

СЕКЦИЯ 3

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ, ПРОЕКТНЫЕ ОФИСЫ И СИТУАЦИОННЫЕ И ПРОГНОЗНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЦЕНТРЫ, ИНСТИТУТЫ РАЗВИТИЯ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ

DOI: 10.25728/mlsd.2023.0383

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Баранов А.М.

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
Гомель, Республика Беларусь
axmbaranov@inbox.ru*

Аннотация: Цель статьи – определить оптимальную траекторию инновационно-технологического развития Республики Беларусь в условиях формирования информационного общества. В работе предложена система показателей, характеризующих инновационное развитие страны в 2012-2021 годах, рассчитан обобщенный средний темп роста данных показателей. Предложен Композитный индекс, учитывающий динамику субиндексов Глобального индекса инноваций для Республики Беларусь за 2012-2021 годы, характеризующих развитие технологий и экономику знаний, результаты творческой деятельности. В соответствии с методологическими аспектами клиодинамики построены графические модели зависимости Композитного Индекса развития технологий и экономики знаний от предложенных показателей инновационного развития Республики Беларусь с учетом временного лага их взаимного влияния. Разработана модель зависимости наиболее значимых факторов инновационного развития страны от Композитного Индекса развития технологий и экономики знаний Беларуси, с учетом определения приоритетных инновационно-технологических показателей приведены рекомендации по совершенствованию инновационной инфраструктуры страны.

Ключевые слова: инновации, технологии, знания, исследования, наукоемкость, высокие технологии, инфраструктура.

Введение

Анализ всех стратегических нормативно-правовых актов эволюции информационной экономики Беларуси, а также основных направлений формирования информационной экономики в странах ЕАЭС позволяет заключить, что детерминирующим фактором трансформации институциональной среды экономики являются отдельные элементы инновационной инфраструктуры, поддерживающие генерацию специальных инноваций. Инновационно-технологическая среда способствует перераспределению ресурсов для формирования нового потенциала экономического роста посредством активного развития социально-экономической инфраструктуры, информационно-технологических отраслей и антропогенного капитала. Динамика развития инновационной среды за ряд лет и определение приоритетных направлений ее совершенствования позволит определить, какие научные и технологические области нуждаются в поддержке и развитии. В будущем это может привести к созданию новых технологий и продуктов, которые могут иметь значительное социальное и экономическое значение; дальнейший анализ инновационной среды позволит выявить области, где возможно сокращение затрат благодаря новым технологиям и методам производства.

1. Основная часть

Для оценки влияния инновационной инфраструктуры информационной экономики на экономическое развитие страны можно предложить использование обобщенного показателя инновационного потенциала, рассчитанного как средняя геометрическая темпов изменения результирующих индикаторов:

$$AI_{inf} = \sqrt[n]{(Ai_1 * \dots * Ai_n)_{in}}, \quad (1)$$

Индекс рассчитывается по мультипликативному методу что дает более точный результат комплексной оценки за счет синергизма частных показателей.

Оценку уровня эволюции инновационной инфраструктуры, необходимой для развития информационной экономики предлагается рассчитывать по следующим показателям (таблица 1), разработка которых производилась в соответствии с приоритетами Государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2020-2025 годы и другими нормативно-правовыми актами, регламентирующими развитие информационной экономики страны, а также статистическими индикаторами эволюции инновационной экономики Республики Беларусь и средними темпами роста показателей инновационного развития в зарубежных странах (таблица 1) [1-2].

Таблица 1. Критерии оценки уровня инновационного развития экономики

Показатель	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Средний темп роста
Доля экспорта средне- и высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта, % (X1)	33,8	28,3	27,7	30,9	33,2	30,6	30,7	32,1	33,9	31,7	99,971
Доля экспорта наукоемких услуг в общем объеме экспорта, в % (X2)	27,8	26,8	29,6	33,3	34,9	36,9	42,6	47,5	52,3	54,6	107,79
Продажа новых для рынка и фирмы инноваций в общем товарообороте, в % (X3)	17,45	17,28	13,33	12,34	15,27	16,24	17,25	15,27	15,66	18,02	100,36
Индекс производства по высокотехнологичным и среднетехнологичным (высокого уровня) обрабатывающим производствам (X4)	110,3	95,3	101,0	91,9	102,1	109,2	106,7	100,8	97,2	109,2	99,88
Удельный вес инновационной продукции в общем объеме продукции организаций промышленности, в % (X5)	17,8	17,8	13,9	13,1	15,3	17,4	18,6	16,6	17,9	19,8	101,19
Структура добавленной стоимости по уровню технологичности (X6)	3,6	4,1	3,4	4,7	5,6	5,5	5,3	5,3	5,8	5,5	104,82
Удельный вес организаций, осуществивших затраты на инновации, в общем числе обследованных организаций, % (X7)	22,8	21,7	20,9	19,6	20,4	21,6	22,0	21,1	20,6	19,7	98,39
Доля расходов на НИОКР в коммерческом секторе в ВВП, в % (X8)	0,46	0,44	0,32	0,34	0,34	0,4	0,42	0,37	0,34	0,30	95,36

