

DOI: 10.15593/2499-9873/2021.4.07

УДК 51-74

**Л.В. Кожемякин¹, Л.Н. Ясницкий^{2,3},
С.В. Русаков²**

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

³Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермский филиал, Пермь, Россия

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА КЛАСТЕРНО-СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ НА ОСНОВЕ УСТАНОВЛЕНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ ВРП И ПОКАЗАТЕЛЯМИ КОНЦЕНТРАЦИИ РЫНКА

Исследуются основные общепринятые индексы концентрации рынка, адаптированные применительно к подотраслевой структуре. Эти показатели могут быть метриками для определения доминирующих подотраслей, что может применяться для анализа кластерных взаимодействий. Фактически показатели могут служить индикатором потенциала развития кластерного взаимодействия. В текущем исследовании выдвигается гипотеза о том, что если в регионе существует одна доминирующая подотрасль, тогда предприятия, которые являются «представителями» такой подотрасли, имея наиболее значимый вес в формировании этой подотрасли и отрасли в целом, будут влиять на изменение ВРП региона гораздо больше, чем другие предприятия не из доминирующей отрасли. Таким образом, в работе исследуется связь между данными метриками и темпом валового регионального продукта на душу населения как одного из ключевых показателей развития региона. На первом этапе строится и обучается нейронная сеть, позволяющая выявить закономерность между одной из метрик и темпом валового регионального продукта. Далее с учетом аппроксимации полиномами n -го порядка рассмотрены различные спецификации уравнений регрессий между всеми метриками и изменением темпа валового регионального продукта. Дается предположение о том, что только лишь диверсификация производства не ведет к социально-экономическому развитию региона, но создание и развитие кластерного взаимодействия позволяет повысить темп валового регионального продукта.

Ключевые слова: кластерно-сетевое взаимодействие, региональное развитие, валовой региональный продукт, показатели концентрации рынка, метрика, индекс Холла – Тайдмана, индекс кластерной нагрузки, нейронные сети, спецификация уравнений регрессии, диверсификация производства.

L.V. Kozhemyakin¹, L.N. Yasnitsky^{2,3}, S.V. Rusakov²

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

²Perm State University, Perm, Russian Federation

³National Research University "Higher School of Economics", Perm branch, Perm, Russian Federation

IDENTIFICATION OF THE POTENTIAL OF CLUSTER-NETWORK INTERACTION OF ORGANIZATIONS BASED ON ESTABLISHING A LINK BETWEEN GRP AND MARKET CONCENTRATION INDICATORS

This paper examines the main generally accepted market concentration indices adapted to the sub-industry structure. These indicators can be metrics for determining the dominant sub-sectors, which can be used to analyze cluster interactions. In fact, indicators can serve as an indicator of the potential for the development of cluster interaction. The current study hypothesizes that if there is one dominant sub-sector in the region, then enterprises that are "representatives" of such a sub-sector, having the most significant weight in the formation of this sub-sector and the industry as a whole, will influence the change in the GRP of the region much more than other enterprises not from the dominant industry. Thus, the paper explores the relationship between these metrics and the rate of gross regional product per capita, as one of the key indicators of regional development. At the first stage, a neural network is built and trained to identify a pattern between one of the metrics and the rate of gross regional product. Further, approximating by n-th order polynomials, various specifications of regression equations are considered, between all metrics and the change in the rate of gross regional product. The assumption is made that only the diversification of production does not lead to the socio-economic development of the region, but the creation and development of cluster interaction allows to increase the rate of gross regional product.

Keywords: cluster-network interaction, regional development, gross regional product, market concentration indicators, metric, Hall–Taidman index, cluster load index, neural networks, specification of regression equations, production diversification.

Региональная социально-экономическая система представляет собой сложный и многоаспектный объект для управления, так как, с одной стороны, она является иерархической подсистемой страны, поскольку 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. Стабильный рост экономики и благосостояние населения могут быть достигнуты путем структурных преобразований экономики [1, 2].

Интерес представляют трансформации, вызванные прогрессом новых секторов и диверсификацией отраслевой структуры экономик

стран и регионов [3, 4]. Такие преобразовательные процессы включают в себя как создание новых, так и рост, ослабление или даже исчезновение отдельных видов экономической деятельности. Такое различие в преобразовательных траекториях может сосуществовать как в связке сетевого взаимодействия регионов, так и в пределах одного региона [5].

Существует ряд работ, направленных на исследование отраслевой структуры регионов страны. Проводится анализ специализации как отдельных субъектов, так и округов. Так, в работе [5] к наиболее распространенным отраслям специализации регионов России относятся: изделия из дерева (16 регионов); одежда, телекоммуникационное оборудование, мясная продукция, пластмассовые и резиновые изделия, огнеупорные материалы (15 регионов); нефть и газ, тяжелое машиностроение, химическая продукция, лесная промышленность и целлюлозно-бумажные изделия (14 регионов). Основные характерные процессы преобразования в отраслевой структуре свойственны регионам Центрального федерального округа, Северо-Западного федерального округа и Приволжского федерального округа (далее – ПФО).

