатив [12, с. 58]

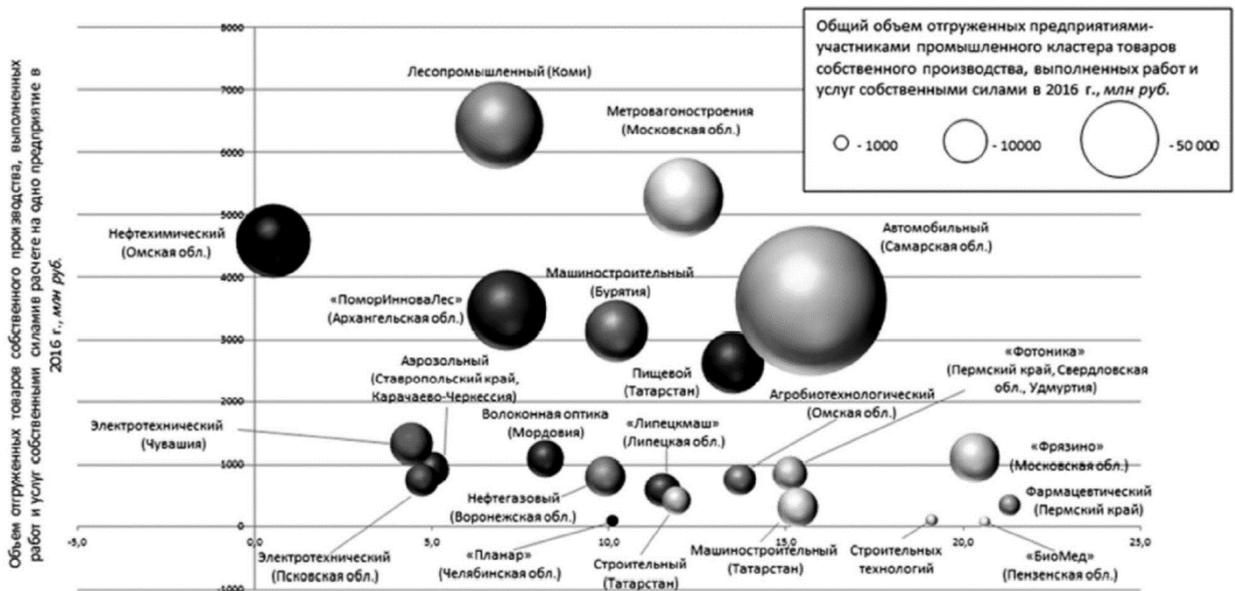


в) жизненный цикл кластера [8, с. 27]

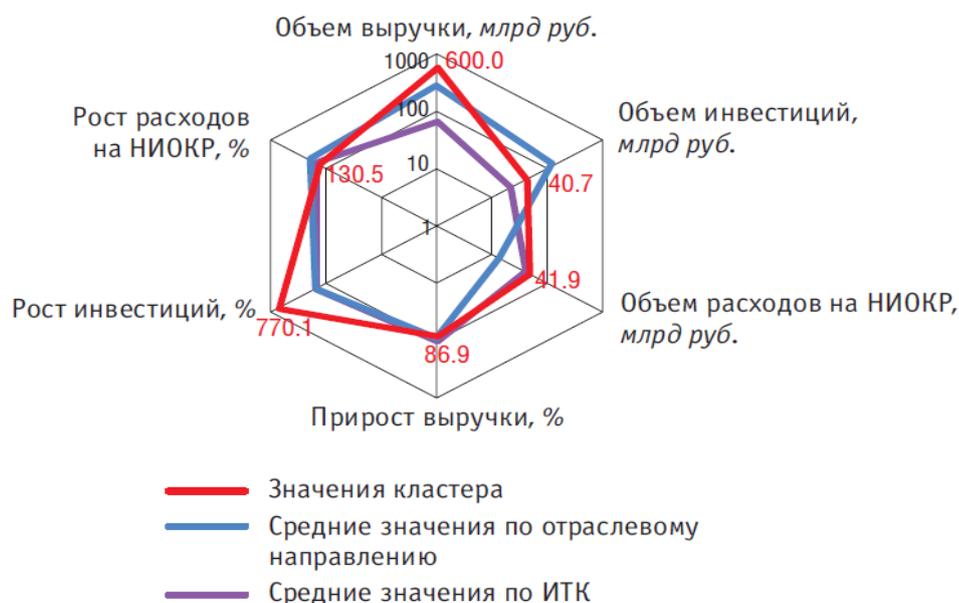
Рис. 1. Примеры визуализации теоретических концепций кластерного развития

Главным достоинством моделей данной группы является доступность понимания теоретических основ кластеризации; в качестве недостатка отметим низкую адаптивность использования информации моделей для построения прогнозов и стратегий развития как конкретных кластеров, так и территорий их локализации.

Ко второй группе мы отнесли работы, содержащие визуальное представление фактической статистической информацией относительно различных характеристик кластеров на определённую дату и для конкретных территорий: количество кластеров и их типы [14, с. 22; 15, с. 52; 16, с. 188]; параметры развития кластеров [15, с. 49-51; 17, с. 100]; источники финансирования кластеров [18, с. 46] и прочие. Примеры моделей, визуализирующих количественные характеристики кластеров представлены на рисунке 2.



а) показатели объема отгруженных предприятиями участниками промышленных кластеров товаров собственного производства [15, с. 51]



б) параметры развития Камского инновационного территориально-производственного кластера Республики Татарстан [17, с. 101]

Рис. 2. Примеры визуализации количественных характеристик кластеров

Как правило, при построении данных моделей, ученые используют графические методы, в том числе, наиболее широко, метод картографирования. Это обусловлено необходимостью соотнесения пространственных характеристик с атрибутивными.

Отметим в этой связи, что специалистами Российской кластерной обсерватории ИСИЭЗ НИУ ВШЭ инициирован и разработан проект «Карта кластеров России» [2]. Целью проекта является создание открытой, актуальной, интерактивной базы данных кластеров в регионах России. Инструмент содержит данных о количестве, масштабах деятельности, отраслевой направленности, степени зрелости и других важных характеристиках российских кластеров. Фрагмент карты представлен на рисунке 3.

