Векторная карта драйверов структурных изменений в региональной промышленности

Лапаев Дмитрий Николаевич
доктор экономических наук, профессор, заместитель директора Института экономики и управления, заведующий кафедрой «Управление инновационной деятельностью», Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, dnlapaev@mail.ru,

Катаева Лилия Юрьевна
доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры «Цифровая экономика», Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, kataeval2010@mail.ru

Цель исследования состоит в разработке расчётного алгоритма двухпериодного сопоставления отраслевых профилей и его применении к обрабатывающей промышленности Нижегородской области. Эмпирическую базу образуют официальные годовые индексы физического объёма пяти сопоставимых производств за 2024 и 2025 гг.; ряд регионального ИПП за 2015-2025 гг. используется для макроэкономического контекста. Пять производств формировали 59,8% отгрузки обрабатывающих отраслей в 2024 г.; эта доля характеризует охват, но не используется как вес. Алгоритм включает исходный и центрированный углы, показатели межотраслевого разброса, коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена, совпадение знаков, точный перестановочный критерий, последовательное исключение отраслей и парный бутстрап. Исходный угол составил 91,313°, а центрированный - 76,382°. Корреляции Пирсона и Спирмена равны 0,235 и 0,200, совпадение знаков достигло 60%. Стандартное отклонение темпов увеличилось с 10,99 до 31,17 процентного пункта, диапазон - с 30,5 до 79,3 процентного пункта, средняя абсолютная разность составила 31,46 процентного пункта. Проверки чувствительности показали зависимость угловой оценки от состава пяти отраслей и широкий бутстрап-интервал, поэтому углы интерпретируются как описательные характеристики фиксированного набора. Результаты отделяют расширение компонентного разброса от изменения среднего уровня и не смешивают эти процессы в одном интегральном показателе. Установлено, что положительный агрегированный индекс в 2025 г. сочетался с расширением межотраслевой неоднородности и перераспределением относительных позиций производств.

Ключевые слова: региональная промышленность, векторная диагностика, драйверы структурных изменений, корреляция Спирмена, бутстрап-анализ, анализ чувствительности, Нижегородская область.

Введение

Индекс промышленного производства (ИПП) является ключевым показателем краткосрочной динамики реального сектора. Однако одинаковое агрегированное значение может отражать разные процессы: синхронное изменение отраслей, компенсацию разнонаправленных колебаний или доминирование отдельных производств. Поэтому анализ требует оценки не только общего уровня динамики, но и внутренней структуры отраслевого профиля. Исследования региональной устойчивости различаются объектами, показателями и временными горизонтами, поэтому их результаты не могут напрямую переноситься на двухпериодное сравнение физических темпов пяти отраслей. Rocchetta и Mina показали связь адаптивной устойчивости регионов Великобритании с технологической согласованностью базы знаний, а не только с разнообразием [1]. Однако используемые ими патентные показатели не отражают согласованность производственных темпов.

Kitsos, Carrascal-Incera и Ortega-Argilés выявили нелинейную связь межотраслевой встроенности и устойчивости занятости [2], но их подход требует данных, отсутствующих в рассматриваемой выборке. Масленников, Митяков, Катаева и Федосеева подтвердили преимущества многомерного анализа регионального развития [3], однако не решали задачу сопоставления одного отраслевого профиля между двумя периодами. Filippetti, Gkotsis, Vezzani и Zinilli связали инновационный потенциал регионов с устойчивостью занятости в кризисные периоды [4], но не анализировали структуру отраслевых темпов. Gong, Hassink, Tan и Huang рассматривают устойчивость как многоуровневый процесс, зависящий от характера шока, институтов и отраслевой структуры [5]. Эта концепция важна для интерпретации, но не содержит количественного алгоритма оценки согласованности отраслевых изменений. Tan, Hu, Hassink и Ni показали влияние промышленной структуры и агентности на прохождение кризисов [6], однако исследовали региональную реакцию, а не согласованность отраслевых индексов.

Martini отметил зависимость оценки устойчивости от выбранной метрики реакции на шок [7], что подтверждает необходимость использования комплекса показателей. Giannakis и Bruggeman выявили пространственные различия сопротивления и восстановления занятости европейских территорий [8], но их показатели не совпадают с физическими индексами производства. Ejdemo и Örtqvist использовали кластерный анализ отраслевого разнообразия [9], однако он не фиксирует величину и направление изменений отдельных отраслей. Grabner и Modica показали зависимость промышленной устойчивости от структуры разнообразия и типа территории [10], но также опирались преимущественно на показатели занятости.