В среднем в этих округах наблюдается значительный рост отраслей традиционной промышленности (прежде всего в Ленинградской, Псковской, Новгородской, Саратовской, Кировской областях, Удмуртской и Чувашской Республиках). Что касается регионов рассматриваемой категории из других федеральных округов, то трансформации заключались в укреплении традиционных сервисных секторов (оптовая торговля, туризм, транспортировка нефти и др.) с уклоном ряда субъектов в сторону креативной индустрии (издательское дело, звукозапись и др.). Значительные сдвиги зафиксированы в Иркутской области, Приморском, Ставропольском и Краснодарском краях [5].

В работах А.Н. Васильева, Т.В. Усковой [6, 7], Francisco Diniz и Vinod Upadhyay [8] и других исследователей приведен расчет коэффициента локализации, который позволяет оценить относительную степень концентрации той или иной деятельности в данном регионе и ее специализации, коэффициента, позволяющего охарактеризовать экономику региона в соответствии с ее более высоким или меньшим уровнем развития.

Одним из показателей развитости рынка является его сбалансированная отраслевая структура, где свободная и здоровая конкуренция

обуславливает больший уровень социально-экономического развития. Рынок будет становиться более конкурентным при меньшей концентрации ввиду усиления зависимости и сотрудничества между фирмами одной области.

Для анализа рыночной структуры и ее динамики используются показатели рыночной концентрации, интерпретация которых позволяет сделать оценку степени монополизации рынка и характера конкуренции его игроков. Существует ряд работ [1, 2, 9], посвященных оценке концентрации фирм на рынке, но в текущей работе рассмотрены основные общепринятые показатели концентрации и проведена адаптация таких показателей концентрации в рамках отраслевого баланса, что является также новизной данного исследования.

Для определения целевой необходимости в формировании кластерно-сетевых взаимодействий на территории (ПФО) предлагается рассмотреть состояние экономики региона в разрезе подотраслевого баланса на предмет доминирования одной или нескольких подотраслей.

В рамках данного исследования были использованы основные общепринятые показатели концентрации рынка: индекс концентрации, индекс Херфиндала – Хиршмана, индекс энтропии рынка, индекс Ханна – Кея, индекс Холла – Тайдмана, коэффициент Джини, адаптированные для исследования отрасли «обрабатывающие производства» (табл. 1).

Таблица 1

Основные общепринятые показатели концентрации рынка

Показатель	Формула	Адаптация для отрасли «обрабатывающие производства»
Индекс концентрации*	$CR_n = \sum_{i=1}^n S_i \cdot 100$	S_i – доля подотрасли в отрасли «обрабатывающие производства», n – количество подотраслей (CR_n может быть трёхдольным ($n = 3$) или четырёхдольным ($n = 4$))
Индекс энтропии*	$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \ln \left(\frac{1}{S_i} \right)$	S_i – доля подотрасли в отрасли «обрабатывающие производства», n – количество подотраслей

Окончание табл. 1

Показатель	Формула	Адаптация для отрасли «обрабатывающие производства»
Индекс Ханна – Кея	$HK = \left(\sum_{i=1}^N \delta_i^a \right)^{\frac{1}{1-a}}$	δ_i – доля подотрасли в отрасли «обрабатывающие производства», N – количество подотраслей, α – вариативный показатель (примем $\alpha = 0,5$)
Индекс Холла – Гайдмана	$HT = \frac{1}{2 \left(\sum_{i=1}^N R_i \delta_i \right) - 1}$	δ_i – доля подотрасли в отрасли «обрабатывающие производства», N – количество подотраслей, R_i – ранг i -й подотрасли
Коэффициент (индекс) Джини	$G = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (N - 2R_i + 1) \delta_i$	δ_i – доля подотрасли в отрасли «обрабатывающие производства», N – количество подотраслей, R_i – ранг i -й подотрасли

Примечание. Данные формулы могут быть использованы и для других отраслей.

*Приняты на законодательном уровне для проведения анализа состояния конкуренции на товарном рынке (федеральная антимонопольная служба, приказ от 28 апреля 2010 г. № 220). Далее для расчетов примем CR_n при $n = 3$, т.к. именно такой вариант утвержден на законодательном уровне.