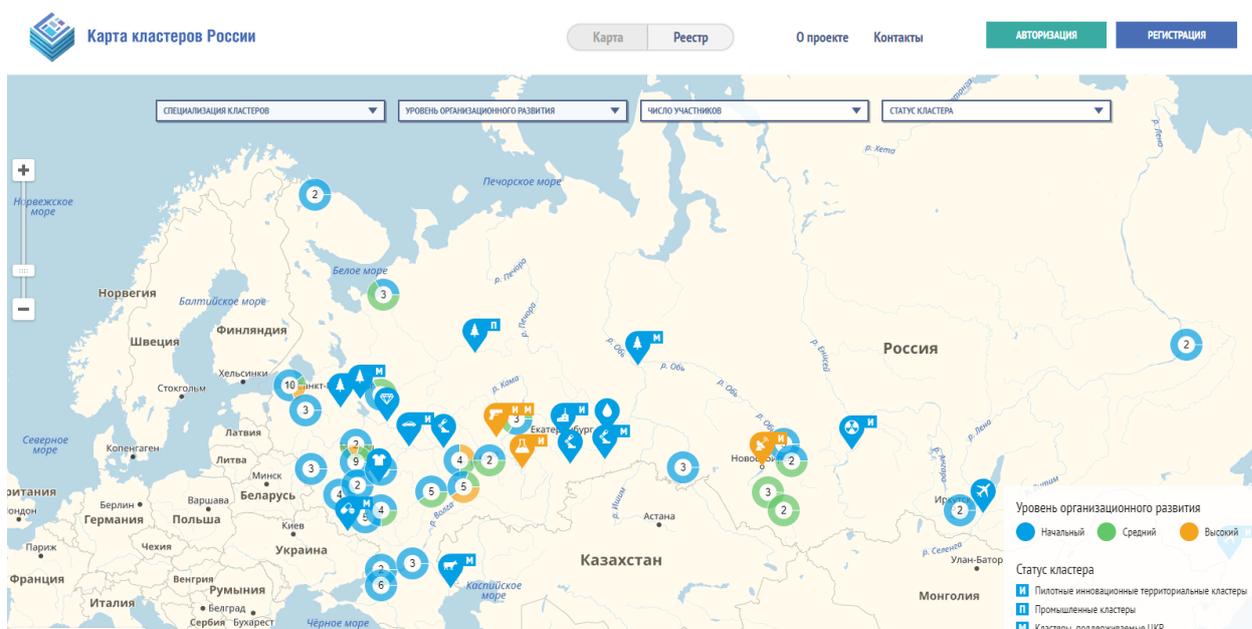
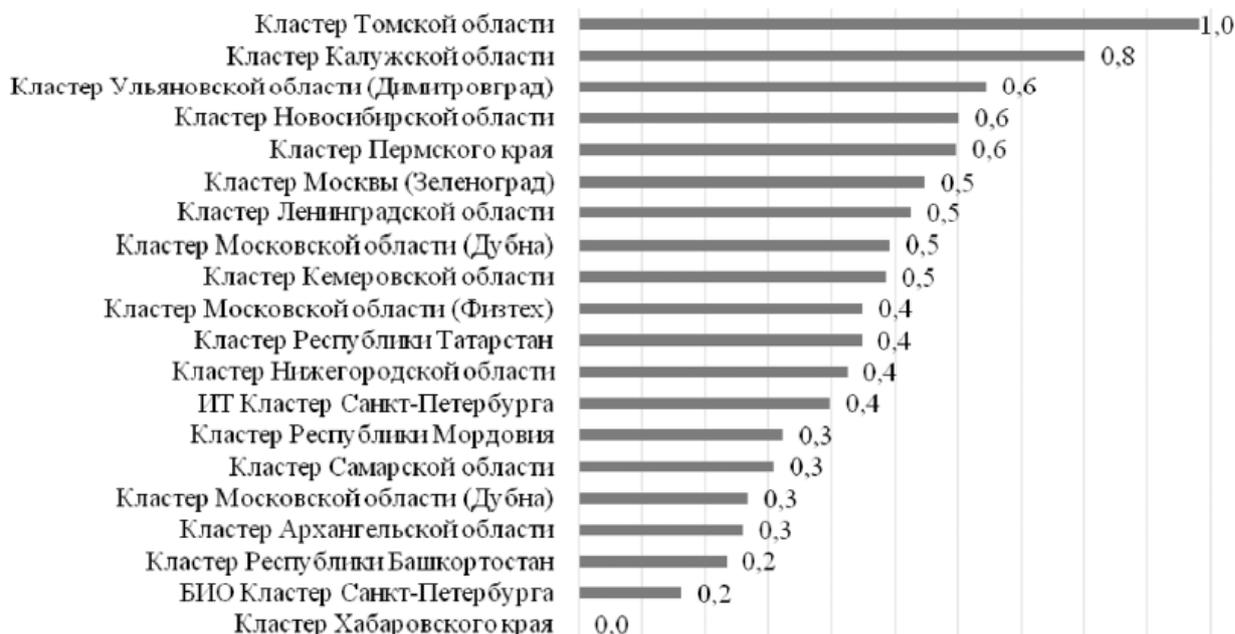


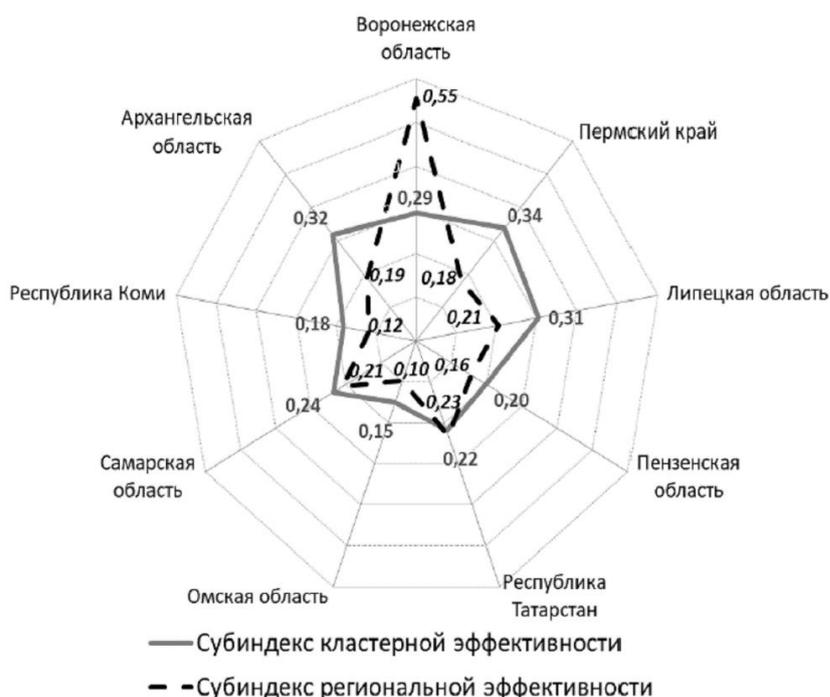
Рис. 3. Карта кластеров России [2]

Описанные способы визуализации в рамках моделей второй группы в полной мере позволяют воспринимать, оценивать и анализировать соответствующую информацию. Но, как и модели первой группы, не обеспечивают в полной мере возможности прогнозирования и стратегирования.

К третьей группе мы отнесли работы с визуальным представлением авторских расчетов в области качества и перспектив кластеризации. Как правило качество кластеров оценивается путем расчета интегральных индексов кластеризации, включающих показатели качества управления и показатели взаимодействия (интеграции) участников [19, с. 32-33; 15, с. 49] уровни развития и масштаба кластеров [20, с. 158; 21, с. 175; 22, с. 152]. Примеры моделей, визуализирующих авторские расчеты показателей качества кластеров представлены на рисунке 4.



а) индекс качества управления кластером [19, с. 33]



б) субиндексы кластерной и региональной эффективности субъектов РФ [21, с. 175]

Рис. 4. Примеры визуализации авторских расчетов показателей качества кластеров

Говоря о примерах моделей, визуализирующих авторские расчеты перспектив кластеризации, поясним, что здесь имеется в виду оценка территорий, отраслей, либо видов экономической деятельности на предмет их готовности к кластеризации. Фактически, такая оценка предполагает идентификацию территорий, отраслей, либо, видов экономической деятельности, которые потенциально могут обеспечить максимальную отдачу от инвестиций. На основе полученных результатов принимаются решения о поддержке конкретных кластерных программ развития.