Российские исследования подтверждают необходимость структурного анализа. Turgel, Chernova и Usoltceva разграничили сопротивляемость, устойчивость функционирования и адаптивность регионов в период COVID-19 [11]. Малкина показала неоднородность сопротивления и восстановления российских регионов [12], однако такие подходы требуют более длинных временных рядов. Sutton и Arku предложили системную трактовку устойчивости через изменения структуры и поведения экономических агентов [13]. Tóth, Elekes, Whittle и соавторы применили стресс-тестирование сетей технологических компетенций европейских агломераций [14], а Elekes и коллеги — сетей межотраслевых потоков труда [22]. Эти исследования обосновывают анализ компонентной чувствительности, но используют сетевые данные, отсутствующие в настоящей задаче.

Duan, Madasi, Khurshid и Ma показали роль конфигурации промышленной структуры и межотраслевых взаимодействий в устойчивости [15]. Акбердина исследовала устойчивость промышленности российских регионов к внешним ограничениям [16]. Однако агрегированные оценки не показывают вклад отдельных отраслей в изменение промышленного профиля. Kitsos, Grabner и Carrascal-Incera подтвердили зависимость устойчивости от характера межотраслевых связей [17]. Чернова разграничила восстановление прежней траектории и формирование новой [18], а Малкина разработала индекс стресса реального сектора, учитывающий темпы и изменчивость [19]. Эти подходы требуют расширенной временной базы и не применимы напрямую к двум годовым срезам. Исследования Даниловой, Правдиной и Резепина по промышленным индексам России за 2006–2021 гг. показали значимость анализа трендов и циклов [21]. Однако двухточечное сравнение не позволяет выделить такие компоненты. Sánchez и Cuadrado-Roura подтвердили зависимость устойчивости от природы кризиса [23], а Правдина, Данилова и Карпушкина показали роль экономической сложности и технологической связанности [24], но их подходы решают задачи структурной типологии, а не оценки согласованности отраслевых темпов.

Для статистической проверки применимы методы рангового анализа, перестановочные критерии и бутстрап. Коэффициент Спирмена позволяет оценить согласованность рангов, но не учитывает различия амплитуд изменений. Перестановочные тесты Hemerik и Goeman обеспечивают точную оценку значимости при малых выборках [25], однако при пяти компонентах их различающая способность ограничена. Бутстрап Efron позволяет оценить устойчивость статистик, но при малом числе отраслей используется лишь как

диагностический инструмент. Методологические документы ООН и Росстата определяют ИПП как индекс физического объёма, рассчитываемый с использованием специальных весов. При этом доли отгрузки в текущих ценах не могут использоваться для разложения официального индекса, поскольку не совпадают с индексными весами.

Таким образом, существующие исследования либо используют длинные панели, сетевые модели и многомерные индексы, либо требуют данных, отсутствующих в открытой статистике. Для анализа малого фиксированного набора отраслей необходим прозрачный описательный алгоритм, позволяющий отделить общий уровень динамики от изменения внутренней конфигурации.

Цель исследования — разработать алгоритм векторной диагностики согласованности отраслевой динамики. Проверяется гипотеза о том, что рост агрегированного ИПП может сопровождаться увеличением межотраслевой неоднородности и снижением устойчивости относительных позиций отраслей.

Научная новизна заключается в объединении угловых характеристик исходного и центрированного векторов, показателей разброса, ранговой и знаковой согласованности, перестановочной проверки, анализа чувствительности к исключению компонент и парного бутстрапа. Алгоритм имеет диагностический характер и дополняет официальный ИПП, не заменяя его индексную методологию. Эмпирическая оценка проведена для пяти обрабатывающих производств Нижегородской области за 2024–2025 гг. Предлагаемый подход позволяет выявить особенности внутренней структуры промышленной динамики, которые остаются скрытыми при использовании только агрегированного индекса.

2. Данные и методы

Для макроэкономического контекста используется ряд ИПП Нижегородской области за 2015-2024 гг., опубликованный Федеральной службой государственной статистики (Росстат). Отраслевые индексы физического объёма за 2024 г. взяты из годовой публикации Нижегородстата. Годовое значение ИПП и отраслевые показатели за 2025 г. получены из публикации Нижегородстата по тем же видам деятельности. Материал от 18.02.2026 рассматривается в статусе официального годового источника, доступного на дату обращения; предположения о пересмотре значений в расчёт не вводятся.

По данным региональной государственной программы пять производств формировали 59,8% отгрузки обрабатывающих отраслей в 2024 г. в текущих ценах. Показатель используется только для описания охвата отраслевого набора. В формулах отсутствуют стоимостные веса, а результаты относятся к выбранным пяти производствам и не обобщаются автоматически на всю обрабатывающую промышленность.