Эти показатели могут быть метриками для определения доминирующих подотраслей, что может применяться для анализа кластерных взаимодействий. Фактически показатель может служить индикатором потенциала развития кластерного взаимодействия. Например, высокое значение индекса Херфиндаля – Хиршмана, рассчитанное для конкретного региона, свидетельствует о доминировании подотрасли в отрасли, тем самым подтверждая целесообразное занятие тем видом деятельности, которым занимаются предприятия, а значит, в регионе созданы все условия для выгодного ведения этого бизнеса. Следовательно, могут появляться новые предприятия, занимающиеся таким же, или похожим, или смежным видом деятельности, обслуживающие или поставляющие продукцию, которые будут связаны с этой доминирующей подотраслью.

Предположим, что существует одна доминирующая подотрасль, тогда предприятия, которые являются «представителями» такой под-

отрасли, имея наиболее значимый вес в формировании этой подотрасли и отрасли в целом, будут влиять на изменение ВРП региона гораздо больше, чем другие предприятия не из доминирующей отрасли.

В данной работе приводится гипотеза о наличии связи между темпом ВРП как одним из ключевых показателей развитости региона и вышеописанными метриками, которые могут служить индикаторами, показывающими потенциал кластерного взаимодействия. Именно поэтому эти метрики в дальнейшем могут использоваться в качестве объясняющих переменных.

Анализ фундаментальных научных исследований ведущих ученых по рассматриваемой тематике показал, что существуют и другие работы, в которых рассматривается структура отраслевого баланса регионов.

В работе [10] предлагается использовать для определения разнообразия состояния экономической системы региона с потенциально высоким уровнем кластеризации экономики следующий интегральный способ:

$$S = (1 + ma) \sum_{i=1}^n S_i K_i,$$

где S_i – весовой коэффициент i -го типа связей в кластере; K – число элементов связи; n – тип элементов; m – коэффициент, учитывающий величину разнообразия связей в сравнении со сложностью элементов; α – доля результативных связей. Пользуясь данным методом, авторы работы [10] полагают, что в кластерных моделях можно вычислить такое расположение сетевых связей, которое обеспечивало бы условие оптимальности и обладало бы эффектом их влияния на количественные результаты функционирования кластеров, благодаря чему тем самым появляется возможность моделирования кластерно- сетевого механизма региона.

Интерес представляет работа Д.А. Михалева [11], в которой автор вводит понятие «степень кластеризации» для определения ориентированности региональной экономики на малое или большое число отраслей. По мнению автора, индикатор «степень кластеризации» – это показатель, который позволяет количественно определить ориентированность региональной экономики на определенную подотрасль [11, с. 81].

Одним из дискуссионных мест у индикатора «степень кластеризации» является отсутствие робастности, так как средняя величина неустойчива к появлению сильных лидеров.

Подход Д.А. Михалева в определении степени кластеризации получил развитие в работе [12], где использовалась свертка двух нормированных показателей для определения M_i – потенциала развития кластерно-сетевого взаимодействия (далее – КСВ).

Первый показатель – индекс кластерной нагрузки k_i – является модификацией индикатора «степень кластеризации» (предложен Д.А. Михалевым), который из-за различий в редакциях по ОКВЭД за исследуемый период дополнительно делился на количество подотраслей. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$k_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{w_{ij}}{W_j} - \overline{w_{ij}} \right)^2}{E}}, \quad (1)$$

где k_i – индекс кластерной нагрузки; w_{ij} – удельный показатель j -й подотрасли отгруженной продукции по какому-либо виду экономической деятельности i -го региона; $\overline{w_{ij}}$ – среднее значение j -й подотрасли отгруженной продукции по какому-либо виду экономической деятельности i -го региона для рассчитываемого года; W_j – удельный показатель j -й подотрасли для России в целом; $\overline{W_j}$ – среднее значение подотраслей отгруженной продукции по какому-либо виду экономической деятельности для России в целом для рассчитываемого года; $i \in I, I = \overline{1, m}, m$ – количество регионов, $j \in J, J = \overline{1, n}, n$ – количество всех подотраслей за исследуемый период;

$$E = \frac{n_g^*}{\max(n)},$$

где n_g^* – количество текущих подотраслей за исследуемый год.

Второй показатель является формализацией транспортно-логистической составляющей, показывает степень развития транспортной инфраструктуры в регионе и имеет следующий вид:

$$L_i = \omega_1 L_i^{\text{Esb}} + \omega_2 L_i^{\text{Ast}},$$

где L_i – плотность грузооборота транспортных потоков i -го региона; L_i^{Esb} – грузооборот железнодорожного транспорта i -го региона (млн т на 1 км); L_i^{Ast} – грузооборот автомобильного транспорта i -го региона

(млн т на 1 км); ω_1, ω_2 – весовые коэффициенты, $\omega_1 = \frac{L_i^{\text{Esb}}}{L_i^{\text{Esb}} + L_i^{\text{Ast}}}$,

$$\omega_2 = \frac{L_i^{\text{Ast}}}{L_i^{\text{Esb}} + L_i^{\text{Ast}}}, \omega_1 + \omega_2 = 1.$$

В долгосрочной перспективе КСВ позволяет оценить направление региона для выбора перераспределения финансов.

