

DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-4-98-109

УДК 001.895(045)

JEL B00

## Исследование синергетических эффектов влияния инновационных и сопряженных макроэкономических факторов на экономический рост

Б.Д. Матризаев

Финансовый университет, Москва, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-6270-9002>

### АННОТАЦИЯ

Автор исследует основные механизмы и инструменты реализации инновационной политики в таких странах с быстрорастущей экономикой, как Китай и Индия. **Цель** исследования — изучение причинно-следственной связи между инновациями, ключевыми макроэкономическими переменными и экономическим ростом. Использован энтропийный **метод**, модель прогнозирования Грея для построения системы индексов оценки координации взаимодействия технологических инноваций, финансового развития и экономического роста. **В результате** установлено, что глубина интегрированности финансовой системы в инновационные процессы оказывает значительное положительное влияние на успех инноваций, что измеряется патентной активностью. Доказано, что инновации косвенно влияют на экономический рост через качество жизни, эффективность инфраструктуры, занятость и открытость торговли. Результаты исследования показывают, что как экономический рост, так и инновации, как правило, в долгосрочной перспективе зависят от ряда сопряженных переменных: капитала, труда и т.д. Сделан следующий **вывод**: всесторонний анализ технологических инноваций, финансового развития и экономического роста показал, что данная триадическая связка имеет большой потенциал коинтегрированного развития, в результате которого, согласно полученным расчетным прогнозам, экономический рост в быстрорастущих экономиках в ближайшие пять лет значительно ускорит свои темпы. Перспективным направлением будущих исследований может стать анализ того, будет ли степень сопряженности и координации между переменными триадической связки поддерживать стабильный рост на уровне высоких значений и смогут ли они достичь стадии трансформации.

**Ключевые слова:** экономический рост; макроэкономические факторы; технологические инновации; НИОКР; финансовая система; национальная инновационная система

**Для цитирования:** Матризаев Б.Д. Исследование синергетических эффектов влияния инновационных и сопряженных макроэкономических факторов на экономический рост. *Финансы: теория и практика*. 2021;25(4):98-109.

DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-4-98-109

## Research of the Synergetic Effects of the Impact of Innovative and Related Macroeconomic Factors on Economic Growth

B.D. Matrizayev

Financial University, Moscow, Russia

<https://orcid.org/0000-0002-6270-9002>

### ABSTRACT

This article examines the main mechanisms and tools for implementing innovation policy in countries with fast-growing economies such as China and India. The study **aims** to explore the causal relationship between innovation, key macroeconomic variables and economic growth. The author applies the entropy **method** and adapts the Gray model to build a system of indices for assessing the coordination of the interaction of technological innovation, financial development and economic growth. The **results** show that the degree of integration of the financial system into innovation processes has a significant positive impact on the success of innovation, which is measured by patent activity. Our research proves that innovation indirectly affects economic growth through quality of life, infrastructure efficiency, employment, and

trade openness. The findings of the research reveal that both economic growth and innovation tend to depend on a number of conjugate variables in the long run: capital, labor, etc. The author **concludes** that a comprehensive analysis of technological innovation, financial development and economic growth shows that the three-factor relationship has great potential for coordinated development, as a result of which, according to the calculated forecasts, economic growth in fast-growing economies will significantly accelerate its pace in the next five years. The subject of further research may be an analysis of whether the degree of conjugation of connectivity and coordination between the three systems will maintain stable growth at high values and whether they will be able to reach the stage of transformation.

**Keywords:** economic growth; macroeconomic factors; technological innovation; R&D; financial system; national innovation system

**For citation:** Matrizayev B.D. Research of the synergetic effects of the impact of innovative and related macroeconomic factors on economic growth. *Finance: Theory and Practice*. 2021;25(4):98-109. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-4-98-109

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы, по мере углубления изучения инновационной политики, большинство исследователей приходят к выводу, что для реализации стратегий прорывных технологических инноваций необходима разветвленная система финансирования инноваций, поскольку такая система придает экономике способность оперативно реагировать на новые технологические вызовы [1, 2]. Из этого следует, что технологические инновации и финансовое развитие являются неотъемлемыми компонентами одной цепи экономического роста. Однако, как отмечает ряд исследователей, проводивших глубокий сравнительный анализ национальных инновационных систем различных стран [3], в настоящее время неравномерное развитие региональных экономик может не только вызвать инновационный диссонанс и социальную нестабильность, но и затруднить долгосрочное экономическое развитие.

Скоординированное региональное экономическое развитие поможет сузить эти региональные различия. Банки поощряют технологические инновации и предоставляют финансирование компаниям, имеющим шансы на успех. Технологические инновации способствуют финансовому развитию за счет расширения рыночного спроса, увеличения прибыли и снижения операционных издержек. Поэтому при изучении влияния финансового развития на экономический рост необходимо учитывать влияние технологических инноваций и на то и на другое. Отметим, что большинство существующих исследований обычно рассматривают финансовое развитие и технологические инновации как экзогенные факторы. Однако, с точки зрения нашего исследования, эти факторы взаимно влияют друг на друга и должны анализироваться как эндогенные переменные. С этой целью в данной статье предпринята попытка вписать эти переменные в единую систему взаимосвязей и всесторонне проанализировать характеристики скоординированного развития. В то же время мы

попытаемся адаптировать нашу модель применительно к отдельным странам, чтобы выделить межстрановые различия во взаимоотношениях между этими переменными, которые будут способствовать сбалансированному развитию экономики.