Алгоритм начинается с преобразования индекса физического объёма в темп относительно нейтрального уровня 100 и формирования вектора периода.

$$g_{jt}=I_{jt}-100,\ g_t=\left(g_{1t},\ldots,g_{Jt}\right)^T, \qquad (1)$$

где I_{jt} - индекс физического объёма -й отрасли в t-м периоде, % к предыдущему году; g_{jt} - темп изменения физического объёма, %; g_t - J-мерный вектор отраслевых темпов; $j=1,\ldots,J$ - номер отрасли; $J=5$ - число отраслей; $t=1$ соответствует 2024 г., $t=2$ - 2025 г.; T - знак транспонирования.

Направление исходных векторов определяется косинусным сходством и соответствующим углом.

$$c_0=\frac{g_1^T g_2}{\|g_1\|_2\|g_2\|_2},\ \theta_0=\arccos\left(c_0\right)\frac{180}{\pi}, \qquad (2)$$

где c_0 - косинусное сходство исходных векторов; $\|g_t\|_2$ - евклидова норма; θ_0 - угол между исходными векторами, град.; π - число пи.

Для отделения общего уровня темпы каждого периода центрируются по межотраслевому среднему.

$$\acute{g}_t=\frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}g_{jt},\ u_{jt}=g_{jt}-\acute{g}_t,\ u_t=\left(u_{1t},\ldots,u_{Jt}\right)^T,\ r=\frac{u_1^T u_2}{\|u_1\|_2\|u_2\|_2},\ \theta_c$$
$$=\arccos\left(r\right)\frac{180}{\pi}, \qquad (3)$$

где $\acute{g}_t$ - средний отраслевой темп периода t; u_{jt} - отклонение отраслевого темпа от среднего, процентных пунктов (п.п.); u_t - центрированный вектор; r - коэффициент корреляции Пирсона между профилями; θ_c - центрированный угол, град.

Межотраслевая неоднородность и масштаб изменения описываются стандартным отклонением, диапазоном, средней абсолютной и среднеквадратической разностями.

$$s_t=\sqrt{\frac{1}{J-1}\sum_{j=1}^{J}\left(g_{jt}-\acute{g}_t\right)^2},\ R_t=max_j\,g_{jt}-min_j\,g_{jt}, \qquad (4a)$$

где s_t - выборочное стандартное отклонение отраслевых темпов в периоде t, п.п.; R_t - диапазон отраслевых темпов, п.п.

$$MAD=\frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}\left|g_{j2}-g_{j1}\right|,\ RMSD=\sqrt{\frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}\left(g_{j2}-g_{j1}\right)^2}, \qquad (4b)$$

где MAD - средняя абсолютная разность (mean absolute difference), п.п.; $RMSD$ - корень из средней квадратической разности (root mean square difference), п.п.

Альтернативные бенчмарки учитывают порядок отраслей и совпадение направлений изменения.

$$\rho_s=1-\frac{6\sum_{j=1}^{J}d_j^2}{J\left(J^2-1\right)},\ d_j=q_{j1}-q_{j2},\ S=\frac{1}{J}\sum_{j=1}^{J}1\left[sign\left(g_{j1}\right)=sign\left(g_{j2}\right)\right], \qquad (5)$$

где ρ_s - коэффициент ранговой корреляции Спирмена; q_{jt} - ранг -й отрасли в периоде t; d_j - межпериодная разность рангов; S - доля отраслей с совпадающим знаком темпа; $1[\cdot]$ - индикатор выполнения условия.

Точная проверка использует все перестановки соответствия отраслей второго периода.

$$p_{perm}=\frac{1}{J!}\sum_{\pi\in P_J}1\left(\left|r_\pi\right|\geq\left|r_{obs}\right|\right), \qquad (6)$$

где P_J - множество всех $J!$ перестановок; π - перестановка соответствий второго периода; r_π - корреляция при перестановке; r_{obs} - наблюдаемая корреляция; p_{perm} - точное двустороннее значение критерия.

Влияние состава оценивается последовательным исключением каждой отрасли.

$$\theta_c^{(-j)}=\arccos\left[corr\left(g_1^{(-j)},g_2^{(-j)}\right)\right]\frac{180}{\pi},\ j=1,\ldots,J, \qquad (7)$$

где $g_t^{(-j)}$ - вектор периода t без -й отрасли; $corr(\cdot)$ - коэффициент корреляции Пирсона; $\theta_c^{(-j)}$ - центрированный угол после исключения отрасли, град.