Таким образом, в текущей работе вместе с общепринятыми индексами (см. табл. 1) в качестве возможной метрики, показывающей развитие кластерного взаимодействия, будем также использовать потенциал кластерно-сетевого взаимодействия M_i .

За ключевой критерий, характеризующий уровень развитости региона, примем темп валового регионального продукта (далее – ВРП) на душу населения.

В данной работе выдвигается гипотеза о наличии связи между ВРП и вышеописанными метриками, которые могут служить индикаторами, показывающими потенциал кластерного взаимодействия. Именно поэтому эти метрики могут использоваться в качестве объясняющих переменных.

На примере Пермского края в качестве объясняющей переменной выберем показатель потенциала кластерно-сетевого взаимодействия M_i и построим с последующим обучением нейронную сеть, которая позволит определить наличие связи между данным показателем и темпом ВРП на душу населения, а также в краткосрочном прогнозе показать степень влияния развития кластерно-сетевого взаимодействия на темп ВРП. В труде Л.Н. Ясницкого «Искусственный интеллект» проводится анализ основных подходов и методов нейросетевого моделирования, предложен вариант выбора оптимального персептрона. Далее при нейросетевом моделировании опираемся на исследования и выводы Л.Н. Ясницкого [13].

Для построения нейронной сети в работе использован пакет нейросетевого моделирования Statistica Neural Networks программной среды Statistica. Согласно общепринятой технологии проектирования нейронных сетей все множество примеров разбивалось на следующие подмножества: обучающее, тестирующее и подтверждающее [14].

Из двух тысяч построенных нейронных моделей отобрана модель с наилучшими статистическими показателями, в результате которой установлена взаимосвязь потенциала кластерно-сетевого взаимодействия и темпа валового регионального продукта.

Обнаруженная зависимость подтверждает гипотезу о том, что существует связь между ВРП как ключевым показателем развития региона и показателем M_i , который отображает потенциал кластерно-сетевого взаимодействия. Видно, что полученная зависимость имеет определенную область плато, которая показывает, на каком этапе экономически становится нецелесообразно продолжать развивать кластерно-сетевые взаимодействия, так как дальнейшие большие затраты и усилия в развитии и поддержке кластерно-сетевых взаимодействий впоследствии будут приносить небольшой прирост валового регионального продукта (рис. 1).

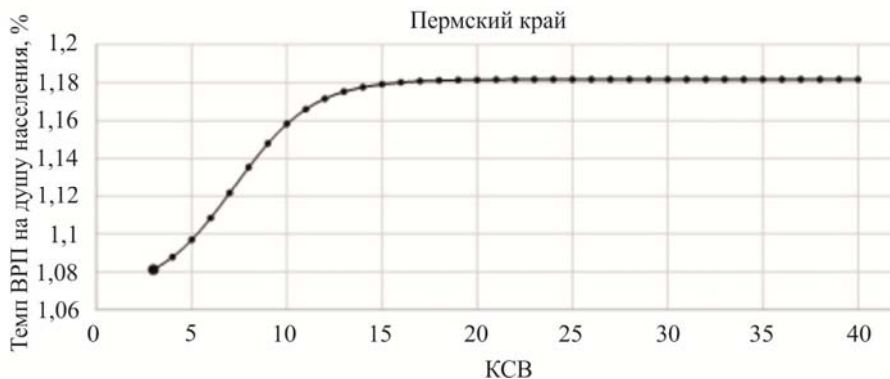


Рис. 1. Взаимосвязь КСВ и темпа ВРП на душу населения

С опорой на вышесказанное целесообразным является установление связи между темпом ВРП на душу населения и описанными выше всеми метриками, которые используются для анализа региональных рынков, адаптированными под анализ подотраслей в отрасли промыш-

ленного производства. Это позволит нам определить ту метрику, которая наилучшим образом будет объяснять изменение темпа ВРП.

Несмотря на хорошую аппроксимирующую способность нейронной сети, основным ее недостатком является неинтерпретируемость (невербальность) получаемых результатов, что является следствием невозможности использования имеющихся знаний, представленных в форме функциональных зависимостей. Внутреннее представление результатов обучения зачастую настолько сложно, что его невозможно проанализировать, за исключением некоторых простейших случаев, обычно не представляющих интереса [5].