Источник: составлено по [1], [2]

Для Республики Беларусь обобщенный средний темп роста вышеуказанных показателей инновационного развития будет равен:

$$AI_{inf} \sqrt[9]{(Ai_1 * \dots * Ai_9)} = 100,8499479 \quad (2)$$

где AI_{inf} – обобщенный средний темп роста показателей инновационного развития экономики;

Ai_n – средний темп роста $1...n$ -го показателя развития инновационной инфраструктуры экономики.

Поскольку показатель $< 104\%$, можно констатировать низкий уровень инновационной развития экономики по указанным критериям. При этом *отдельные показатели служат точками роста и демонстрируют уверенную положительную динамику*. Это – доля экспорта наукоемких услуг в общем объеме экспорта услуг, структура добавленной стоимости по уровню технологичности (высокотехнологические производства, удельный вес отгруженной инновационной продукции (работ, услуг) в общем объеме отгруженной продукции).

По данным международных рейтингов, в настоящее время Республика Беларусь является государством с высоким показателем научно-технического и инновационного потенциала. В 2021 году страна заняла 62-е место в *Глобальном индексе инноваций (Global Innovation Index)*, при этом увеличение рейтинга нашей страны с 2017 года составило 26 пунктов (с 88 места) [3]. Между тем, *Глобальный индекс инноваций* в Республике Беларусь характеризуется неоднозначной динамикой за последние 10 лет. Показатель Индекса снизился к 2016 году и до 2019 года находился на стабильном уровне, однако в 2021 году значительно вырос. В качестве показателя отдачи информационной экономики используем *индикаторы достигнутых практических результатов осуществления инноваций (Innovation Output)* Глобального Индекса инноваций: развитие технологий и экономики знаний; результаты творческой деятельности [3].

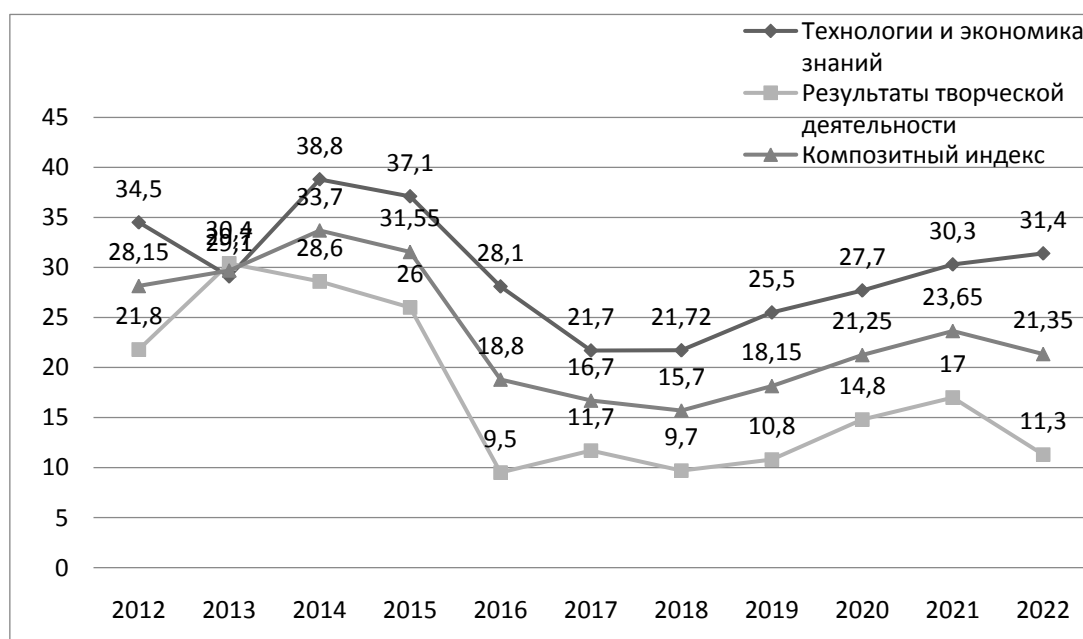


Рис. 1. Динамика субиндексов развития технологий и экономики знаний, результаты творческой деятельности и их композитный индекс для Республики Беларусь, 2012-2021 гг.