Парный бутстрап выполнен с фиксированным начальным значением генератора 20260810 и 10 000 повторений. В каждом повторении пять пар отраслевых темпов выбираются с возвращением; для вырожденных выборок с нулевой дисперсией центрированная корреляция не рассчитывается. Перестановочный критерий и бутстрап при пяти фиксированных отраслях рассматриваются как проверки чувствительности, а не как доказательство наличия или отсутствия эффекта в генеральной совокупности. Корректность реализации дополнительно проверена независимым пересчётом и контрольными парами одинаковых и противоположных векторов.

Идентификация отраслевых драйверов выполняется по двум раздельным признакам. Драйвер амплитудного изменения определяется по максимальной абсолютной межпериодной разности $a_j=|g_{j,2}-g_{j,1}|$. Драйвер конфигурационной чувствительности определяется по максимальному изменению центрированного угла $h_j=|\theta c^{(-j)}-\theta c|$ при исключении отрасли. Такое определение показывает, какая компонента формирует наблюдаемый сдвиг в конкретной паре периодов, но не устанавливает причинного влияния отрасли на экономический рост региона.

3. Результаты и их анализ

На рисунке 1 представлен агрегированный контекст исследования. Он позволяет определить положение 2024-2025 гг. в региональной промышленной динамике и отделить общий индекс от последующего компонентного анализа.

После восстановительного роста 2021 г. и повышенной динамики 2023 г. значение ИПП снизилось до 104,9% в 2024 г. и 100,9% в 2025 г. Рассматриваемая пара периодов соответствует фазе замедления агрегированной динамики, что повышает вероятность разнонаправленной реакции отдельных производств, но не определяет её заранее.

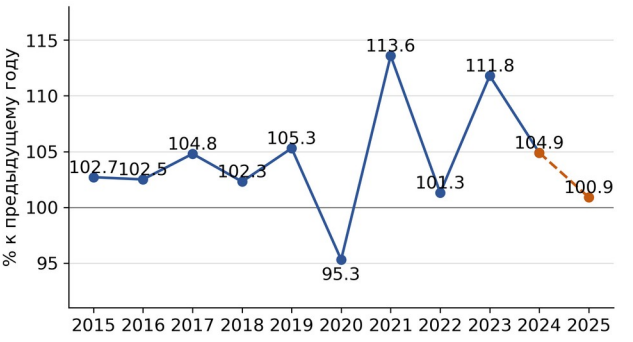


Рисунок 1 - Индекс промышленного производства Нижегородской области в 2015-2025 гг.
Источник: составлено по данным Росстата и Нижегородстата.

На рисунке 2 сопоставлены исходные физические темпы пяти производств. Числовые подписи непосредственно представляют значения, поэтому отдельная таблица с теми же данными исключена. В 2024 г. положительный темп имели четыре производства из пяти, в 2025 г. - два. Автотранспорт изменился на -51,9 п.п., химическое производство - на -23,4 п.п., электроника - на -26,7 п.п.; готовые металлические изделия увеличили темп на 31,4 п.п.

Стандартное отклонение выросло в 2,84 раза, с 10,99 до 31,17 п.п., диапазон увеличился с 30,5 до 79,3 п.п. Средняя абсолютная разность (MAD) составила 31,46 п.п., корень из средней квадратической разности (RMSD) - 33,20 п.п. По критерию a_j драйвером амплитудного изменения является автотранспортное производство: абсолютный сдвиг составил 51,9 п.п. Наибольший положительный сдвиг зафиксирован у производства готовых металлических изделий (+31,4 п.п.), которое выступило компенсирующей отраслью выбранного профиля.

Средний темп пяти отраслей изменился с $\acute{g}_1 = 13,2\%$ до $\acute{g}_2 = -5,7\%$. Поэтому исходный угол $\theta_0 = 91,313^\circ$ отражает одновременно смену общего уровня и отраслевую конфигурацию. После центрирования $\theta_c = 76,382^\circ$, что соответствует $r = 0,235$.



Рисунок 2 - Отраслевые изменения физического объёма в 2024 и 2025 гг.
Источник: составлено по данным Нижегородстата за 2024 г. и за 2025 г.

Экономический смысл центрирования раскрывает прямое отраслевое сравнение. Электроника и автотранспорт находились среди лидеров 2024 г., но в 2025 г. электроника сохранила положение выше межотраслевого среднего, тогда как автотранспорт оказался на последнем месте. Готовые металлические изделия, напротив, переместились из средней части профиля на первое место. Следовательно, относительные позиции сохранились лишь частично и не изменились систематически в одном направлении.