Основной вклад нашего исследования состоит в следующих результатах. Во-первых, мы построили систему индексов оценки координации взаимодействия технологических инноваций, финансового развития и экономического роста. Для этого мы использовали метод энтропийного веса в сочетании с экспертными рекомендациями для определения веса индекса оценки. Во-вторых, мы использовали модель степени связи для оценки связи и координации наших факторов. В-третьих, для прогнозирования динамики взаимосвязи и координации наших факторов мы адаптировали модель Грея. И наконец, основываясь на эмпирическом анализе, мы выдвигаем ряд предположений и предложений для усиления взаимосвязи наших факторов и обеспечения устойчивого экономического роста.

## ОБЗОР И КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕОРЕТИКО- МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ

Прежде всего отметим, что в своих исследованиях К. Е. Maskus, R. Neumann, T. Seide [4] обнаружили, что повышение уровня финансового развития может уменьшить различия между технологически отсталыми и развитыми странами, снизить затраты на финансирование, повысить эффективность финансирования и тем самым облегчить реализацию инноваций. Вместе с тем их исследование показало, что существуют различные методы активизации внутренних финансовых рынков, которые при этом положительно влияют на интенсивность промышленных НИОКР. Однако среди показателей финансового рынка только прямые иностранные инвестиции оказывают положительное влияние на интенсив-

ность НИОКР. В свою очередь, в своих исследованиях R. H. Chowdhury, M. Maung [5] на примере экономики Индии обнаружили, что финансовые рынки облегчают проблему информационной асимметрии при финансировании НИОКР, что может значительно способствовать инвестициям в НИОКР.

QX. Zhang и L. Feng [6] использовали эмпирические данные листинговых компаний для анализа влияния финансового эффекта на технологические инновации предприятий. Они рассматривали финансовое развитие и технологические инновации как две подсистемы и изучали пространственные характеристики связи и координации, и временную дифференциацию между ними. QX. Zhang и L. Feng обнаружили, что степень координации и взаимосвязи этих факторов в отдельных странах значительно различается. Иначе говоря, технологический инновационный потенциал отдельных стран отстает от уровня финансового развития. Они использовали модель системной связи для эмпирического анализа эволюции конвергенции и скоординированного развития между технологическими инновациями, отраслевой структурой промышленности и финансовым развитием и пришли к выводу, что в целом уровень конвергенции трех систем неуклонно растет, а уровень развития имеет тенденцию к оптимизации.

C. Bravo-Ortega и A. G. Marin [7] обнаружили, что при увеличении НИОКР на 0,1% производительность труда растет на 1,6%.

F. R. Lichtenberg [8] указал, что вклад частного сектора в НИОКР для увеличения роста производительности труда в 7 раз превышает инвестиции в основной капитал.

P. Howitt D. и Mayer-Foulkes [9] выдвинули теорию вертикальных технологических инноваций, полагая, что увеличение инвестиций предприятий в НИОКР может увеличить возможности успешных технологических инноваций и способствовать дальнейшему экономическому развитию.

A. B. Atkinson и J. E. Stiglitz [10] ввели понятие модели «обучение на практике» и полагали, что посредством нее страны будут распространять накопленный опыт технологических инноваций через торговлю, тем самым способствуя экономическому развитию между регионами. Позже они провели эмпирическое исследование влияния технологических инноваций на качество экономического роста и обнаружили, что в целом технологические инновации могут значительно улучшить качество всестороннего экономического роста и значительно повысить эффективность, оптимизировать отраслевую структуру промышленности. Однако при этом

они обнаружили, что технологические инновации усугубили неравенство доходов.

Тем не менее в своих исследованиях J. Xiao [11] утверждает, что технологические инновации могут быть возвращены для формирования полюса экономического роста и содействия региональному экономическому развитию. Технологические инновации могут создавать новые ресурсы или методы производства и способствовать модернизации отраслевой структуры промышленности, а интерактивное продвижение технологических и институциональных инноваций может стимулировать новые знания и технологии. Инновации и трансформация факторов производства делают статус элементов знаний более заметным.

L. L. Li и L. B. Zhou [12] провели факторный анализ экономики Китая за 2017 г., сократив 23 оценочных показателя до трех факторов. Они обнаружили положительную связь между экономическим ростом и комплексным потенциалом технологических инноваций, состоящих из трех основных факторов, а именно: эффективности вклада талантов, базового потенциала регионального инновационного развития и регионального экономического роста.

F. Y. Wang и J. Zheng [13] с целью выявления положительной связи между комплексным потенциалом технологических инноваций и экономическим ростом использовали данные 40 крупнейших сталелитейных компаний Китая с 2011 по 2018 г. и обнаружили рост степени взаимосвязи в двух из них.

P. L. Rousseau и P. Wachtel [14], используя методы динамических панельных данных, показали, что деятельность фондового рынка и банковского сектора оказывает положительное влияние на экономическое развитие.

A. Plyina и R. Samaniego [15] отобрали 28 обрабатывающих отраслей в Соединенных Штатах и на их данных исследовали влияние финансового развития на экономическое развитие с 1970 по 1999 г. Исследования показали, что развитые финансовые рынки напрямую стимулируют промышленный рост через НИОКР.

Также R. G. Rajan и L. Zingales [16], N. Cetorelli и M. Gambera [17] провели аналогичные исследования и обнаружили взаимосвязь между финансовым развитием и развитием промышленности Индии.