Как правило, оценка перспектив кластеризации, и соответственно, построение на данной основе прогнозов развития, производится с помощью анализа концентрации деятельности в пространстве путем расчета различных индексов и коэффициентов: коэффициент Джини [23]; индекс Эллисона–Глейзера [24]; индекс Марель–Седилотта [25], индекс Дюрантона – Овермана [26]; коэффициент локализации [22, 27-34].

Примеры моделей, визуализирующих оценки перспектив кластеризации представлены на рисунке 5.

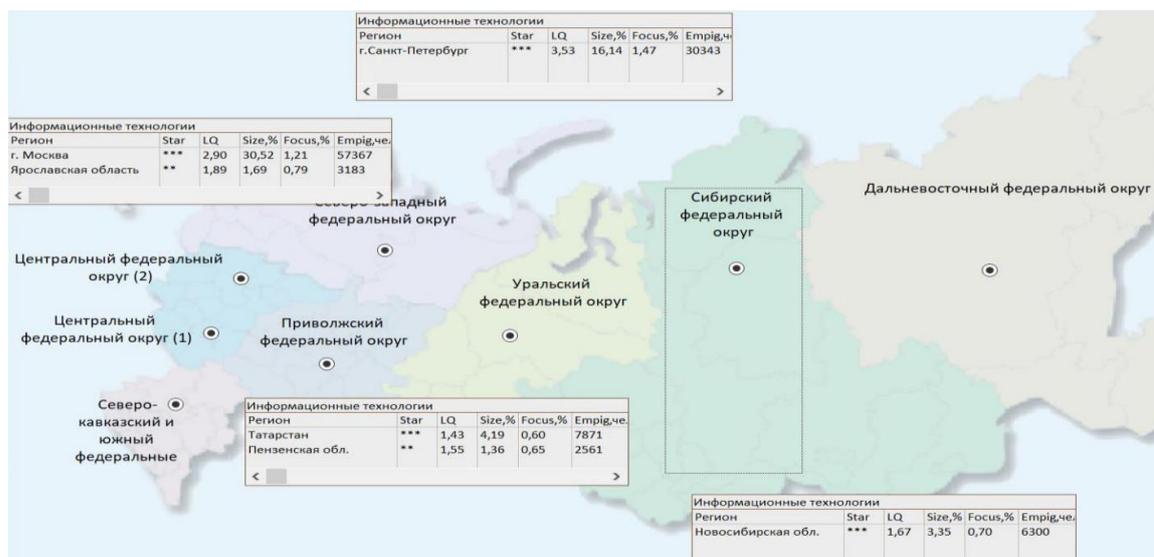
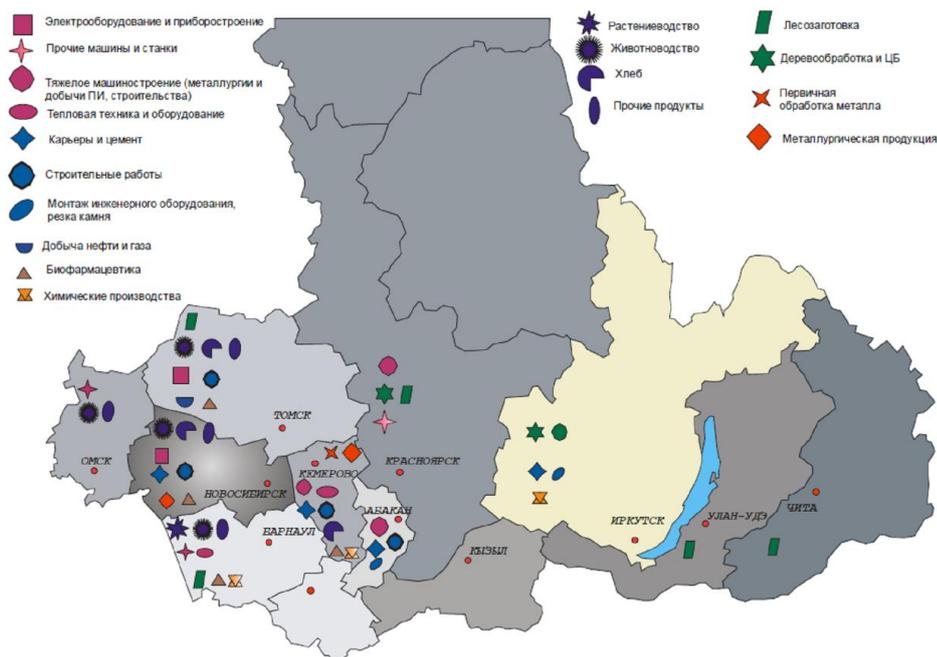
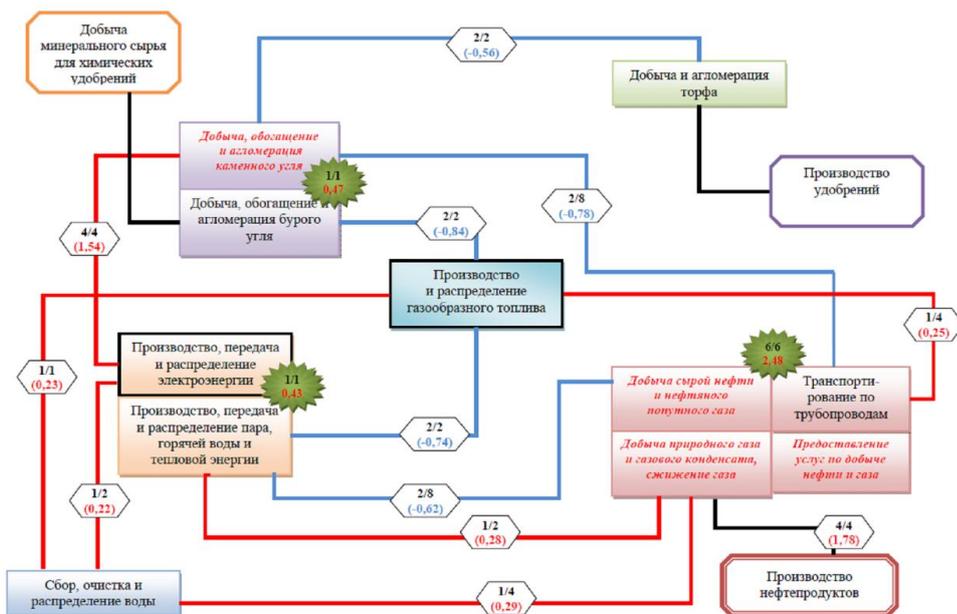
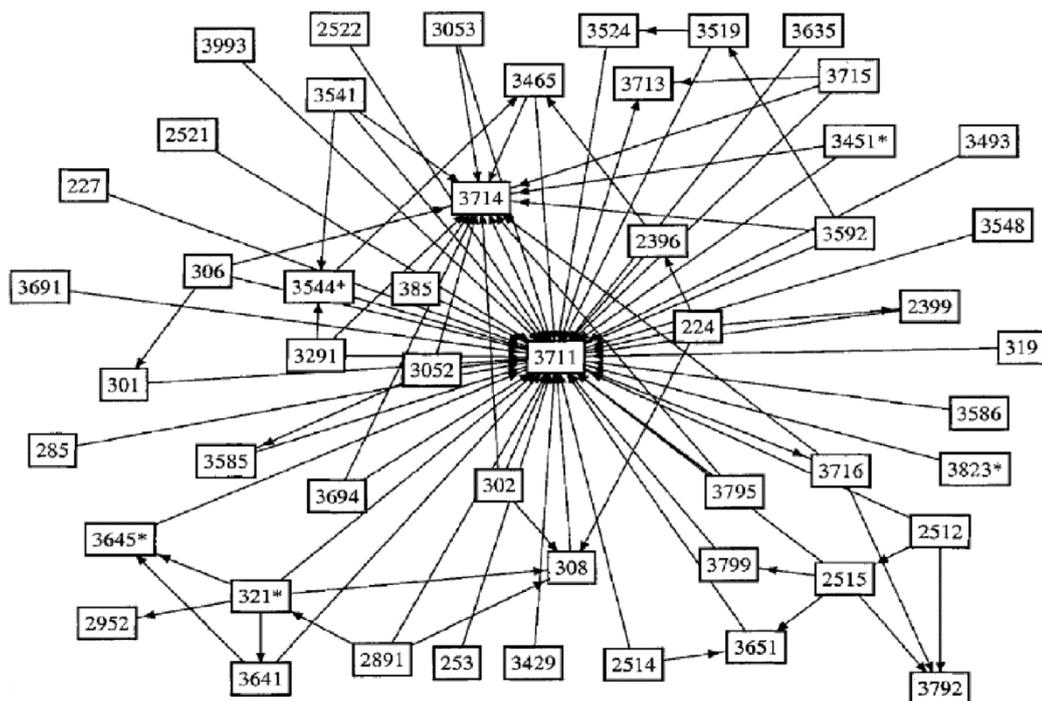