На рисунке 3 показано положение отраслей в координатах двух периодов. В подписи внутри графика приведены три сопоставимые меры: линейная корреляция Пирсона, ранговая корреляция Спирмена и доля совпадающих знаков.

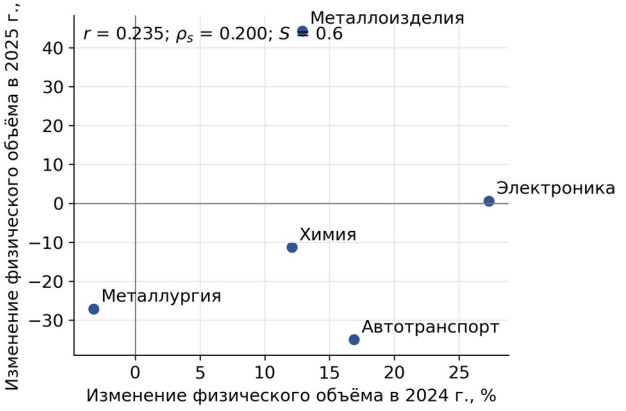


Рисунок 3 - Сопоставление отраслевых темпов 2024 и 2025 гг.
Источник: расчёт по данным Нижегородстата за 2024 г. и за 2025 г.

Коэффициент Спирмена $\rho_s = 0,200$ близок к корреляции Пирсона $r = 0,235$, а знак темпа совпал у трёх из пяти отраслей, то есть $S = 0,600$. Совпадение выводов означает, что слабая положительная согласованность не является следствием только одной угловой формулы. При этом ранговая мера не учитывает величину разрывов: падение автотранспорта и ускорение металлоизделий сильнее проявляются в угловых и дисперсионных характеристиках.

Полный перебор 120 соответствий дал $p_{perm} = 0,692$. При $J = 5$ это значение имеет низкую различающую способность и не интерпретируется как подтверждение случайности или отсутствия связи. Оно ограничивает только допустимость статистического обобщения наблюдаемого r.

Парный бутстрап усиливает это ограничение. Из 10 000 повторений 9986 дали ненулевую дисперсию для расчёта центрированной корреляции. Процентильный интервал 2,5-97,5% для коэффициента Пирсона составил от -1,000 до 1,000, для центрированного угла - от 0 до 180°, а для исходного угла - от 44,751 до 140,581°. Ширина интервалов показывает, что при пяти компонентах бутстрап не обеспечивает точной популяционной оценки; точечные углы характеризуют только наблюдаемый отраслевой профиль.

На рисунке 4 представлена компонентная чувствительность центрированного угла. Перед расчётом последовательно исключалась одна отрасль, а остальные четыре сохраняли фактическое соответствие двух периодов.

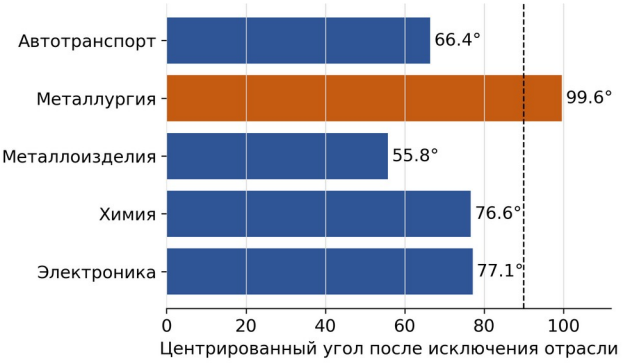


Рисунок 4 - Центрированный угол при последовательном исключении отраслей
Источник: расчёт по формуле (7).

При исключении металлургии корреляция становится отрицательной $r = -0,167$, а угол возрастает до $99,593^\circ$. Исключение любой другой отрасли сохраняет положительную корреляцию; углы находятся в интервале $55,765^\circ - 77,111^\circ$. Таким образом, знак слабой связи не инвариантен к составу пяти отраслей, тогда как увеличение разброса, две смены знака и крупные абсолютные различия непосредственно следуют из исходных данных. Следовательно, по критерию h_j металлургия является драйвером конфигурационной чувствительности: её исключение сильнее всего изменяет центрированный угол. Это не означает, что металлургия причинно определяет динамику экономики региона.

Полученный рост межотраслевой неоднородности согласуется с оценками неодинаковой реакции промышленности регионов на внешние ограничения [20]. Изменение знака отдельных отраслевых темпов сопоставимо с выделением стабилизирующих и дестабилизирующих реакций [21], однако два годовых среза не позволяют выявить циклические фазы. Исключение компонент аналогично стресс-тестированию отраслевых узлов [22], но используется только для оценки чувствительности результата, а не моделирования шока.