В соответствии с разработанной нами методологией (антропогенным методом информационно-временного анализа), а также описанными нами методами клиодинамики в экономике очевидным является временной лаг влияния показателей инновационного развития Республики Беларусь и Композитного индекса развития технологий и экономики знаний (функция изменений во времени будет равна 2 годам, то есть на индекс 2022 года будут действовать показатели 2020 года). Как видно из графика, коэффициент линейной корреляции Пирсона для показателей Y и X_1 (доля экспорта средне- и высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта товаров) составляет 0,89; Y и X_2 (доля экспорта наукоемких услуг в общем объеме экспорта услуг) – 0,99 (рисунок 2).

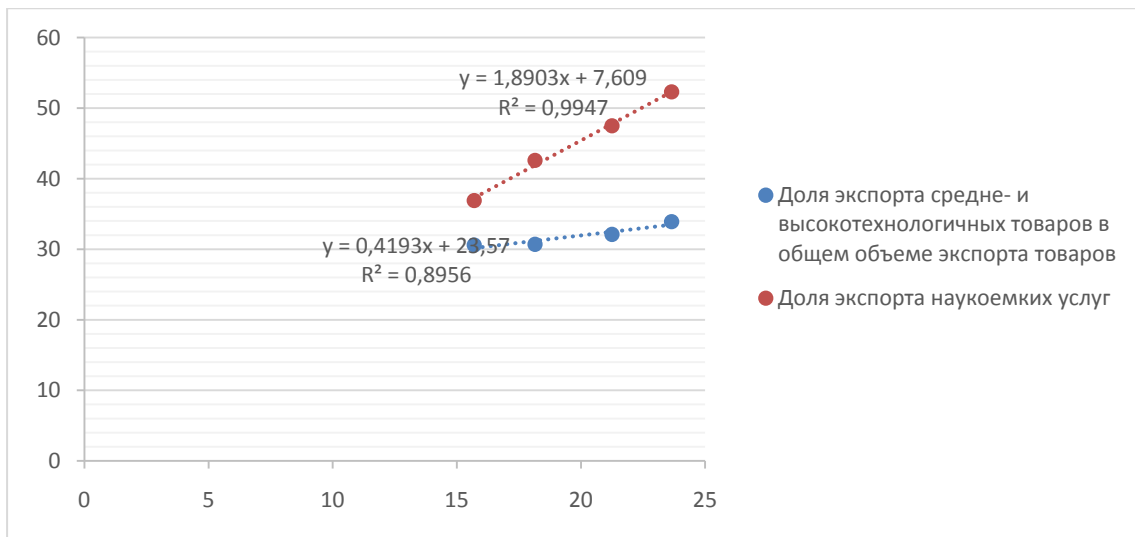


Рис. 2 Диаграмма корреляции наиболее близких параметров Композитного индекса развития технологий и функций показателей инновационного развития Республики Беларусь

Построим множественную регрессию с наиболее близкими параметрами, определенными по рисунку 2.

Таблица 2. Множественная регрессия с наиболее близкими параметрами

Доля экспорта средне- и высокотехнологичных товаров в общем объеме экспорта товаров, % (X1)	Доля экспорта наукоемких услуг в общем объеме экспорта услуг, в % (X2)	Композитный Индекс развития технологий и экономики знаний Республики Беларусь (Y)
27,7	29,6	18,8
30,9	33,3	16,7
33,2	34,9	15,7
30,6	36,9	18,15
30,7	42,6	21,25
32,1	47,5	23,65
33,9	52,3	21,35

Определим вектор оценок коэффициентов регрессии. Согласно методу наименьших квадратов, вектор s получается из выражения: $s = (X^T X)^{-1} X^T Y$. Умножаем матрицы, $(X^T X)$.

$$X^T X = \begin{vmatrix} 7 & 219,1 & 277,1 \\ 219,1 & 6882,81 & 8742,25 \\ 277,1 & 8742,25 & 11370,97 \end{vmatrix} \quad (3)$$