С другой стороны, построенную с помощью нейросети зависимость можно аппроксимировать полиномом n -го порядка с определенной погрешностью. В нашем случае полином 5-го порядка достаточно хорошо аппроксимирует результаты, которые получены при нейросетевом моделировании. На рис. 2 представлены аппроксимирующие нейронную сеть полиномиальные функции 2, 3, 4, 5-го порядка, аппроксимирующие зависимость, полученную с помощью нейронной сети.

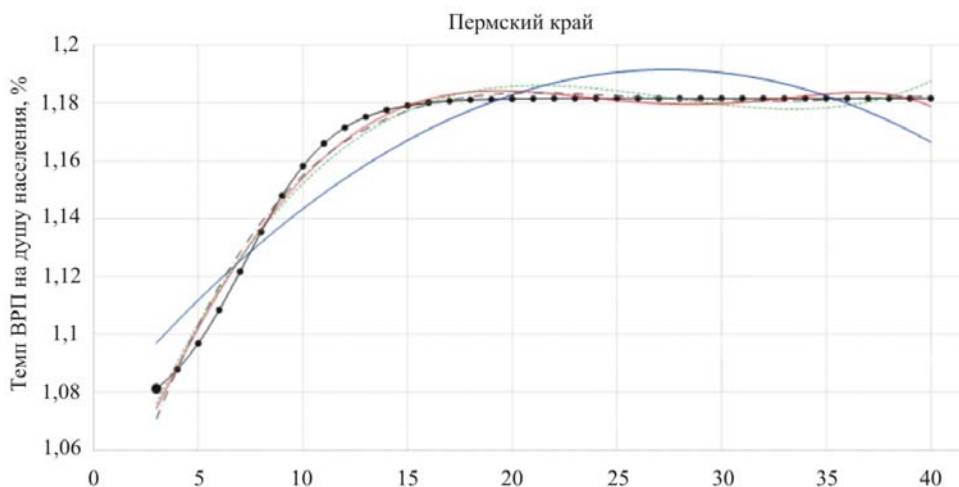


Рис. 2. Аппроксимация функции, полученной с помощью нейронной сети, полиномами n -го порядка: — — — — $y = -0,0002x^2 + 0,0087x + 1,0723$, $R^2 = 0,8753$; — — — — $y = 9E-06x^3 - 0,0007x^2 + 0,0193x + 1,0246$, $R^2 = 0,9814$; - - - - - $y = -2E-08x^5 + 2E-06x^4 - 4E-05x^3 - 5E-05x^2 + 0,016x + 1,0276$, $R^2 = 0,9876$; — — — — $y = -2E-08x^5 + 2E-06x^4 - 4E-05x^3 - 5E-05x^2 + 0,016x + 1,0276$, $R^2 = 0,9901$; — — — — — нейронная сеть (см. рис. 1)

Это удобно для построения спецификаций регрессионных уравнений, способных описать взаимосвязь показателей темпа валового регионального продукта и всех вышеописанных метрик.

В работе с помощью регрессионного анализа были построены уравнения 5-го порядка, в результате чего определено, что для всех регионов среднее и медианное отклонения оказались меньше у индекса Холла – Тайдмана и его изменение наилучшим образом описывает изменение темпа ВРП (табл. 2).

Степень развитости инфраструктурного базиса для взаимодействий играет важную роль, особенно наличие развитости транспортной сферы, способствующей оптимизации логистических потоков. Ввиду этого была также рассмотрена дополнительная спецификация регрессионного уравнения для индекса Холла – Тайдмана, но уже с учетом показателя L_i , являющегося формализацией транспортно-логистической составляющей (табл. 3).

Таблица 2

Оценка погрешности прогнозирования темпа ВРП с помощью уравнения, использующего в качестве переменной индекс Холла – Тайдмана

Год	Ср. факт. значение (темп ВРП)	Ср. прогноз. значение (темп ВРП)	Отклонение, %
2005	1,144 14	1,191 46	3,97
2006	1,146 88	1,183 02	3,05
2007	1,142 02	1,187 87	3,86
2008	1,147 22	1,207 21	4,97
2009	1,132 53	1,183 85	4,34
2010	1,131 80	1,199 95	5,68
2011	1,130 61	1,179 31	4,13
2012	1,141 76	1,188 40	3,92
2013	1,147 80	1,232 46	6,87
2014	1,156 06	1,213 40	4,73
2015	1,121 50	1,179 13	4,89
2016	1,124 85	1,147 20	1,95
2017	1,134 81	1,155 11	1,76
2018	1,136 75	1,180 59	3,71
Ср. значение			4,13

Результаты сравнения фактических значений темпов ВРП с расчетными при дополнительном учете переменной L_i , отражающей транспортно-логистическую инфраструктуру (см. таблица 3) показывают уменьшение среднего отклонения прогнозных от фактических значений темпа ВРП, что говорит о более лучшей способности индекса Холла – Тайдмана описывать изменение темпа ВРП. Область определения для показателей индекса Холла – Тайдмана находится в диапазоне $\left(\frac{1}{n}; 1\right]$, где n – количество подотраслей.