ИПП обрабатывающих производств в 2025 г. составил 101,1%, тогда как невзвешенное среднее пяти отраслевых темпов — -5,7%. Поскольку официальный индекс рассчитывается по специальным базисным весам, среднее выбранных отраслей не может рассматриваться как его оценка. Оно отражает перераспределение динамики внутри набора, охватывающего 59,8% отгрузки в текущих ценах.

Заключение

Разработан детерминированный алгоритм сравнения двух отраслевых профилей, включающий анализ исходных и центрированных векторов, угловых характеристик, разброса, ранговой и знаковой согласованности, а также проверку чувствительности методом перестановок, исключения компонент и бутстрапа. Для пяти обрабатывающих производств Нижегородской области угол между профилями 2024 и 2025 гг. составил 91,313°, центрированный угол — 76,382°. Корреляции Пирсона и Спирмена равны 0,235 и 0,200, совпадение знаков наблюдалось у 60% отраслей, что указывает на слабое сохранение относительной структуры без общего направленного разворота.

Основным результатом является рост межотраслевой неоднородности: стандартное отклонение увеличилось в 2,84 раза, диапазон достиг 79,3 п.п., MAD — 31,46 п.п. Автотранспортное и химическое производства перешли от роста к снижению, тогда как производство готовых металлических изделий ускорилось до 44,3%. Наибольшую амплитуду изменения определило автотранспортное производство, а крупнейший положительный вклад — производство готовых металлических изделий. Перестановочный тест, бутстрап и последовательное исключение отраслей показали ограниченную устойчивость угловой оценки, поэтому она используется как описательный показатель конкретного набора. Вывод о росте неоднородности основан на совокупности характеристик: разбросе, рангах, знаках и индивидуальной динамике отраслей. Исследуемые производства формировали 59,8% отгрузки обрабатывающей промышленности в 2024 г. Алгоритм дополняет

официальный ИПП оценкой внутренней конфигурации отраслевой динамики и не заменяет его индексную декомпозицию.