В свою очередь, F. Y. Wang и J. Zheng [13], основываясь на данных с 1999 по 2016 г., обнаружили, что реальная экономика имеет положительный побочный эффект, и при этом существует положительный эффект технологических инноваций на местную реальную экономику, но отрицательный эффект на соседние провинции и города Китая.

S. Yang и Т. Т. Huang [18], используя такие дифференциальные методы регрессии, как обобщенный метод моментов (GMM) и фиктивной переменной наименьших квадратов (LSDVC), основанные на теории наименьших квадратов (МНК), провели исследование взаимосвязи между финансовым развитием и экономическим ростом и обнаружили запаздывающий нелинейный эффект между ними, что означает запаздывающую инвертированную U-образную корреляцию.

Между тем, в своих исследованиях Х. В. Не [19] обнаружил, что существует долгосрочная, стабильная равновесная связь между финансовым развитием, технологическими инновациями и экономическим ростом. Он подчеркивает, что финансовое развитие является прямой причиной экономического роста.

В свою очередь, L. L. Li и L. B. Zhou [12] также обнаружили, что экономический рост способствует финансовому развитию и технологическим инновациям. Например, в Китае финансовое развитие и технологические инновации способствуют экономическому росту в большей степени, чем в Индии. В своем исследовании L. L. Li и L. B. Zhou [12] предложили трехсекторную динамическую игровую модель, и результаты данной модели показывают, что финансовые инновации сами по себе оказывают сдерживающее влияние на экономический рост, в то время как совместные финансово-технологические инновации оказывают значительное влияние на экономический рост.

В целом, подводя итог теоретико-методологического анализа, можно отметить, что существующие исследования создают надежную предпосылку для дальнейших исследований, но все же не лишены ряда недостатков.

Во-первых, предыдущие исследования в основном изучали текущие узловые проблемы или фокусировались на анализе взаимосвязи между двумя или тремя факторами, но в парной корреляции.

Во-вторых, в данных исследованиях не выявлены долгосрочные динамические эффекты, особенно те, которые еще не наблюдались. Существуют исследования, анализирующие возможную взаимозависимость этих трех факторов, и в целях выявления взаимосвязи структура анализа в данных исследованиях основана на идеальной исследовательской платформе и методологии, точнее, на применении подхода системной связи, построении модели «трехмодульного вектора» и анализе их взаимодействия.

Базируясь на указанной методологии, в нашем исследовании мы используем степень конвергенции и координации трех систем, а также модель Грея для прогнозирования их будущей динамики.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ И АДАПТАЦИЯ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из методов, вызывающим в последние годы широкий интерес в исследовательской среде, становится энтропийный метод. Он основан на расстоянии между конечным числом объектов оценки и положительными и отрицательными идеальными решениями для определения относительных плюсов и минусов каждого объекта оценки и широко используется в системной инженерии. Принцип расстояния является популярной математической моделью для решения многоцелевой задачи анализа решений и использует метод энтропийного веса для определения веса индекса. Метод энтропийного веса чаще используется для присвоения весов индексам, поскольку он позволяет преодолеть субъективные факторы и более объективно, всесторонне и точно отразить информацию и законы, заложенные в индексных данных. Метод энтропийного веса может значительно улучшить контраст и расстояние между индексными данными и эффективно избежать ряда погрешностей из-за слишком малой разницы в индексных данных. Данный метод обладает характеристиками сильной объективности, высокой точности и научной обоснованности. Он может всесторонне и систематически отражать полезность индикативной информации.

Энтропийный метод — объективный способ определения веса индекса. Это в основном определяется размером информации о ценности наблюдения. Если существует  $m$  систем и  $n$  индексов, то матрица данных может быть выражена как  $X = (x_{ij})_{m \times n}$ . Если разница между значениями индекса  $X_{ij}$  больше, то эффект комплексной оценки лучше. Если значения индекса одинаковы, то комплексная оценка недействительна.

При определении веса индекса сначала необходимо стандартизировать данные. Это снижает предвзятость результатов из-за субъективных факторов.

Процесс стандартизации данных включает два этапа. На первом этапе энтропийный метод может игнорировать процесс стандартизации без какого-либо влияния на размерность. Принцип заключается в том, чтобы найти долю определенного показателя в разных схемах в одном и том же показателе. Данные должны быть неотрицательными для обработки. Также имеет смысл перевести данные, чтобы убедиться, что логарифм энтропии имеет смысл для следующих структурных элементов:

Для больших показателей:

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

Для малых показателей:

$$X'_{ij} = \frac{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - X_{ij}}{\max(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}) - \min(X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj})} + 1, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m. \quad (2)$$

На втором этапе происходит определение показателя веса. Данный этап предназначен для количественной оценки и всесторонней обработки всей информации о подразделении, подлежащем оценке. Взвешивание каждого фактора позволяет избежать сложности процесса оценки. Для определения весов индексов в работе используется энтропийный метод. Во-первых, на основе выбранных оценочных показателей наша  $n \times m$  матрица исходных данных может

быть получена следующим образом:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} \dots & x_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}, \quad (3)$$

где номер системы выражен через  $n$ , а оценка индекса выражена через  $m$ .

Во-вторых, тот же тренд используется для обработки целевого индекса, и получается положительная матрица. После оценки для того, чтобы все показатели были качественными, низкокачественный показатель должен быть обработан обратным методом, поскольку вышеперечисленные показатели имеют свои преимущества и недостатки. Получаем соответствующую матрицу:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} \dots & y_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}. \quad (4)$$

Теперь, когда мы имеем нормальную матрицу, можем получить следующую расчетную формулу:

$$z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}}, (j = 1, 2, \dots, m), \quad (5)$$

где  $z_{ij}$  — это элемент в нормальной матрице.