Рис. 5. Примеры визуализации оценки перспектив кластеризации

Отдельного внимания заслуживают оценки перспектив кластеризации, основанные на теории графов. Как правило, анализ графов выступает в качестве средства визуализации прямых связей, выявленных в ходе анализа таблиц межотраслевого баланса. При использовании его как самостоятельного инструмента идентификации кластеров задействуются различные методы разбиения графов, в процессе использования которых каждая выделенная компонента связанности исходного графа представляет собой промышленный кластер [35, с. 97]. Отметим, что нами были найдены примеры визуализации перспектив кластеризации на основе теории графов только применительно к отдельным отраслям экономики (рис. 6).



а) взаимосвязи между кластерообразующими видами деятельности кластера топливно-энергетических производств [35, с. 104]



б) взаимосвязи между кластерообразующими видами деятельности транспортного кластера [36, с. 11]

Рис. 6. Примеры визуализации перспектив кластеризации на основе теории графов

Подводя итог анализу работ третьей группы, отметим, что модели, включающие авторские расчеты в области качества и перспектив кластеризации, в полной мере позволяют прогнозировать поведение кластеризуемой отрасли, а следовательно, дают возможность составлять как обоснованные прогнозы развития предприятий кластера, так и адекватные стратегии территориального развития. Вместе с тем, мы не обнаружили доступного визуального отображения таких расчетов, в полной мере реализующего функцию удобного восприятия информации.

Одним из современных практических инструментов визуализации реляционных данных является GVMap, реализованный в программном обеспечении «Graphviz». Инструмент GVMap отображает кластеризованные данные в формате картоподобного изображения, что облегчает чтение графа экономической связности отраслей. В качестве входных параметров подаются данные в форме графа, также подается информация о кластеризации в данных. Эффективность данного инструмента представлена и продемонстрирована в работе [37]. Основываясь на результатах апробации GVMap в различных сферах деятельности (услуги, продажи и т.д.), а также на результатах проведенной нами систематизации существующих способов визуализации взаимосвязей между субъектами кластера, мы определили цель настоящего исследования: создание методики визуализации задачи идентификации промышленных кластеров с помощью инструмента GVMap. Отметим, что научно-практическая значимость авторской методики заключается в возможности моделирования и прогнозирования поведения кластеризуемой отрасли.

### **3. Алгоритм идентификации промышленных кластеров на основе методов максимума и С. Замански**

В данной части работы опишем авторский алгоритм оценки перспективы кластеризации отраслей отечественной экономики, положенный в основу компьютерной визуализации с помощью инструмента GVMap. Данный алгоритм позволяет определить наиболее тесно связанные группы отраслей на макроуровне, т.е. идентифицировать промышленные кластеры.

Идентификация промышленных кластеров производится на основе данных симметричной таблицы «затраты-выпуск» (СТЗВ) за 2011 год в разрезе 86 видов экономической деятельности на территории России. Таблица была опубликована лишь в начале 2017 года, поскольку ее составление является длительным и трудоемким процессом. В следующий раз выпуск СТЗВ планируется в 2022 году.

В СТЗВ отражается информация о чистых отраслях, т.е. подразумевается, что каждая отрасль выпускает только свой вид продукции. Причем по строкам отрасли отражаются как производители, а по столбцам - как потребители. На пересечении  $i$ -й строки и  $j$ -го столбца находится информация о количестве продукции  $i$ -й отрасли (в денежном выражении), израсходованной на производственные нужды  $j$ -й отрасли.

Преобразование данных СТЗВ для дальнейшей идентификации кластеров проводится согласно методу, предложенному С.Замански (шаги 1.1-1.4).

Шаг 1.1 Формирование матриц  $X$  и  $Y$ , элементы которых равны:

$$x_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{kj} \quad (1)$$

$$y_{ij} = a_{ij} / \sum_{k=1}^n a_{ik} \quad (2)$$

где  $a_{ij}$  – денежное значение поставок отраслью  $i$  за некоторый период отрасли  $j$  (элемент симметричной таблицы «Затраты-Выпуск»);

$x_{ij}$  - промежуточные закупки отраслью  $j$  у отрасли  $i$  в пропорции к общим закупкам отрасли  $j$ ;

$y_{ij}$  - промежуточные продажи от отрасли  $i$  отрасли  $j$  в пропорции к общим продажам отрасли;

$n$  – количество отраслей СТЗВ ( $n=86$ ).

Таким образом, мы получаем матрицы  $X$  и  $Y$ , при этом столбцы матрицы  $X$  являются образцами закупок, а столбцы матрицы  $Y$  – образцами продаж соответствующих отраслей. Для любых двух отраслей  $l$  и  $m$  могут быть определены векторы  $x_l$  и  $x_m$ , являющиеся столбцами матрицы  $X$ , а также векторы  $y_l$  и  $y_m$ , являющиеся столбцами матрицы  $Y$ .

Шаг 1.2 Определение взаимосвязи (схожести) между любыми парами отраслей с помощью корреляционного анализа.