Литература

1. Rocchetta, S. Technological coherence and the adaptive resilience of regional economies / S. Rocchetta, A. Mina // Regional Studies. - 2019. - Vol. 53, no. 10. - P. 1421-1434. - DOI: https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1577552
2. Kitsos, T. The role of embeddedness on regional economic resilience: evidence from the UK / T. Kitsos, A. Carrascal-Incera, R. Ortega-Argilés // Sustainability. - 2019. - Vol. 11, no. 14. - Art. 3800. - DOI: https://doi.org/10.3390/su11143800
3. Выявление особенностей стратегического развития регионов на основе статистического анализа индикаторов / Д. А. Масленников, С. Н. Митяков, Л. Ю. Катаева, Т. А. Федосеева // Экономика региона. - 2019. - Т. 15, вып. 3. - С. 707-719. - DOI: https://doi.org/10.17059/2019-3-7
4. Filippetti, A. Are innovative regions more resilient? Evidence from Europe in 2008-2016 / A. Filippetti, P. Gkotsis, A. Vezzani, A. Zinilli // Economia Politica. - 2020. - Vol. 37, no. 3. - P. 807-832. - DOI: https://doi.org/10.1007/s40888-020-00195-4
5. Gong, H. Regional resilience in times of a pandemic crisis: the case of COVID-19 in China / H. Gong, R. Hassink, J. Tan, D. Huang // Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie. - 2020. - Vol. 111, no. 3. - P. 497-512. - DOI: https://doi.org/10.1111/tesg.12447
6. Tan, J. Industrial structure or agency: what affects regional economic resilience? Evidence from resource-based cities in China / J. Tan, X. Hu, R. Hassink, J. Ni // Cities. - 2020. - Vol. 106. - Art. 102906. - DOI: https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102906
7. Martini, B. Resilience and economic structure: are they related? / B. Martini // Structural Change and Economic Dynamics. - 2020. - Vol. 54. - P. 62-91. - DOI: https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.03.006
8. Giannakis, E. Regional disparities in economic resilience in the European Union across the urban-rural divide / E. Giannakis, A. Bruggeman // Regional Studies. - 2020. - Vol. 54, no. 9. - P. 1200-1213. - DOI: https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1698720
9. Ejdemo, T. Exploring a leading and lagging regions dichotomy: does entrepreneurship and diversity explain it? / T. Ejdemo, D. Örtqvist // Journal of Innovation and Entrepreneurship. - 2021. - Vol. 10. - Art. 6. - DOI: https://doi.org/10.1186/s13731-021-00146-8
10. Grabner, S. M. Industrial resilience, regional diversification and related variety during times of crisis in the US urban-rural context / S. M. Grabner, M. Modica // Regional Studies. - 2022. - Vol. 56, no. 10. - P. 1605-1617. - DOI: https://doi.org/10.1080/00343404.2021.2002837
11. Turgel, I. D. Resilience, robustness and adaptivity: large urban Russian Federation regions during the COVID-19 crisis / I. D. Turgel, O. A. Chernova, A. A. Usoltceva // Area Development and Policy. - 2022. - Vol. 7, no. 2. - P. 222-244. - DOI: https://doi.org/10.1080/23792949.2021.1973522
12. Малкина, М. Ю. Устойчивость экономик российских регионов к пандемии 2020 / М. Ю. Малкина // Пространственная экономика. - 2022. - Т. 18, № 1. - С. 101-124. - DOI: https://doi.org/10.14530/se.2022.1.101-124
13. Sutton, J. Regional economic resilience: towards a system approach / J. Sutton, G. Arku // Regional Studies, Regional Science. - 2022. - Vol. 9, no. 1. - P. 497-512. - DOI: https://doi.org/10.1080/21681376.2022.2092418
14. Technology network structure conditions the economic resilience of regions / G. Tóth, Z. Elekes, A. Whittle и др. // Economic Geography. - 2022. - Vol. 98, no. 4. - P. 355-378. - DOI: https://doi.org/10.1080/00130095.2022.2035715
15. Duan, W. Industrial structure conditions economic resilience / W. Duan, J. D. Madasi, A. Khurshid, D. Ma // Technological Forecasting and Social Change. - 2022. - Vol. 183. - Art. 121944. - DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121944
16. Акбердина, В. В. Системная устойчивость промышленности к санкционному давлению в индустриальных регионах: оценка и перспективы / В. В. Акбердина // Journal of New Economy. - 2022. - Т. 23, № 4. - С. 26-45. - DOI: https://doi.org/10.29141/2658-5081-2022-23-4-2
17. Kitsos, T. Industrial embeddedness and regional economic resistance in Europe / T. Kitsos, S. M. Grabner, A. Carrascal-Incera // Economic Geography. - 2023. - Vol. 99, no. 3. - P. 227-252. - DOI: https://doi.org/10.1080/00130095.2023.2174514
18. Чернова, О. А. Резилиентность регионов России в условиях восстановительного роста: скачок вперёд или отскок назад? / О. А. Чернова // Journal of Applied Economic Research. - 2023. - Т. 22, № 2. - С. 381-403. - DOI: https://doi.org/10.15826/vestnik.2023.22.2.016
19. Малкина, М. Ю. Стресс реального сектора российских регионов в условиях пандемии и санкций / М. Ю. Малкина // Экономика региона. - 2024. - Т. 20, № 1. - С. 16-32. - DOI: https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-1-2
20. Малкина, М. Ю. Промышленность российских регионов в условиях новых антироссийских санкций / М. Ю. Малкина // Пространственная экономика. - 2024. - Т. 20, № 3. - С. 39-66. - DOI: https://doi.org/10.14530/se.2024.3.039-066
21. Данилова, И. В. Динамика промышленного производства регионов: оценка устойчивости реакций на внешние ограничения / И. В. Данилова, Н. В. Правдина, А. В. Резепин // Экономика региона. - 2024. - Т. 20, № 3. - С. 608-624. - DOI: https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2024-3-1
22. Elekes, Z. Regional resilience and the network structure of inter-industry labour flows / Z. Elekes, G. Tóth, R. Eriksson // Regional Studies. - 2024. - Vol. 58, no. 12. - P. 2307-2321. - DOI: https://doi.org/10.1080/00343404.2024.2355993
23. Sánchez, A. M. Sectoral-regional resilience and productive specialization: a comparison among the last three crises / A. M. Sánchez, J. R. Cuadrado-Roura // The Annals of Regional Science. - 2024. - Vol. 73, no. 1. - P. 61-86. - DOI: https://doi.org/10.1007/s00168-024-01261-6
24. Правдина, Н. В. Специализации индустриальных регионов в условиях формирования промышленного суверенитета Российской Федерации / Н. В. Правдина, И. В. Данилова, А. В. Карпушкина // Экономика региона. - 2025. - Т. 21, № 4. - С. 945-962. - DOI: https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2025-4-3
25. Hemerik, J. Exact testing with random permutations / J. Hemerik, J. Goeman // TEST. - 2018. - Vol. 27, no. 4. - P. 811-825. - DOI: https://doi.org/10.1007/s11749-017-0571-1