В матрице, $(X^T X)$ число 7, лежащее на пересечении 1-й строки и 1-го столбца, получено как сумма произведений элементов 1-й строки матрицы X^T и 1-го столбца матрицы X . Умножаем матрицы, $(X^T Y)$

$$X^T Y = \begin{vmatrix} 135,6 \\ 4248,725 \\ 5475,485 \end{vmatrix} \quad (4)$$

и находим обратную матрицу $(X^T X)^{-1}$

$$(X^T X)^{-1} = \begin{vmatrix} 49,7817 & -1,8669 & 0,2222 \\ -1,8669 & 0,0762 & -0,01309 \\ 0,2222 & -0,01309 & 0,00474 \end{vmatrix} \quad (5)$$

Вектор оценок коэффициентов регрессии равен:

$$Y(X) = \begin{vmatrix} 49,7817 & -1,8669 & 0,2222 \\ -1,8669 & 0,0762 & -0,01309 \\ 0,2222 & -0,01309 & 0,00474 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 135,6 \\ 4248,725 \\ 5475,485 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 34,9944 \\ -1,0707 \\ 0,4519 \end{vmatrix} \quad (6)$$

Уравнение регрессии:

$$Y = 34,9944 - 1,0707X_1 + 0,4519X_2 \quad (7)$$

Коэффициент множественной корреляции, определяемый через матрицу парных коэффициентов корреляции:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta_r}{\Delta_{r11}}}, \quad (8)$$

где Δ_r – определитель матрицы парных коэффициентов корреляции;
 Δ_{r11} – определитель матрицы межфакторной корреляции.

$$\Delta_r = \begin{vmatrix} 1 & 0,1281 & 0,7738 \\ 0,1281 & 1 & 0,689 \\ 0,7738 & 0,689 & 1 \end{vmatrix} = 0,0468 \quad (9)$$

$$\Delta_{r11} = \begin{vmatrix} 1 & 0,689 \\ 0,689 & 1 \end{vmatrix} = 0,525 \quad (10)$$

Таким образом, в нашем случае:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\Delta_r}{\Delta_{r11}}} = \sqrt{1 - \frac{0,0468}{0,525}} = 0,9544, \quad (11)$$

Связь между признаком Y и факторами X_i по шкале Чеддока весьма сильная. Более объективной оценкой является скорректированный коэффициент детерминации:

$$R^2 = 0,9544^2 = 0,9109 \quad (12)$$

Проверим гипотезу об общей значимости – гипотезу об одновременном равенстве нулю всех коэффициентов регрессии при объясняющих переменных: $H_0: R^2 = 0; \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_m = 0$. $H_1: R^2 \neq 0$. Проверим гипотезу относительно коэффициентов уравнения регрессии (проверка значимости параметров множественного уравнения регрессии). $T_{\text{табл}}(n-m-1; \alpha/2) = (4; 0.025) = 3.495$.

Для определения ценности модели используем критерий Фишера (F -критерий), который равен отношению общей дисперсии к остаточной:

$$F = \frac{R^2(n-m-1)}{1-R^2m} = \frac{0,9109}{1-0,9109} \cdot \frac{7-2-1}{2} = 20,459, \quad (13)$$

где n – число наблюдений, m – число факторов уравнения, включая результативный).

Табличное значение при степенях свободы $k_1 = 2$ и $k_2 = n-m-1 = 7 - 2 - 1 = 4$, $F_{кр}(2;4) = 6.94$. Поскольку фактическое значение $F > F_{кр}$, то коэффициент детерминации статистически значим и уравнение регрессии статистически надежно.

Наиболее детальным показателем наличия проблем, связанных с мультиколлинеарностью, является коэффициент увеличения дисперсии, определяемый для каждой переменной как:

$$VIF(b_j) = \frac{1}{1-R_j^2} = \frac{1}{1-0,689^2} = 1,9035, \quad (14)$$

где R_j^2 – коэффициент множественной детерминации в регрессии X_j на прочие X .

О мультиколлинеарности свидетельствует VIF от 4 и выше хотя бы для одного j . По данному критерию мультиколлинеарность отсутствует.

Значимость коэффициента автокорреляции проверим с помощью критерия стандартной ошибки. Среднее квадратичное отклонение рассчитывается по формуле:

$$S_{eY} = \frac{1}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{7}} = 0,378, \quad (15)$$

где n – количество периодов.