Для определения схожести пар отраслей используется методика, согласно которой рассчитываются 4 матрицы, элементами которых являются коэффициенты корреляции Пирсона [38]:

- Матрица  $XX$ , элементы которой  $r(x_l, x_m)$  измеряют степень схожести образцов закупок отраслей  $l$  и  $m$ ;
- Матрица  $YY$ , элементы которой  $r(y_l, y_m)$  измеряет степень схожести образцов продаж отраслей  $l$  и  $m$ ;
- Матрица  $XY$ , элементы которой  $r(x_l, y_m)$  отражает схожесть образцов закупок индустрии  $l$  и продаж индустрии  $m$ , т.е. насколько отрасль  $l$  участвует в закупках от отраслей, для которых индустрия  $m$  является поставщиком;
- Матрица  $YX$ , элементы которой  $r(y_l, x_m)$  отражает схожесть образцов закупок индустрии  $m$  и продаж индустрии  $l$ , т.е. насколько отрасль  $m$  участвует в закупках от отраслей, для которых индустрия  $l$  является поставщиком.

Шаг 1.3. Построение симметричной матрицы  $L_v$ .

Элементами матрицы являются  $lv_{ij} = \max(xx_{ij}, yy_{ij}, xy_{ij}, yx_{ij})$ , при условии, что коэффициент корреляции значим, т.е.  $p\text{-value} < 0.05$ .

Каждый столбец матрицы  $L_v$  представляет собой образец взаимосвязи между отраслью, расположенной в столбце и всеми остальными производящими отраслями. Таким образом, в матрице  $L_v$  для каждой отрасли рассчитываются меры косвенной и прямой межотраслевой связи.

Шаг 1.4. Выделение промышленных кластеров с помощью метода главных компонент (PCA)

Столбцы матрицы  $L_v$  представляют собой переменные для метода главных компонент. Цель применения данного метода заключается в «сжатии» исходного числа переменных. Таким образом, определяется минимальное число факторов, называемых главными компонентами и вносящих наибольший вклад в дисперсию данных. Главные компоненты помогают структурировать сложный набор данных, выявить самые информативные переменные, а также позволяют перейти к некоррелированным переменным.

Поиск главных компонент выполняется в несколько действий:

- стандартизация исходных данных;
- получение собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы или корреляционной матрицы;
- сортировка собственных значений в порядке убывания и выбор  $k$  собственных векторов, соответствующих  $k$  наибольшим собственным значениям, где  $k$  – размерность нового функционального подпространства ( $k \leq d$ );
- построение проекционной матрицы  $W$ , состоящей из выбранных  $k$  собственных векторов;
- преобразование исходного набора данных  $X$  через  $W$  с целью получения  $k$ -мерного функционального подпространства  $Y$ .

Количество наибольших собственных значений  $k$  определяется по критерию Кайзера: выбираются собственные значения больше 1. По сути, это означает, что если компонента не выделяет дисперсию, эквивалентную, по крайней мере, дисперсии одной переменной, то она опускается.

В результате выполнения первых 4 шагов алгоритма было выделено 11 промышленных кластеров, характерных для Российской экономики: кластер металлообработки,

кластер химической промышленности, кластер пищевой промышленности, кластер горнодобывающего производства, кластер лесной промышленности, деревообработки и целлюлозно-бумажной обработки, кластер обработки цветных и драгоценных металлов, кластер строительных материалов, кластер легкой промышленности, кластер нефтегазовой промышленности, кластер угольной промышленности, кластер высокотехнологического оборудования и ИТ.

Шаг 1.5. Построение матрицы «последующих связей» С.

Для построения связей между вершинами графа (ребрами) кластеров, были рассчитаны основные поставщики и покупатели отраслей по методу Максимум (шаги 1.5-1.7). Анализ СТЗВ, основанный на методе максимума, широко применяется для идентификации кластеров. Математический аппарат данного метода впервые был раскрыт в работе М. Монфорта и Д. Дьютелли [39]. Суть подхода, предложенного авторами, заключается в выявлении цепочек создания стоимости, при этом внутриотраслевые связи не учитываются, т.е. главная диагональ СТЗВ принимает нулевые значения.

В таблице «Затраты-выпуск» строки производителей содержат информацию об объемах потребления их продукции разными отраслями.

Главный потребитель  $l$  отрасли  $k$  ( $c_{kl}$ ) определяется по формуле (3):

$$c_{kl} = \max_j a_{kj} \quad (3)$$

причем  $a_{kk} = 0, j = \overline{1, n}, a_{ij}$  – элемент матрицы «Затраты-Выпуск» размером  $n \times n$ .

Далее проверяется значимость поставок главному потребителю путем сравнения доли поставок данному потребителю от общего объема поставок с некоторым эмпирически заданным пороговым значением ( $\lambda$ ).

В результате строится бинарная матрица С (4) «последующих связей», в которой элемент равен 1, если связь между поставщиком и потребителем значимая, т.е.:

$$\begin{cases} c_{ij} = 1, \text{ if } \frac{c_{kl}}{\sum_j a_{kj}} > \lambda \\ c_{ij} = 0, \text{ if } \frac{c_{kl}}{\sum_j a_{kj}} \leq \lambda \end{cases} \quad (4)$$

Шаг 1.6. Построение матрицы «предшествующих связей» S.

На данном шаге определяются главные поставщики отраслей. Построение бинарной матрицы S «предшествующих связей» происходит аналогично построению матрицы «последующих связей».

Главный поставщик  $k$  отрасли  $l$  определяется по формуле (5):

$$s_{kl} = \max_i a_{il} \quad (5)$$

причем  $a_{ii} = 0, i = \overline{1, n}, a_{ij}$  – элемент матрицы «Затраты-выпуск» размером  $n \times n$ .

Далее заполняется бинарная матрица S (6) значимых поставщиков отраслей-потребителей:

$$\begin{cases} s_{ij} = 1, \text{ if } \frac{s_{kl}}{\sum_i a_{il}} > \lambda \\ s_{ij} = 0, \text{ if } \frac{s_{kl}}{\sum_i a_{il}} \leq \lambda \end{cases} \quad (6)$$

Шаг 1.7. Построение матрицы значимых связей поставщик-потребитель CS.

Элементами матрицы значимых связей (CS) как со стороны поставщика, так и со стороны потребителя (7) являются:

$$cs_{ij} = c_{ij} + s_{ij} \quad (7)$$

В результате некоторые элементы матрицы CS будут равны 2, что свидетельствует о существенной связи и по закупкам, и по поставкам.

Для автоматизации процесса идентификации промышленных кластеров и их визуализации было создано программное средство на языке Python.

## 4. Визуализация промышленных кластеров с использованием инструмента GVMar

Визуализация промышленных кластеров выполнялась с помощью инструмента GVMar, которая производит преобразование графа в карту в географическом стиле с кластерами, выделенными в виде стран (Рис. 7).