Таблица 3

Оценка погрешности прогнозирования темпа ВРП с помощью уравнения регрессии, использующего в качестве переменной индекс Холла – Тайдмана с учетом показателя транспортной инфраструктуры L_i

Год	Ср. факт. значение (темп ВРП)	Ср. прогноз. значение (темп ВРП)	Отклонение, %
2005	1,144 14	1,199 16	4,59
2006	1,146 88	1,185 55	3,26
2007	1,142 02	1,191 46	4,15
2008	1,147 22	1,196 04	4,08
2009	1,132 53	1,193 98	5,15
2010	1,131 80	1,183 39	4,36
2011	1,130 61	1,179 59	4,15
2012	1,141 76	1,188 25	3,91
2013	1,147 80	1,229 30	6,63
2014	1,156 06	1,213 20	4,71
2015	1,121 50	1,180 89	5,03
2016	1,124 85	1,145 46	1,80
2017	1,134 81	1,156 53	1,88
2018	1,136 75	1,182 89	3,90
Ср. значение			4,11

На рис. 3 наблюдается обратная зависимость между индексом Холла – Тайдмана и темпом ВРП на душу населения, в отличие от рис. 1, где показатель КСВ и темп ВРП на душу населения имеют прямую зависимость. Исходя из структуры формулы расчета индекса Холла – Тайдмана (см. табл. 1), где ранг и доля подотрасли в отрасли

находятся в знаменателе, следует, что чем отрасль доминирует в регионе, тем ниже ее ранг, а значит, индекс Холла – Тайдмана принимает большее значение, при этом темп ВРП ниже. И наоборот, отсутствие доминирующей подотрасли, или высокая диверсификация обрабатывающей промышленности в регионе ведет к уменьшению показателя индекса Холла – Тайдмана, при этом темп ВРП на душу населения растет.

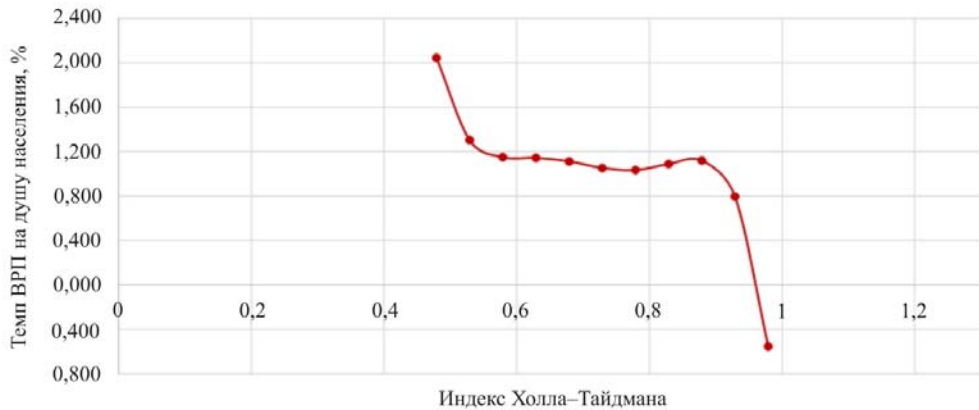


Рис. 3. График функции, построенной по найденному уравнению 5-го порядка, аппроксимирующему зависимость между темпом ВРП на душу населения и индексом Холла–Тайдмана (где $n = 12$)