Когда мы получаем оценку индекса веса, расчетная формула будет иметь следующий вид:

$$H(x_j) = -k \sum_{i=1}^n z_{ij} \ln z_{ij}, j = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

Здесь  $k$  — корректирующий фактор, а  $z_{ij}$  —  $j$ -й индекс  $i$ -го оценочного индекса.

Тогда энтропийное значение оценочного индекса будет преобразовано в весовое значение следующим образом:

$$d_j = \frac{1 - H(x_j)}{m - \sum_{j=1}^m H(x_j)}, j = 1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

где  $0 \leq d_j \leq 1, \sum_{j=1}^m d_j = 1$ .

Системы технологических инноваций, финансового развития и экономического роста особенно сложны и включают в себя технические, социальные и экономические факторы. Экономический рост нуждается в финансовой поддержке. Кроме того, технологические инновации требуют достаточной финансовой поддержки и нуждаются в поддержке экономического роста. Они совместно образуют систему взаимодействия. Степень связи, выбранная в нашей работе, представляет собой степень корреляции и влияния между различными показателями в трех системах. Она определяется как степень согласованного развития трех подсистем. В частности, для понимания степени координации, степени влияния и уровня этих трех факторов должна быть построена система оценочных индексов, определяющая степень связи и координации этих трех факторов.

Следующим методом является модель прогнозирования Грея GM (1,1) — это модель прогнозирования временных рядов, включающая группу дифференциальных уравнений, адаптированных к дисперсии параметров, а также дифференциальное уравнение первого порядка.

Эти три системы довольно большие и очень сложные. Они связаны динамически и поэтапно, весь тренд связи не может быть предсказан обычными линейными или нелинейными моделями и является крайне неопределенным. Модель Грея — это метод прогнозирования развития характерного значения поведения системы, содержащей как известную информацию, так и неопределенную информацию, т.е. прогнозирование изменений в определенном диапазоне.

Итак, рассмотрим методологию обработки данных. Во-первых, обрабатываемый временной ряд называется сгенерированным столбцом. Допустим, что  $X^{(0)} = \{X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), \dots, X^{(0)}(n)\}$  — это

исходные данные показателя, который нам требуется спрогнозировать. Это мы сможем сделать с помощью вычисления отношения уровней ряда

$$\lambda(t) = \frac{X^{(0)}(t-1)}{X^{(0)}(t)}, t = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Модель прогнозирования Грея действительна, когда большинство уровней добавлено в интервал

$$\left( \frac{-2}{e^{n+1}}, \frac{2}{e^{n+2}} \right).$$

В противном случае необходимо повторно обработать данные, чтобы сделать их логарифмическими и сглаженными. Предварительно обработанные данные сглаживаются до трехточечного сглаживания следующим образом:

$$X^{(0)}(t) = \left[ X^{(0)}(t-1) + 2X^{(0)}(t) + X^{(0)}(t+1) \right] / 4, \quad (8)$$

$$X^{(0)}(1) = \left[ 3X^{(0)}(1) + X^{(0)}(2) \right] / 4, \quad (9)$$

$$X^{(0)}(n) = \left[ X^{(0)}(n-1) + 3X^{(0)}(n) \right] / 4. \quad (10)$$

Завершающая стадия предварительной обработки также накапливает сгенерированные данные обработки. Затем вторичные данные непрерывно циклируются, чтобы получить полный сгенерированный столбец.

Используя выражение  $X^{(1)}(k) = \sum_{n=1}^k X^{(0)}(n)$ , мы можем получить следующий ряд:

$$X^{(1)} = \{X^{(1)}(1), X^{(1)}(2), X^{(1)}(3), \dots, X^{(1)}(n)\}. \quad (11)$$

Степень случайности ослабляется, а стационарность значительно увеличивается, что можно описать следующими рядами:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u. \quad (12)$$

И наконец, индексная система состоит из ряда индексов, отражающих связь между ними (табл. 1 и 2). В табл. 1 и 2 приведены обобщенные значения оценок индексов системы экономик Индии и Китая.

Выбор индексов должен прояснить логическую корреляцию, научную обоснованность и репрезентативность индексов, а также отразить корреляцию различных систем. Наше исследование основано на вышеуказанных принципах. Показатели в таблицах разделены на три основные системы: технологических инноваций, финансового развития и экономического роста.

Система технологических инноваций включает систему расходов на НИОКР и результатов от

внедренных инноваций, а система финансового развития была разделена на финансовую глубину, финансовую широту и систему финансовой эффективности. Система экономического роста включает системы качества и количества экономического роста. Для предотвращения влияния субъективных факторов на результаты весов индексов и обеспечения правдоподобности оценки учитываются весовые коэффициенты всех индексов.

В целом результаты расчетов показывают, что степень конвергенции между тремя ключевыми системами мало чем отличается в этих странах, за исключением того, что Индия в целом находится в состоянии «догоняющего» конкурента китайской инновационной системы и постепенно наращивает расходы на НИОКР.

Между тем, возвращаясь к нашей методологии, можно отметить, что на протяжении последних двух десятилетий технологические инновации, финансовое развитие и экономический рост Индии и Китая демонстрировали различные значения степеней взаимной координации на протяжении всего цикла (табл. 3 и 4).