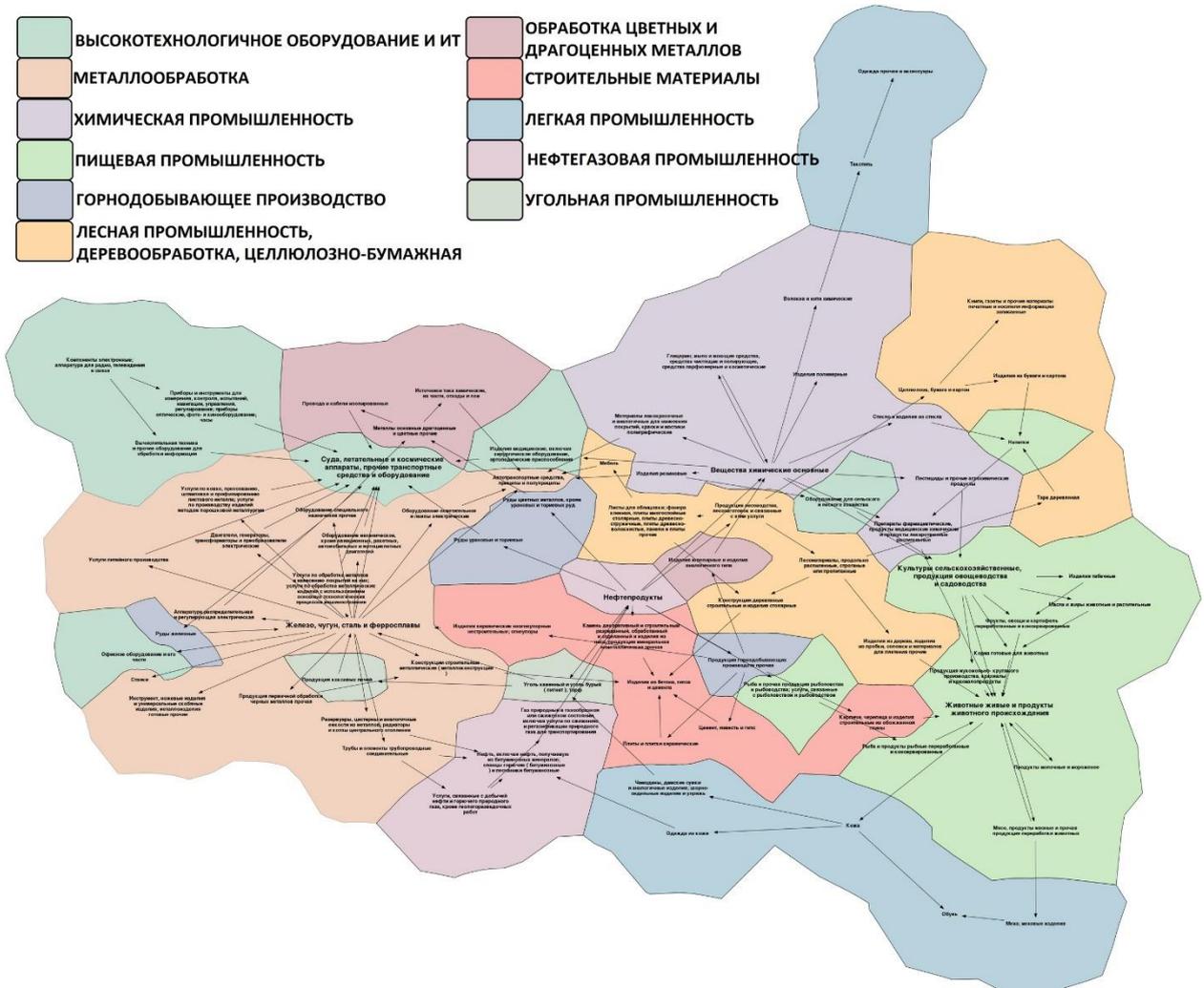


Рис. 7. Визуализация промышленных кластеров с помощью GMar

В нашем случае вершинами графа являются виды экономической деятельности, связи между вершинами графа (ребра) строятся на основании матрицы значимых связей поставщик-потребитель, полученных методом Максимума (шаги 1.5-1.7). Кластеры отраслей, называемые нами «промышленные кластеры», определяются с помощью метода, предложенного С.Замански (шаги 1.1-1.4).

Построенная карта графа содержит агрегированную информацию о связях между отраслями промышленности России. По цвету можно определить группы взаимосвязанных отраслей, а по направлению ребер можно отследить цепочки добавленной стоимости.

Граф содержит 82 вершины и 129 ребер. Все вершины имеют хотя бы одну связь с соседней вершиной. Наибольшее число соседей имеют такие вершины как: «Железо, чугун, сталь и ферросплавы» - 20 соседей, «Суда, летательные и космические аппараты, прочие транспортные средства и оборудование» - 12 соседей, «Животные живые и продукты животного происхождения» - 13 соседей.

Рассмотрим несколько «стран» на карте более подробно.





## Список литературы

1. Официальный сайт Правительства России. Общие вопросы промышленной политики: некоторые важные решения и факты за 6 лет. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/info/32124/> (дата обращения: 07.12.2018).
2. Карта кластеров РФ [Электронный ресурс]. URL: <https://cluster.hse.ru/mirror/pubs/share/22903938> с. 11 (дата обращения: 07.12.2018).
3. Andersson T., Serger S.S., Sorvik J., Wise Hannsson E. The cluster policies white-book. IKED: Malmo, 2004.
4. Feser E.J. Old and new theories of industry clusters. From the Selected Works of E.J. Feser, 1998 [Электронный ресурс]. URL: <https://works.bepress.com/edwardfeser/3/> (дата обращения: 25.03.2016).
5. Ketels Ch., Lindqvist G., Sölvell Ö. Strengthening clusters and competitiveness in Europe. The role of cluster organizations. [Электронный ресурс]. URL: <http://gosbook.ru/node/84334> (дата обращения: 07.12.2016).
6. Sölvell Ö. Clusters. Balancing evolutionary and constructive forces. Second edition. Stock-holm: Ivory Tower Publ., 2009. 140 p.
7. Sölvell Ö., Lindqvist G., Ketels Ch. The cluster initiative greenbook. Stockholm: Ivory Tower Publ., 2003. 93 p.
8. Меньшенина И.Г., Капустина Л.М. Кластерообразование в региональной экономике: моногр. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2008. 154 с.
9. Эффективность деятельности предприятий в условиях кластеризации в регионах РФ: монография / И.И. Богачев, Т.Ф. Крейденко, И.А. Родионова; под ред. проф. И.А. Родионовой. – М.: Университетская книга, 2016 – 238 с.
10. Батталова А.А. Оценка потенциала кластеризации отрасли // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», № 6, 2013, С. 1-8.
11. Кластерные политики и кластерные инициативы: теория, методология, практика / под. ред. Ю.С. Артамоновой, Б.Б. Хрусталева. Пенза: ИП Тугушев С.Ю., 2013. 230 с.
12. Каплина А.В. Анализ моделей формирования кластерных структур в системе региональной экономики: управленческий аспект // Экономические науки, № 5(114), 2014, С. 57-62.
13. Кудрявцева Т.Ю. Теория, методология и инструментарий формирования кластерной промышленной политики. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. – Санкт-Петербург: 2018.
14. Абашкин В.Л., Бояров А.Д., Куценко Е.С. Кластерная политика в России: от теории к практике // Форсайт, Т. 6, № 3, 2012, С. 16–27.
15. Куценко Е.С., Абашкин В.Л., Фияксель Э.А., Исланкина Е.А. Десять лет кластерной политики в России: логика ведомственных подходов // Инновации, № 12(230), 2017, С. 46-58.
16. Акинфеева Е.В. Формирование и развитие региональных кластеров. [Электронный ресурс]. URL: <http://riep.ru/upload/iblock/103/103a3a3fa5e5a0dca75838b37af5a83d.pdf>. (дата обращения: 07.12.2018).
17. Пилотные инновационные территориальные кластеры в Российской Федерации / под ред. Л.М. Гохберга, А.Е. Шадрина. М.: Изд. дом НИУ ВШЭ, 2013. 110 с.
18. Прохорова В.В., Хачатурова М.С. Функции и инструменты развития кластеров в региональной экономики современной России: моногр. Майкоп, 2015. 144 с.
19. Становление инновационных кластеров в России: итоги первых лет поддержки / И.М. Бортник, С.П. Земцов, О.В. Иванова [и др.] // Инновации, № 7 (201), 2015, С. 26-36.