Коэффициент автокорреляции первого порядка r_1 определяет зависимость между соседними уровнями ряда e_i и e_{i-1} :

$$r_1 = \frac{\sum e_i e_{i-1}}{\sum e_i^2} = \frac{-2,144}{4,291} = -0,5, \quad (16)$$

где e_i – среднее значение исходного временного ряда;

e_{i-1} – среднее значение смещенного на 1 временного ряда;

Так как $-1.321 < r_1 = -0.5 < 1.321$, то свойство независимости остатков выполняется. Автокорреляция отсутствует.

Для анализа коррелированности отклонений используем статистику Дарбина-Уотсона. Проведем проверку нормальности распределения остаточной компоненты. Несмещенная оценка среднеквадратического отклонения (S_ε):

$$S_\varepsilon = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{4.291}{7-1}} = 0,846 \quad (17)$$

Расчетное значение RS-критерия равно:

$$RS = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{S_\varepsilon} = \frac{1,559 - (-0,983)}{0,846} = 3,006 \quad (18)$$

где ε_{\max} – максимальное значение остатков,
 ε_{\min} – минимальный уровень ряда остатков.

Расчетное значение RS-критерия попадает в интервал (2,7-3,7), следовательно, выполняется свойство нормального распределения. Таким образом, модель адекватна по нормальности распределения остаточной компоненты.

Экономическая интерпретация параметров модели: увеличение X_1 (доля экспорта средне и высокотехнологичных товаров) на 1 ед.изм. приводит к уменьшению Y (Композитный Индекс развития технологий и экономики знаний) в среднем на 1,071 ед.изм.; увеличение X_2 (доля экспорта наукоемких услуг) на 1 ед.изм. приводит к увеличению Y в среднем на 0,452 ед.изм. По максимальному коэффициенту $\beta_2=1.305$ делаем вывод, что наибольшее влияние на результат Y оказывает фактор X_2 . Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера. Установлено, что в исследуемой ситуации 91,09% общей вариабельности Y объясняется изменением факторов X_j .

Очевидным является приоритетная роль экспорта наукоемких услуг в общем объеме экспорта – увеличение данного показателя на 1 пункт способно увеличить Композитный Индекс развития технологий и экономики знаний на 0,452. Однако увеличение доли экспорта средне- и высокотехнологичных товаров может отрицательно повлиять на изменение Индекса, что свидетельствует о необходимости сбалансированности макроэкономической политики государства по данному показателю.

Среди наиболее авторитетных исследователей, изучивших взаимное влияние экспорта высокотехнологических товаров и инновационного развития на микро- и макроуровнях можно выделить Э. Бернарда, Б.Джесена [5], идеи которых были в дальнейшем актуализированы в работах С.Лаченмайер, Л. Вобманна [6], Х.Лиу, Т.Буцк [7].

Сам по себе высокотехнологический экспорт потенцирует инновационный потенциал страны, кроме того, согласно гипотезе обучающего эффекта экспорта (*learning-by-exporting hypothesis*) [8] продвижение товаров на зарубежные рынки требует активного инновационного процесса фирм; компании получают дополнительные возможности для реализации организационных инноваций в рамках синергетического эффекта использования новых технологий и получения дополнительной мезоинформации в процессе международных взаимодействий – наилучшие условия реализации данного эффекта возможны в результате экспорта наукоемких услуг, что безусловно, оказывает влияние на экономику знаний и технологическое развитие.

Дополнительными причинами влияния экспорта наукоемких услуг на технологическое развитие и развитие экономики знаний являются [9], [10]:

- аккумуляция антропогенного капитала – экспорт наукоемких услуг требует высококвалифицированных специалистов, что способствует развитию образования и подготовке кадров в стране, стимулируя формирование экономики знаний и активизируя творческую активность;
- увеличение инвестиций в научные исследования – экспорт наукоемких услуг может привлечь инвестиции в НИОКР на макроуровне, что способствует укреплению базы научных знаний и технологической инфраструктуры, активизирует инновационное развитие [11].
- С другой стороны, экспорт высокотехнологических товаров может иметь отрицательное влияние на инновационный потенциал страны по следующим причинам [12], [13], [14]:
- риск потери конкурентоспособности – экспорт высокотехнологических товаров может привести к переключению фокуса с исследований и разработок на производство и экспорт готовых товаров, что может привести к уменьшению инвестиций в инновации и разработку новых технологий, замедляя технологическое развитие;
- зависимость от внешних рынков – развивая экспорт средне- и высокотехнологических товаров, страна может стать зависимой от внешних рынков, что может создать уязвимость и риски для