Согласно приведенной выше классификации степеней координации мы видим, что на протяжении 2006–2018 гг. степень координации трех систем экономики Китая постепенно увеличивается, но при этом наблюдаем, что уровень координации ниже среднего уровня (0,4204) в целом в течение 2006–2010 гг.

Степень сопряженности выросла с 0,2478 до 0,4817, т.е. показатели были относительно стабильными, и общая ситуация имела тенденцию к росту. С 2006 по 2008 г. она находилась на низком уровне, главным образом из-за более низкого экономического роста. Вследствие отставания экономического роста не было достаточно средств для инвестиций в технологические инновации, поэтому финансовое развитие было относительно отсталым, что привело к низкой степени координации сопряженности. Кроме того, экономическая структура в течение многих лет была относительно единой, а промышленная структура — несколько отсталой. В 2009–2018 гг. наблюдался усиленный экономический рост, отрицательная фаза, и общая степень сопряженности все еще оставалась относительно низкой, но на восходящем долгосрочном тренде. Степень сопряженности в 2018 г. составила 0,4817, что близко к фазе трансформации.

Теперь рассмотрим аналогичные показатели Индии (табл. 4).

Степень координации сопряженности в Индии увеличилась с 0,2355 в 2006 г. до 0,5106 в 2018 г. — более чем в два раза. Общий уровень координации

Таблица 1 / Table 1

Система индексов оценки взаимосвязи технологических инноваций, финансового развития и экономического роста Индии / Index system for assessing the relationship between technological innovation, financial development and economic growth in India

Наименование системы / System	Наименование подсистемы / Subsystem	Наименование индекса оценки / Rating index	Характер взаимосвязи / Type of relationship	Вес индекса / Index weights
Технологические инновации	Затраты на инновации Выпуск инновационной системы	Расходы на НИОКР (на 1 млрд рупий)	+	0,0717
		Интенсивность инвестиций в НИОКР, %	+	0,0564
		Количество разрешений на выдачу патентных заявок, ед.	+	0,0943
		Патентные заявки, ед.	+	0,0751
Финансовое развитие	Глубина финансовой вовлеченности Широта финансовой вовлеченности Эффективность финансовой вовлеченности	Совокупные активы финансовых институтов/ВВП, %	+	0,0653
		Общий объем выпуска акций на фондовом рынке (на 1 млрд рупий)	+	0,0337
		Премиальные доходы/ВВП, %	+	0,0516
		Страхование на душу населения (рупий/человек)	+	0,0527
		Объем совокупной торговли облигациями (на 1 млрд рупий)	+	0,0315
		Количество розничных офисов, предлагающих финансовые услуги (на 10 тыс. человек)	+	0,00998
		Количество розничных офисов, предлагающих финансовые услуги на 100 кв. км	+	0,0112
		Количество персонала, работающего в розничных офисах (тыс. человек)	+	0,0311
		Добавленная стоимость финансовой отрасли / общая численность населения региона (рупий/человек)	+	0,0531
		Общий баланс капитала/депозитов финансовых учреждений, %	+	0,0593
Инвестиции в финансовые активы (млн рупий)	+	0,0157		
Экономический рост	Качество экономического роста Скорость экономического роста	Совокупные розничные потребительские товары (на 1 млрд рупий)	+	0,0108
		Индекс потребительских цен, %	-	0,0378
		Среднемесячная заработная плата наемного труда (на 100 тыс. рупий)	+	0,0542
		Расходы на потребление на душу населения (рупий)	+	0,0237
		Количество участников, обслуживающих страхование персонала (человек)	+	0,0082
		ВВП на душу населения (100 тыс. рупий/человек)	+	0,0116
		Плотность населения города (человек/кв. км)	+	0,0385
		Темпы урбанизации, %	+	0,0395

Источник / Source: Handbook of Statistics on Indian Economy. URL: <https://www.india.gov.in/handbook-statistics-indian-economy>; IMF Statistics – International Financial Statistics. URL: <https://data.imf.org/?sk=388dfa60-1d26-4ade-b505-a05a558d9a42> (дата обращения: 21.06.2021) / (accessed on 21.06.2021); расчеты автора / author's calculations.

Таблица 2 / Table 2

**Система индексов оценки взаимосвязи технологических инноваций, финансового развития и экономического роста Китая / Index system for assessing the relationship between technological innovation, financial development and economic growth in China**

Наименование системы / System	Наименование подсистемы / Subsystem	Наименование индекса оценки / Rating index	Характер взаимосвязи / Type of relationship	Вес индекса / Index weights
Технологические инновации	Затраты на инновации Выпуск инновационной системы	Расходы на НИОКР (на 1 млрд рупий)	+	0,0621
		Интенсивность инвестиций в НИОКР, %	+	0,0453
		Количество разрешений на выдачу патентных заявок, ед.	+	0,0921
		Патентные заявки, ед.	+	0,0744
Финансовое развитие	Глубина финансовой вовлеченности Широта финансовой вовлеченности Эффективность финансовой вовлеченности	Совокупные активы финансовых институтов/ ВВП, %	+	0,0632
		Общий объем выпуска акций на фондовом рынке (на 1 млрд рупий)	+	0,0225
		Премиальные доходы/ВВП, %	+	0,0421
		Страхование на душу населения (рупий/ человек)	+	0,0431
		Объем совокупной торговли облигациями (на 1 млрд рупий)	+	0,0262
		Количество розничных офисов, предлагающих финансовые услуги (на 10 тыс. человек)	+	0,0111
		Количество розничных офисов, предлагающих финансовые услуги на 100 кв. км	+	0,0233
		Количество персонала, работающего в розничных офисах (тыс. человек)	+	0,0411
		Добавленная стоимость финансовой отрасли/ общая численность населения региона (рупий/ человек)	+	0,0652
		Общий баланс капитала/депозитов финансовых учреждений, %	+	0,0681
Инвестиции в финансовые активы (млн рупий)	+	0,0215		
Экономический рост	Качество экономического роста Скорость экономического роста	Совокупные розничные потребительские товары (на 1 млрд рупий)	+	0,0209
		Индекс потребительских цен, %	-	0,0477
		Среднемесячная заработная плата наемного труда (на 100 тыс. рупий)	+	0,0655
		Расходы на потребление на душу населения (рупий)	+	0,0352
		Количество участников, обслуживающих страхование персонала (человек)	+	0,0200
		ВВП на душу населения (100 тыс. рупий/ человек)	+	0,0127
		Плотность населения города (человек/кв. км.)	+	0,0491
		Темпы урбанизации, %	+	0,0477