20. Марков Л.С. Теоретико-методологические основы кластерного подхода: моногр. / ИЭОПП СО РАН. Новосибирск, 2015. 300 с.
21. Оценка эффективности кластерного пространственного развития регионов: теоретико-методологический подход: монография / Т. Ю. Ковалева, Е. В. Базуева, Е. Д. Оборина, П. А. Суханова; под общ. ред. Т. Ю. Ковалевой; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – 280 с.
22. Миролюбова Т.В., Карлина Т.В., Ковалева Т.Ю. Закономерности и факторы формирования и развития региональных кластеров: моногр. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 283 с.
23. Krugman P. Increasing returns and Economic Geography // *Journal of Political Economy*, No. 99, 1991, pp. 483–499.
24. Ellison G., Glaeser E.L. Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: a dartboard approach // *Journal of Political Economy*, No. 105, 1997, pp. 889–927.
25. Maurel F., Sedillot B. A measure of the geographic concentration in french manufacturing industries // *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 29, 1999, pp. 575–604.
26. Duranton G., Overman H. Testing for localization using micro-geographic data // *Review of Economic Studies* 72, 2005, pp. 1077–1106.
27. Held J.R. Clusters as an economic development tool: beyond the pitfalls // *Economic Development Quarterly*, No. 10, 1996, pp. 249–261.
28. Crawley A., Beynon M., Munday M. Making location quotients more relevant as a policy aid in regional spatial analysis // *Urban Studies*, No. 50, 2013, pp. 1854–1869.
29. Isaksen A. Towards increased regional specialization? The quantitative importance of new industrial spaces in Norway, 1970–1990 // *Norsk Geografisk Tidsskrift*, No. 50, 1996, pp. 113–123.
30. Braunerhjelm P., Carlsson B. Industry Clusters in Ohio and Sweden, 1975–1995 // *Small Business Economics*, No. 12, 1999, pp. 297–290.
31. Sternberg R., Litzberger T. Regional clusters in Germany: their geography and their relevance for entrepreneurial activities // *European Planning Studies*. No. 12, 2004, pp. 767–792.
32. Brenner T. An Identification of Local Industrial Clusters in Germany // *Regional Studies*, No. 40(9), 2006, pp. 1–14.
33. Porter M. Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy // *Economic Development Quarterly*, No. 14(1), 2000, pp. 15–34.
34. Bergman E., Feser E. *Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Applications*. Virginia: WVU Regional Research Institute, 1999.
35. Марков Л.С., Маркова В.М. Выявление эталонных кластеров: методические вопросы и практическое приложение к отечественной промышленности // *Вестник НГУ. Социально-экономические науки*, Т. 12, вып. 1, 2012, С. 95–108.
36. Bergman Ed.M., Feser Ed.J. *National Industry Cluster Templates: A Framework for Applied Regional Cluster Analysis* // *Regional Studies*. Carfax Publishing. Vol. 34, № 1, 2000, pp. 1–19.
37. Gansner E., Hu Y., Kobourov S. GMap: Visualizing Graphs and Clusters as Maps [Электронный ресурс]. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.154.8753&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 07.05.2018).
38. Czamanski S., Ablas, L. A. Identification of industrial clusters and complexes: a comparison of methods and findings // *Urban Studies*, № 16, 1979, pp. 61–80.
39. Montfort, M. J., Dutailly, J. C. Les filieres de production // *INSEE Archives et Documents*, 1983, pp. 1–193.

# Computer visualization of the identify industrial clusters task using GVMap

E.V. Kozonogova<sup>1</sup>, D.S. Kurushin<sup>2</sup>, J.V. Dubrovskaya<sup>3</sup>

Perm National Research Polytechnic University

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-9573-7336, [elena.semenovaa@gmail.com](mailto:elena.semenovaa@gmail.com)

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0003-4798-7423, [dang73@yandex.ru](mailto:dang73@yandex.ru)

<sup>3</sup> ORCID: 0000-0002-3205-9264, [uliadubrov@mail.ru](mailto:uliadubrov@mail.ru)

## **Abstract**

On the basis of systematization ways of reflection the interactions of cluster relations subjects the technique of visualization of identification industrial clusters is presented. As a visualization tool used GVmap, implemented in the software "Graphviz". Identification of clusters at the macro level is based on the symmetric table "input-output" in the context of 86 economic activities. The input parameters were data in the form of a graph and information about clustering in the data. Economic activities are selected as the vertices of the graph. The connections between the vertices of the graph (edge) were constructed on the basis of the matrix of significant supplier-consumer relations obtained by the Maximum method. Clusters of industries are calculated using the method of Zamanski.

Tool GVMap clustered the data displayed geographic-like maps to the image that not only makes it easier to read the graph connectivity of economic sectors, much as you would to shape an adequate development strategy for enterprises to cluster and for the areas of their localization.

To automate the process of industrial clusters identification and their visualization, a software tool in Python was created.

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 19-010-00562.

**Keywords:** GVMap, data visualization, identification of clusters, the method of S. Zaman-sky, the method of maximum, geographic-like maps.

## **References**

1. Ofitsial'nyy sayt Pravitel'stva Rossii. Obshchiye voprosy promyshlennoy politiki: nekotoryye vazhnyye resheniya i fakty za 6 let. [The official website of the Government of Russia. General issues of industrial policy: some important decisions and facts for 6 years]. (<http://government.ru/info/32124/>) [in Russian]
2. Karta klasterov RF [Map of clusters of the Russian Federation]. (<https://cluster.hse.ru/mirror/pubs/share/22903938>) [in Russian]
3. Andersson T., Serger S.S., Sorvik J., Wise Hannsson E. The cluster policies whitebook. IKED: Malmo, 2004.
4. Feser E.J. Old and new theories of industry clusters. From the Selected Works of E.J. Feser, 1998 (<https://works.bepress.com/edwardfeser/3/>)
5. Ketels Ch., Lindqvist G., Sölvell Ö. Strengthening clusters and competitiveness in Europe. The role of cluster organizations. (<http://gosbook.ru/node/84334>)
6. Sölvell Ö. Clusters. Balancing evolutionary and constructive forces. Second edition. Stockholm: Ivory Tower Publ., 2009. 140 p.
7. Sölvell Ö., Lindqvist G., Ketels Ch. The cluster initiative greenbook. Stockholm: Ivory Tower Publ., 2003. 93 p.