Полученную зависимость, приведенную выше (см. рис. 3) стоит рассматривать как приближенную, поскольку видно, что полином 5-й степени на рассматриваемой области определения не обладает монотонностью. В будущем целесообразно идентифицировать параметры нейросетевой модели, как это было сделано ранее (см. рис. 1), но уже в качестве объясняющей переменной использовать именно индекс Холла – Тайдмана совместно с переменной L_i , отражающей транспортно-логистическую инфраструктуру региона. Ожидается, что зависимость будет монотонно убывающей по переменной НТ, соответствующей индексу Холла – Тайдмана. В случае подтверждения данной гипотезы именно индекс Холла – Тайдмана следует использовать как один из показателей эффективности функционирования социально-экономической системы на региональном уровне, а соответственно можно будет ставить задачу управления – достижения целевого показателя $НТ \cdot L$, обеспечивающего достижение требуемого уровня ВРП.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Boschma R. Relatedness as driver of regional diversification: a research agenda // *Regional Studies*. – 2017. – Vol. 51, № 3. – P. 351–364. – DOI: 10.1080/00343404.2016.1254767
2. Hausmann R., Hidalgo C.A. The network structure of economic output // *Journal of Economic Growth*. – 2011. – Vol. 16, № 4. – P. 309–342.
3. The product space conditions the development of nations / C.A. Hidalgo, B. Klinger, A.L. Barabasi, R. Hausmann // *Science*. – 2007. – Vol. 317. – P. 482–487.
4. Shooting high or low: Do countries benefit from Entering into unrelated activities? F.L. Pinheiro, A. Alshamsi, D. Hartmann, R. Boschma, C.A. Hidalgo [Электронный ресурс] – 43 p. – URL: <https://arxiv.org/abs/1801.05352> (accessed 17 June 2020).
5. Kutsenko E., Eferin Y. “Whirlpools” and “SafeHarbors” in the dynamics of industrial specialization in Russian regions // *Foresight and STI Governance*. – 2019. – Vol.13, no. 3. – P. 24–40. – DOI: 10.17323/2500-2597.2019.3.24.40
6. Васильев А.Н. О показателях специализации регионов [Электронный ресурс] // *Проблемы современной экономики*. – 2009. – № 2 (30). – URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2559> (дата обращения: 22.01.2021 г).
7. Производственные кластеры и конкурентоспособность региона : монография / колл. авт. под рук. Т.В. Усковой. – Вологда: Ин-т социально-экономического развития территорий РАН, 2010. – 246с.
8. Francisco D., Upadhyay V. Productive specialization and regional development at state level in India // *Regional Science Inquiry Journal*. – 2010. – Vol. II (2), 2010. – P. 105–118.
9. Челнокова О.Ю. Моделирование использования индекса Херфиндалля – Хиршмана при анализе степени концентрации фирм на отраслевом рынке // *Профессиональная ориентация*. – 2018. – № 2. – С. 54–58.
10. Плотникова Т.Н., Шibaева Т.А. Кластерно-сетевая модель регионального развития // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 2. – С. 193–196.
11. Михалев, Д.А. Моделирование процессов формирования и развития региональных промышленных кластеров: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Михалев Дмитрий Александрович; [Место защиты: Волгогр. гос. техн. ун-т]. – Иваново, 2015. – 223 с.
12. Kozhemyakin L.V., Ospiova M.U., Nikitin V.N. Organization behavior control of spatial cluster-network integration of the oil and gas complex // *SHS Web Conferences*. – 2021. – Vol. 116 (2021). – Art. 00014. – DOI: 10.1051/shsconf/202111600014.

13. Ясницкий Л.Н. Искусственный интеллект. Элективный курс: учеб. пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 – 197 с.

14. Боровиков В.Б. Нейронные сети. *Statistica Neural Networks: методология и технологии современного анализа данных*. 2-изд., перераб. и доп. / под ред. В.П. Боровикова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 392 с.

15. Lengyel B., Iwasaki I., Szanyi M. Industry cluster and regional economic growth: evidence from Hungary // *Hitotsubashi Journal of Economics*. – 2010. – Т. 51, № 2. – Р. 149–167. – DOI: 10.15057/18777.

References

1. Boschma R. Relatedness as Driver of Regional Diversification: A Research Agenda. *Regional Studies*, 2017, vol. 51 (3), pp. 351–364. DOI: 10.1080/00343404.2016.1254767

2. Hausmann R., Hidalgo C.A. The Network Structure of Economic Output. *Journal of Economic Growth*, 2011, vol. 16 (4), pp. 309–342.

3. Hidalgo C.A., Klinger B., Barabasi A.L., Hausmann R. The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science*, 2007, vol. 317, pp.482–487.

4. Pinheiro F.L., Alshamsi A., Hartmann D., Boschma R., Hidalgo C.A. Shooting High or Low: Do Countries Benefit from Entering Unrelated Activities?, available at: <https://arxiv.org/abs/1801.05352> (accessed 17 June 2020).

5. Kutsenko E., Eferin Y. “Whirlpools” and “SafeHarbors” in the Dynamics of Industrial Specialization in Russian Regions. *Foresight and STI Governance*, 2019, vol. 13 (3), pp.24–40. DOI:org/10.17323/2500-2597.2019.3.24.40.

6. Vasil'ev A.N. O pokazateliakh spetsializatsii regionov [About the indicators of specialization of regions]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2009, vol. 2 (30), available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2559> (accessed 22 January 2021).

7. Uskova T.V. et al. Proizvodstvennyye klastery i konkurentosposobnost' regiona [Industrial clusters and regional competitiveness]. Vologda, Institut sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia territorii RAN, 2010, 246 p.

8. Francisco D., Upadhyay V. Productive Specialization and Regional Development at State Level in India. *Regional Science Inquiry Journal*, 2010, vol. 2 (2), pp. 105–118.