Источник / Source: National Bureau of Statistics of China. URL: <http://www.stats.gov.cn/english/>; IMF Statistics – International Financial Statistics. URL: <https://data.imf.org/?sk=388dfa60-1d26-4ade-b505-a05a558d9a42> (дата обращения: 21.06.2021) / (accessed on 21.06.2021); расчеты автора / author's calculations.

Таблица 3 / Table 3

Значение и степень координации сопряженности трех систем (технологической, финансовой и экономического роста) Китая в 2006–2018 гг. / The value and degree of conjugacy coordination of the three systems (technological, financial and economic growth) of China in 2006–2018

Год / Year	Индекс финансового развития / Index of financial development, $I_1$	Индекс технологического развития / Index of technological development, $I_2$	Индекс экономического роста / Index of economic growth, $I_3$	Комплексный координатно-национальный индекс / Complex coordination index, $K$	Степень сопряженности / Degree of conjugacy, $F$	Степень координации сопряженности / Degree of conjugacy coordination, $\varphi$	Уровень сопряженности / Level of conjugacy	Уровень координации сопряженности / Level of conjugacy coordination	Система, запаздывающая в координации сопряженности / A system that is lagging in conjugacy coordination
2006	0,1821	0,1912	0,1647	0,1797	0,2478	0,2421	Низкий	Низкий	Экономический рост
2007	0,1842	0,2033	0,1749	0,1886	0,2476	0,2566	Низкий	Низкий	Экономический рост
2008	0,1923	0,2112	0,3192	0,2443	0,3133	0,3199	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2009	0,2032	0,2132	0,2722	0,2314	0,3279	0,3494	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2010	0,2109	0,2234	0,2601	0,2331	0,3744	0,4112	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2011	0,2117	0,2242	0,3036	0,2489	0,4626	0,4346	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2012	0,2284	0,2372	0,2993	0,2567	0,4897	0,4438	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2013	0,2331	0,2387	0,3581	0,2791	0,4997	0,4722	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2014	0,2423	0,2503	0,3686	0,2897	0,4998	0,4728	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2015	0,2679	0,2512	0,3769	0,2994	0,4939	0,5008	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
2016	0,2701	0,2526	0,3885	0,3045	0,4840	0,5023	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
2017	0,2923	0,2555	0,4166	0,3211	0,4814	0,5080	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
2018	0,2956	0,2634	0,2953	0,2826	0,4817	0,5193	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
Среднее значение	0,2369	0,2350	0,3002	0,2583	0,4204	0,4266	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации

Источник / Source: National Bureau of Statistics of China. URL: <http://www.stats.gov.cn/english/>; IMF Statistics – International Financial Statistics. URL: <https://data.imf.org/?sk=388dfa60-1d26-4ade-b505-a05a558d9a42> (дата обращения: 21.06.2021) / (accessed on 21.06.2021); расчеты автора / author's calculations.

улучшился, но все еще демонстрировал большой разрыв с Китаем.

Мы разделили цикл исследований на два этапа. Первый этап был с 2006 по 2008 г., когда наблюдалась низкая степень координации сопряженности, и экономический рост в этот период отставал. Это было связано с длительным формированием ре-

сурсозависимой модели экономического роста в обеих странах, которая не могла эффективно реагировать на острую необходимость корректировки режима развития, поэтому скоординированное развитие системы было сильно ограничено. Второй этап характеризовался умеренной координацией сопряженности, с 2008 по 2018 г. На этом этапе

Таблица 4 / Table 4

**Значение и степень координации сопряженности трех систем (технологической, финансовой и экономического роста) Индии в 2006–2018 гг. / The value and degree of conjugacy coordination of the three systems (technological, financial and economic growth) of India in 2006–2018**