экономики. Особенно остро для Республики Беларусь данные проблемы ощущаются в условиях посткоронавирусной перестройки логистических цепочек и санкций со стороны недружественных стран в 2022-2023 годах;

- ограничения доступа к новым технологиям – при экспорте высокотехнологических товаров страна может столкнуться с проблемой ограничения доступа к новым технологиям и инновациям. Данная проблема для Республики Беларусь также может быть связана с санкционной политикой недружественных стран. В условиях нарастания объемов высокотехнологического экспорта данная проблема может затормозить развитие отечественной науки и технологий, поскольку страна будет зависеть от импорта зарубежных инноваций.

2. Заключение

Таким образом, экспорт наукоемких услуг положительно влияет на технологическое развитие страны в том случае, когда способствует передаче знаний, развитию человеческого капитала и инвестициям в науку и исследования. В то же время, экспорт высокотехнологических товаров может иметь отрицательное влияние, связанное с рисками потери конкурентоспособности, зависимостью от внешних рынков и ограничением доступа к новым технологиям. В целом, подводя итог, необходимо отметить, что высокотехнологический экспорт будет способствовать улучшению экономических и технологических показателей только если страна успешно выполняет условия развития антропогенного капитала и институционального качества развития.

С нашей позиции, построение взаимосвязи показателей измерения инновационно-технологического развития экономики страны необходимо проводить с учетом динамики изменения показателей во времени – очевидным становится временной лаг между изменением показателя за ряд лет и его отражением в индексах технологического развития, используемых международными институтами.

Анализ показателей существующих международных индексов и рейтингов, методологии формирования из них микро-, субиндексов нового плана и композитного индекса позволит в дальнейшем использовать их для формирования комплексной системы показателей, отражающих уровень готовности стран к формированию информационной экономики.

Литература

1. Статистический сборник «Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь»; ред. колл. И.В. Медведева [и др.] – Минск, 2022. – 94 с.
2. Статистический обзор ко Дню белорусской науки // Информационный портал Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2022. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_reviews/index_49503/
3. (GII) 2021 Index // Global Innovation Index [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: [://www.globalinnovationindex.org/Home](http://www.globalinnovationindex.org/Home)
4. Баранов А.М. Информационная экономика: методология оценки и институциональные механизмы развития. – Минск: Право и экономика, 2023. – 248 с.
5. Bernard B.A., Jensen J.B. Entry, expansion, and intensity in the US export boom, 1987-1992 // Review of International Economics. – 2004. – Vol. 12. – №. 4. – P.62-75.
6. Lachenmaier S., Wößmann L. Does innovation cause exports? Evidence from exogenous innovation impulses and obstacles using German micro data // Oxford Economic Papers. – 2006. – Vol. 58(2). – P. 317-350.
7. Liu X., Buck T. Innovation performance and channels for international technology spill overs: Evidence from Chinese high-tech industries // Research Policy. – 2007. – Vol. 36. – Iss. 3. April. – P. 355-366.
8. Farinas J. C., Martin-Marcos A. Exporting and economic performance: Firmlevel evidence of Spanish manufacturing // The World Economy. – 2007. – Vol. 30, № 4. – P. 618-646
9. Frosch, R.A., Gallopoulos N. Production strategies // Scientific American. – 1989. – №261. – P. 144-152. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0989-144>
10. Rothschild, M. Bionomics: economy as ecosystem. – New York: Henry Holt and Company, 1990. – 423 p.
11. Юданов А.Ю. Конкуренция: теория и практика. – М.: Гном-Пресс, 1998. – 384 с
12. Rigo, D. Global value chains and technology transfer: new evidence from developing countries // Rev World Econ. – 2021. – № 157. – P. 271–294. <https://doi.org/10.1007/s10290-020-00398-8>
13. Андреева Е.Л., Попова А.С., Ратнер А.В. Исследовательские подходы к анализу влияния экспорта на экономический рост // Журнал экономической теории. – 2021. – №4. – С.544-558. <https://doi.org/10.31063/2073-6517/2021.18-4.5>
14. Nourira, R., Saafi, S. What Drives the Relationship Between Export Upgrading and Growth? The Role of Human Capital, Institutional Quality, and Economic Development // Journal of the Knowledge Economy. – 2022. – Vol.13. – P.1994-1961. <https://doi.org/10.1007/s13132-021-00788-9>.