9. Chelnokova O.Iu. Modelirovanie ispol'zovaniia indeksa Kherfindalia-Khirshmana pri analize stepeni kontsentratsii firm na otraslevom rynke [Modeling of use of Herfindal-Hirshmam Index in the Analysis of the Degree of Concentration of Firms on the Industry Market]. *Professional'naia orientatsiia*, 2018, vol. 2, pp. 54–58.

10. Plotnikova T.N., Shibaeva T.A. Klasterno-setevaia model' regional'nogo razvitiia [Cluster-network Modeling of Regional Development]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2016, vol. 2, pp. 193–196.

11. Mikhalev D.A. Modelirovanie protsessov formirovaniia i razvitiia regional'nykh promyshlennykh klasterov [Modeling of Processes of Formation and Development of Regional Industrial Clusters]. Ph. D. thesis. Ivanovo, 2015, 223 p.

12. Kozhemyakin L.V., Ospiova M.U., Nikitin V.N. Organization Behavior Control of Spatial Cluster-Network Integration of The Oil And Gas Complex. *SHS Web Conferences*, 2021. vol. 116, art. 00014. DOI: 10.1051/shsconf/-202111600014.

13. Iasnitskii L.N. Iskusstvennyi intellekt. Elektivnyi kurs [Artificial Intelligence. Elective Course]. Moscow, Binom, Laboratoriia znanii, 2011, 197p.

14. Borovikov V.B. Neironnye seti. Statistika Neural Networks: metodologiya i tekhnologii sovremennogo analiza dannykh [Neural Networks. Statistika Neural Networks: Methodology and Technologies of Modern Data Analysis, 2nd edition] Eds. V. B. Borovikov. Moscow, Telekom, 2008, 392 p.

15. Lengyel B., Iwasaki I., Szanyi M. Industry Cluster and Regional Economic Growth: Evidence from Hungary. *Hitotsubashi Journal of Economics*, 2010, vol. 51, no. 2, pp. 149–167. DOI: 10.15057/18777.

Статья получена: 11.11.2021

Статья принята: 16.11.2021

Опубликовано: 26.01.2022

Сведения об авторах

Кожемякин Леонид Валерьевич (Пермь, Россия) – аспирант кафедры «Прикладная математика», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: lvkozhemyakin@yandex.ru).

Ясницкий Леонид Нахимович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная математика и информатика», Пермский государственный национальный исследовательский университет (614990, Пермь, ул. Букирева, 15, yasn@psu.ru); профессор кафедры «Информационные технологии в бизнесе», Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (614070, Пермь, ул. Студенческая, 38, e-mail: yasn@psu.ru).

Русаков Сергей Владимирович (Пермь, Россия) – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика», Пермский государственный национальный исследовательский университет (614990, Пермь, ул. Букирева 15, e-mail: rusakov@psu.ru).

About the authors

Leonid V. Kozhemyakin (Perm, Russian Federation) – Ph.D. Student, Department of Applied Mathematics, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: lvkozhemyakin@yandex.ru).

Leonid N. Yasnitsky (Perm, Russian Federation) – Dr. Habil in Engineering, Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Science, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990, e-mail: yasn@psu.ru); Professor, Department of Information Technologies in Business, National Research University “Higher School of Economics” (38, Studencheskaya st., Perm, 614070).

Sergey V. Rusakov (Perm, Russian Federation) – Dr. Habil in Physics and Mathematics, Professor, Head of Department of Applied Mathematics and Informatics, Perm State University (15, Bukireva st., Perm, 614990, e-mail: rusakov@psu.ru).

Библиографическое описание статьи согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018:

Кожемякин, Л.В. Идентификация потенциала кластерно-сетевое взаимодействия организаций на основе установления связи между ВРП и показателями концентрации рынка / Л. В. Кожемякин, Л. Н. Ясницкий, С. В. Русаков. – текст: непосредственный. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.4.07 // Прикладная математика и вопросы управления = Applied Mathematics and Control Sciences. – 2021. – № 4. – С. 119–135.

Цитирование статьи в изданиях РИНЦ:

Кожемякин, Л.В. Идентификация потенциала кластерно-сетевое взаимодействия организаций на основе установления связи между ВРП и показателями концентрации рынка / Л. В. Кожемякин, Л. Н. Ясницкий, С. В. Русаков // Прикладная математика и вопросы управления. – 2021. – № 4. – С. 119–135. – DOI: 10.15593/2499-9873/2021.4.07

Цитирование статьи в references и международных изданиях

Cite this article as:

Kozhemyakin L.V., Yasnitsky L.N., Rusakov S.V. Identification of the potential of cluster-network interaction of organizations based on establishing a link between GRP and market concentration indicators. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2021, no. 4, pp. 119–135. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.4.07 (in Russian)