Год / Year	Индекс финансового развития / Index of financial development, $I_1$	Индекс технологического развития / Index of technological development, $I_2$	Индекс экономическо-го роста / Index of economic growth, $I_3$	Комплексный координи-ционный индекс / Complex coordination index, $K$	Степень сопряженности / Degree of conjugacy, $F$	Степень координации сопряженности / Degree of conjugacy coordination, $\Phi$	Уровень сопряженности / Level of conjugacy	Уровень координации сопряженности / Level of conjugacy coordination	Система, запаздывающая в координации сопряженности / A system that is lagging in conjugacy coordination
2006	0,1736	0,1857	0,1583	0,1689	0,2391	0,2355	Низкий	Низкий	Экономический рост
2007	0,1774	0,1899	0,1684	0,1791	0,2399	0,2486	Низкий	Низкий	Экономический рост
2008	0,1854	0,2095	0,3087	0,2370	0,3061	0,3077	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2009	0,2001	0,2103	0,2656	0,2242	0,3189	0,3387	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2010	0,2007	0,2176	0,2525	0,2278	0,3686	0,3999	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2011	0,2106	0,2189	0,2916	0,2399	0,4576	0,4108	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2012	0,2189	0,2270	0,2870	0,2487	0,4788	0,4387	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2013	0,2295	0,2309	0,3495	0,2693	0,4899	0,4696	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2014	0,2346	0,2450	0,3597	0,2799	0,4901	0,4701	Отрицательный	Умеренный	Финансовое развитие
2015	0,2568	0,2495	0,3686	0,2896	0,4875	0,4985	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
2016	0,2643	0,2501	0,3783	0,2929	0,4765	0,5123	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
2017	0,2899	0,2518	0,4078	0,3099	0,4750	0,5001	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
2018	0,2877	0,2585	0,2877	0,2715	0,4738	0,5106	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации
Среднее значение	0,2278	0,2274	0,2971	0,2491	0,4156	0,4178	Отрицательный	Умеренный	Технологические инновации

Источник / Source: Handbook of Statistics on Indian Economy. URL: <https://www.india.gov.in/handbook-statistics-indian-economy>; IMF Statistics – International Financial Statistics. URL: <https://data.imf.org/?sk=388dfa60-1d26-4ade-b505-a05a558d9a42> (дата обращения: 21.06.2021) / (accessed on 21.06.2021); расчеты автора / author's calculations.

страны продолжали проводить политику открытости, и финансовое развитие шло быстрыми темпами. Первоначальные годы показали отставание в экономическом росте и финансовом развитии, а последующие — отставание в технологических инновациях. Отставание в технологических инновациях приводит к неспособности эффективно

стимулировать экономический рост, а общая степень взаимосвязи и координации невелика.

Таким образом, степень сопряженности и координации этих трех систем в целом демонстрируют тенденцию к росту, что в некоторой степени коррелирует с их экономической политикой. Вопрос о том, будет ли степень сопряженности и координации между ними

поддерживать стабильный рост на уровне высоких значений и смогут ли они достичь стадии трансформации, является предметом отдельного исследования.

И наконец, мы попытаемся адаптировать модель Грея для прогнозирования сопряженности и координации сопряженности трех систем в ближайшие пять лет, а также для теоретического обоснования реализации политики.

После прохождения верификации модели соответствие степени сопряженности составило  $C = 0,2561$ ,  $P = 0,9677$ , а соответствие координации сопряженности  $C = 0,1521$ ,  $P = 0,9876$ . Согласно рангу правдоподобности данной модели,  $P \geq 0,95$  и  $C \geq 0,35$ , которые могут быть использованы для прогнозирования. То есть степень координации трех систем можно прогнозировать в течение 2019–2024 гг. В целом, мы обнаружили, что степень сопряженности неуклонно растет начиная с 2020 по 2024 г. и входит в стадию трансформации степени сопряженности в 2021 г., и темпы роста значительно возрастают. Кроме того, прогнозируемое значение степени координации сопряженности также значительно улучшается. Крайняя стадия координации начинается в 2023 г., и синергетический эффект развития трех систем значительно улучшится. В итоге, степень координации взаимодействия технологических инноваций, финансового развития и экономического роста в ближайшие пять лет имеет тенденцию к росту, но из вышеприведенных таблиц мы видим, что степени координации сопряженности не синхронизированы и их эволюция не одинакова. Координация технологических инноваций, финансового развития и экономического роста все еще требует времени, и для содействия скоординированному развитию необходимо принять активную экономическую политику.

## ВЫВОДЫ

Основываясь на идее системной связи, в данной работе была построена модель «трехвекторного модуля» [20]. На основе межстранового сравнительного анализа механизмов взаимодействия этих трех систем был проведен анализ степени их сопряженности. В целом, наши выводы заключаются в следующем.

Во-первых, из всестороннего анализа технологических инноваций, финансового развития и экономического роста мы видим, что все они находятся на подъеме. Индекс технологических инноваций имеет наибольший рост, указывающий на то, что он обладает сравнительно большим потенциалом для содействия скоординированному развитию в будущем. Индекс финансового развития показывает ускоренную тенденцию к росту, что означает, что финансовая реформа достигла хороших первоначальных результатов и в дальнейшем способствует объединению трех систем.

Во-вторых, с точки зрения изменения степени сопряженности в Китае, точнее, увеличения с 0,2478 до 0,4817, ведущее преимущество данной страны становится все более очевидным. Это объясняется значительным улучшением технологических инноваций в Китае и улучшением финансовой среды, что является хорошим примером для других стран.

В-третьих, степень координации сопряженности в Китае хоть медленно, но растет, хотя и продемонстрировала отставание с точки зрения финансового развития. С 2013 по 2018 г. Китай вошел в состояние высокой сопряженной координации. В 2018 г. степень координации сопряженности достигла экстремального значения.