A vector map of drivers of structural change in regional industry

Lapaev D.N., Kataeva L.Yu.
Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The objective of the study is to develop a computational algorithm for a two-period comparison of industry profiles and apply it to the manufacturing industry of the Nizhny Novgorod Region. The empirical base is formed by the official annual indices of physical volume of five comparable industries for 2024 and 2025; a series of regional IPP for 2015-2025 is used to provide macroeconomic context. The five industries accounted for 59.8% of manufacturing shipments in 2024; this share characterizes coverage but is not used as a weight. The algorithm includes the original and centered angles, inter-industry dispersion indicators, Pearson and Spearman correlation coefficients, sign coincidence, exact permutation test, sequential exclusion of industries, and paired bootstrap. The original angle was 91.313°, and the centered angle was 76.382°. The Pearson and Spearman correlations are 0.235 and 0.200, respectively, with a 60% sign agreement. The standard deviation of growth rates increased from 10.99 to 31.17 percentage points, the range from 30.5 to 79.3 percentage points, and the average absolute difference was 31.46 percentage points. Sensitivity checks revealed a dependence of the slope estimate on the composition of the five industries and a wide bootstrap interval, so the slopes are interpreted as descriptive characteristics of a fixed set. The results separate the expansion of component dispersion from the change in the average level and do not confound these processes in a single integral indicator. It was found that a positive aggregate index in 2025 was associated with increased inter-industry heterogeneity and a redistribution of the relative positions of industries.

Keywords: regional industry; vector diagnostics; drivers of structural change; Spearman correlation; bootstrap analysis; sensitivity analysis; Nizhny Novgorod Region.

References

1. Rocchetta, S., & Mina, A. (2019). Technological coherence and the adaptive resilience of regional economies. Regional Studies, 53(10), 1421–1434. https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1577552
2. Kitsos, T., Carrascal-Incera, A., & Ortega-Argilés, R. (2019). The role of embeddedness on regional economic resilience: Evidence from the UK. Sustainability, 11(14), Article 3800. https://doi.org/10.3390/su11143800
3. Maslennikov, D. A., Mityakov, S. N., Kataeva, L. Yu., & Fedoseeva, T. A. (2019). Identifying features of strategic regional development using statistical analysis of indicators. Economy of Regions, 15(3), 707–719. https://doi.org/10.17059/2019-3-7 (In Russian)
4. Filippetti, A., Gkotsis, P., Vezzani, A., & Zinilli, A. (2020). Are innovative regions more resilient? Evidence from Europe in 2008–2016. Economia Politica, 37(3), 807–832. https://doi.org/10.1007/s40888-020-00195-4
5. Gong, H., Hassink, R., Tan, J., & Huang, D. (2020). Regional resilience in times of a pandemic crisis: The case of COVID-19 in China. Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie, 111(3), 497–512. https://doi.org/10.1111/tesg.12447
6. Tan, J., Hu, X., Hassink, R., & Ni, J. (2020). Industrial structure or agency: What affects regional economic resilience? Evidence from resource-based cities in China. Cities, 106, Article 102906. https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102906
7. Martini, B. (2020). Resilience and economic structure: Are they related? Structural Change and Economic Dynamics, 54, 62–91. https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.03.006
8. Giannakis, E., & Bruggeman, A. (2020). Regional disparities in economic resilience in the European Union across the urban–rural divide. Regional Studies, 54(9), 1200–1213. https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1698720
9. Ejdemo, T., & Örtqvist, D. (2021). Exploring a leading and lagging regions dichotomy: Does entrepreneurship and diversity explain it? Journal of Innovation and Entrepreneurship, 10, Article 6. https://doi.org/10.1186/s13731-021-00146-8
10. Grabner, S. M., & Modica, M. (2022). Industrial resilience, regional diversification and related variety during times of crisis in the US urban–rural context. Regional Studies, 56(10), 1605–1617. https://doi.org/10.1080/00343404.2021.2002837
11. Turgel, I. D., Chernova, O. A., & Usoltceva, A. A. (2022). Resilience, robustness and adaptivity: Large urban Russian Federation regions during the COVID-19 crisis. Area Development and Policy, 7(2), 222–244. https://doi.org/10.1080/23792949.2021.1973522
12. Malkina, M. Yu. (2022). Resilience of Russian regional economies to the 2020 pandemic. Spatial Economics, 18(1), 101–124. https://doi.org/10.14530/se.2022.1.101-124 (In Russian)
13. Sutton, J., & Arku, G. (2022). Regional economic resilience: Towards a system approach. Regional Studies, Regional Science, 9(1), 497–512. https://doi.org/10.1080/21681376.2022.2092418