8. Menshenina I.G., Kapustina L.M. Klasteroobrazovaniye v regional'noy ekonomike: monogr. [Clustering in the regional economy: monograph.] Ekaterinburg: Publishing House Ural. state econ University, 2008. 154 p. [in Russian]
9. Effektivnost' deyatel'nosti predpriyatiy v usloviyakh klasterizatsii v regionakh RF: monografiya [The effectiveness of enterprises in the conditions of clustering in the regions of the Russian Federation: monograph]/ I.I. Bogachev, T.F. Kreydenko, I.A. Rodionova; pod red. prof. I.A. Rodionovoy. - M. : University book, 2016 - 238 p. [in Russian]
10. Battalova A.A. Otsenka investitsionnoy klasterizatsii otrasli [Assessment of industry clustering potential] // Internet-journal "SCIENCE", № 6, 2013, pp. 1-8. [in Russian]
11. Klasternyye politiki i klasternyye signaly: teoriya, metodologiya, praktika. [Cluster policies and cluster initiatives: theory, methodology, practice] / under. ed. Yu.S. Artamonova, B.B. Khrustaleva. Penza: IP Tugushev S.Yu., 2013. 230 p. [in Russian]
12. Kaplina A.V. Analiz modeley formirovaniya klasternykh struktur v sisteme regional'noy ekonomiki [Analysis of the models of the formation of cluster structures in the system of the regional economy: the managerial aspect] // Economic Sciences, № 5 (114), 2014, pp. 57-62. [in Russian]
13. Kudryavtseva T.YU. Teoriya, metodologiya i instrumentariy formirovaniya klasternoy promyshlennoy politiki [Theory, methodology and tools for the formation of a cluster industrial policy], Sankt-Peterburg: Thesis for the degree of Doctor of Economic Sciences, 2018. [in Russian]
14. Abashkin V.L., Boyarov A.D., Kutsenko Ye.S. Klaster'naya politika v Rossii: ot teorii k praktike [Cluster policy in Russia: from theory to practice] // Forsyth, Vol. 6, no. 3, 2012, pp. 16-27. [in Russian]
15. Kutsenko Y.S., Abashkin V.L., Fiyaksel E.A., Islankina Y.A. Desyat' let klasternoy politiki v Rossii: logika vedomstvennykh podkhodov [Ten years of cluster policy in Russia: the logic of departmental approaches] // Innovations, No. 12 (230), 2017, pp. 46-58. [in Russian]
16. Akinfeyeva Y.V. Formirovaniye i razvitiye vklyuchayut klasterov. [Formation and development of regional clusters]. (<http://riep.ru/upload/iblock/103/103a3a3fa5e5a0dca75838b37af5a83d.pdf>) [in Russian]
17. Pilotnyye innovatsionnyye territorial'nyye klastery v Rossiyskoy Federatsii [Pilot innovative territorial clusters in the Russian Federation] / ed. L.M. Gokhberg, A.E. Shadrina. M. : Izd. HSE House, 2013. 110 p. [in Russian]
18. Prokhorova V.V., Khachaturova M.S. Funktsii i instrumenty razvitiya klasterov v regional'noy ekonomike sovremennoy Rossii: monogr. [Functions and tools for the development of clusters in the regional economy of modern Russia: monograph] Maykop, 2015. 144 p. [in Russian]
19. Stanovleniye innovatsionnykh klasterov v Rossii: itogi pervykh let podderzhki [The formation of innovation clusters in Russia: the results of the first years of support] / I.M. Bortnik, S.P. Zemtsov, O.V. Ivanova [et al.] // Innovations, No. 7 (201), 2015, pp. 26-36. [in Russian]
20. Markov L.S. Teoretiko-metodologicheskiye osnovy klaster'nogo podkhoda: monogr. [Theoretical and methodological foundations of the cluster approach: monograph] / IEPP SB RAS. Novosibirsk, 2015. 300 p. [in Russian]
21. Otsenka effektivnosti klaster'nogo prostranstvennogo razvitiya regionov: teoretiko-metodologicheskiy podkhod: monografiya [Assessment of the effectiveness of cluster spatial development of regions: a theoretical and methodological approach: a monograph] / T. Yu. Kovaleva, E. V. Bazueva, E. D. Oborina, P. A. Sukhanova; under total ed. T. Yu. Kovaleva; Perm. state nat researches un-t - Perm, 2017. - 280 p. [in Russian]
22. Mirol'yubova T.V., Karlina T.V., Kovaleva T.Y. Zakonomernosti i faktory formirovaniya i razvitiya vydelennykh klasterov: monogr. [Patterns and factors of formation and development of regional clusters: monograph] / Perm. state nat researches un-t Perm, 2013. 283 p. [in Russian]

23. Krugman P. Increasing returns and Economic Geography // *Journal of Political Economy*, No. 99, 1991, pp. 483–499.
24. Ellison G., Glaeser E.L. Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: a dartboard approach // *Journal of Political Economy*, No. 105, 1997, pp. 889–927.
25. Maurel F., Sedillot B. A measure of the geographic concentration in french manufacturing industries // *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 29, 1999, pp. 575–604.
26. Duranton G., Overman H. Testing for localization using micro-geographic data // *Review of Economic Studies* 72, 2005, pp. 1077–1106.
27. Held J.R. Clusters as an economic development tool: beyond the pitfalls // *Economic Development Quarterly*, No. 10, 1996, pp. 249–261.
28. Crawley A., Beynon M., Munday M. Making location quotients more relevant as a policy aid in regional spatial analysis // *Urban Studies*, No. 50, 2013, pp. 1854–1869.
29. Isaksen A. Towards increased regional specialization? The quantitative importance of new industrial spaces in Norway, 1970–1990 // *Norsk Geografisk Tidsskrift*, No. 50, 1996, pp. 113–123.
30. Braunerhjelm P., Carlsson B. Industry Clusters in Ohio and Sweden, 1975–1995 // *Small Business Economics*, No. 12, 1999, pp. 297–290.
31. Sternberg R., Litztenberger T. Regional clusters in Germany: their geography and their relevance for entrepreneurial activities // *European Planning Studies*. No. 12, 2004, pp. 767–792.
32. Brenner T. An Identification of Local Industrial Clusters in Germany // *Regional Studies*, No. 40(9), 2006, pp. 1–14.
33. Porter M. Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy // *Economic Development Quarterly*, No. 14(1), 2000, pp. 15–34.
34. Bergman E., Feser E. *Industrial and Regional Clusters: Concepts and Comparative Applications*. Virginia: WVU Regional Research Institute, 1999.
35. Markov L.S., Markova V.M. Vyyavleniye etalonnykh klasterov: metodicheskiye voprosy i prakticheskoye prilozheniye k otechestvennoy promyshlennosti [Identification of reference clusters: methodological issues and practical application to the domestic industry] // *Bulletin of the NSU. Socio-economic sciences*, vol. 12, no. 1, 2012, pp. 95–108. [in Russian]
36. Bergman Ed.M., Feser Ed.J. *National Industry Cluster Templates: A Framework for Applied Regional Cluster Analysis* // *Regional Studies*. Carfax Publishing. Vol. 34, № 1, 2000, pp. 1–19.
37. Gansner E., Hu Y., Kobourov S. GMap: Visualizing Graphs and Clusters as Maps. (<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.154.8753&rep=rep1&type=pdf>)
38. Czamanski S., Ablas, L. A. Identification of industrial clusters and complexes: a comparison of methods and findings // *Urban Studies*, № 16, 1979, pp 61-80.
39. Montfort, M. J., Dutailly, J. C. Les filieres de production // *INSEE Archives et Documents*, 1983, pp. 1–193.