В-четвертых, результаты прогноза показывают, что степень сопряженности будет неуклонно расти с 2020 по 2024 г. и войдет в стадию трансформации в 2022 г., а темпы роста значительно возрастут. Кроме того, прогнозируемое значение степени координации сопряженности также будет значительно улучшено. Наиболее высокое значение степени координации будет достигнуто в 2024 г., и синергетический эффект развития улучшится. Однако рост степени сопряженности в период трансформации ожидается значительно ниже, чем степень координации сопряженности. Их координация все равно займет много времени, поэтому для содействия скоординированному развитию необходимо проводить активную экономическую политику.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Борисов В.Н. и др. Модернизация промышленности и развитие высокотехнологичных производств в контексте «зеленого роста». М.: Научный консультант; 2017. 434 с.  
Borisov V.N. et al. Modernization of industry and development of high-tech industries in the context of “green growth”. Moscow: Nauchnyi konsul'tant; 2017. 434 p. (In Russ.).
2. Bloom N., Schankerman M., Van Reenen J. Identifying technology spillovers and market rivalry. *Econometrica*. 2013;81(4):1347–1393. DOI: 10.3982/ECTA9466
3. Castellacci F., Natera J.M. The dynamics of national innovation systems: A panel cointegration analysis of the coevolution between innovative capability and absorptive capacity. *Research Policy*. 2013;42(3):579–594. DOI: 10.1016/j.respol.2012.10.006

4. Maskus K.E., Neumann R., Seidel T. How national and international financial development affect industrial R&D. *European Economic Review*. 2012;56(1):72–83. DOI: 10.1016/j.euroecorev.2011.06.002
5. Chowdhury R.H., Maung M. Financial market development and the effectiveness of R&D investment: Evidence from developed and emerging countries. *Research in International Business and Finance*. 2012;26(2):258–272. DOI: 10.1016/j.ribaf.2011.12.003
6. Zhang Q.X., Feng L. Financial development and enterprise technology innovation — based on the empirical analysis of listed companies in China's share market. *Statistics & Information Forum*. 2019;(5):25–33. (In Chinese).
7. Bravo-Ortega C., Marín Á. G. R&D and productivity: A two way avenue? *World Development*. 2011;39(7):1090–1107. DOI: 10.1016/j.worlddev.2010.11.006
8. Lichtenberg F.R. R&D investment and international productivity differences. NBER Working Paper. 1992;(4161). URL: [https://www.nber.org/system/files/working\\_papers/w4161/w4161.pdf](https://www.nber.org/system/files/working_papers/w4161/w4161.pdf)
9. Howitt P., Mayer-Foulkes D. R&D, implementation and stagnation: A Schumpeterian theory of convergence clubs. *Journal of Money, Credit and Banking*. 2005;37(1):147–177. DOI: 10.1353/mcb.2005.0006
10. Atkinson A.B., Stiglitz J.E. A new view of technological change. *Economic Journal*. 1969;79(315):573–578. DOI: 10.2307/2230384
11. Xiao J. The economic growth effect of US technological innovation and its inspiration. *Taxation and Economics*. 2019;(5):55–61. (In Chinese).
12. Li L.L., Zhou L.B. Research on the impact of regional technological innovation capability on economic growth — based on the cross-sectional data of 31 provinces in China. *Shopping Mall Modernization*. 2019;(16):111–113. (In Chinese).
13. Wang F.Y., Zheng J. Technological innovation, financial development and real economic growth: Analysis of dynamic spatial model based on the Yangtze River Economic Belt. *Economic Survey*. 2019;(4):157–164. (In Chinese).
14. Rousseau P.L., Wachtel P. Equity markets and growth: Cross-country evidence on timing and outcomes, 1980–1995. *Journal of Banking & Finance*. 2000;24(12):1933–1957. DOI: 10.1016/S 0378–4266(99)00123–5
15. Ilyina A., Samaniego R. M. Technology and finance. IMF Working Paper. 2008;(182). URL: [https://www.researchgate.net/publication/5125470\\_Technology\\_and\\_Finance](https://www.researchgate.net/publication/5125470_Technology_and_Finance)
16. Rajan R.G., Zingales L. Financial dependence and growth. *The American Economic Review*. 1998;88(3):559–586.
17. Cetorelli N., Gambera M. Banking market structure, financial dependence and growth: International evidence from industry data. *The Journal of Finance*. 2001;56(2):617–648. DOI: 10.1111/0022–1082.00339
18. Yang S., Huang T.T. Regional financial development and economic growth in China: An empirical analysis based on OLG theory with production and panel data. *Journal of Nanjing Audit University*. 2019;(2):68–79. (In Chinese).
19. He X. Technological innovation and quality of Chinese economic growth: An empirical analysis based on provincial panel data. *Forum on Science and Technology in China*. 2019;(10):24–32,58. (In Chinese).
20. Матризаев Б.Д. Исследование трехфакторной конвергенции между инновационной и монетарной политикой, и производительностью труда. *Инновационное развитие экономики*. 2018;(6–2):42–56.  
Matrizaev B.D. Research of the three-factor convergence between innovation and monetary policy, and labor productivity. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki = Innovative Development of Economy*. 2018;(6–2):42–56.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



**Бахадыр Джуманиязович Матризаев** — кандидат экономических наук, доцент Департамента экономической теории, Финансовый университет, Москва, Россия  
**Bakhadyr D. Matrizaev** — Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., Department of Economic Theory, Financial University, Moscow, Russia  
 bmatrizaev@fa.ru

Статья поступила в редакцию 01.04.2021; после рецензирования 16.04.2021; принята к публикации 22.04.2021.  
 Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.  
 The article was submitted on 01.04.2021; revised on 16.04.2021 and accepted for publication on 22.04.2021.  
 The author read and approved the final version of the manuscript.