

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫМИ ГРАФАМИ НА ПРИМЕРЕ ИНФЛЯЦИОННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

Н.М. Мазутский

Николай Михайлович Мазутский

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Ленинградский пр-т., 49,
Москва, 125167, Россия

E-mail: nikolaymazutsky@gmail.com

Целью данного исследования является оценка природы инфляционных скачков в отдельных индустриях. Поскольку инфляция является одним из ключевых макроэкономических параметров, напрямую влияющих как на деловой климат, так и на социальную среду в стране, важно, чтобы была максимальная прозрачность динамики данного экономического показателя. Использование когнитивного графового анализа позволяет определить, как комплексные межфакторные воздействия в системе влияют на динамику развития системы в целом.

Ключевые слова: инфляция, графовый анализ, ключевая ставка, индекс потребительских цен, денежно-кредитная политика, фискальная политика, осцилляции.

SIMULATION MODELING WITH COGNITIVE GRAPHS ON THE EXAMPLE OF INFLATION PERTURBATIONS

N.M. Mazutskiy

Nikolay M. Mazutskiy

Financial University under the Government of the Russian Federation, 49 Leningradsky Ave., Moscow,
125167, Russia

E-mail: nikolaymazutsky@gmail.com

The purpose of this study is to assess the nature of inflationary spikes in individual industries. Since inflation is one of the key macroeconomic parameters directly affecting both the business climate and the social environment in the country, it is important that there should be maximum transparency of the dynamics of this economic indicator. The use of cognitive graph analysis makes it possible to determine how the complex interfactorial impacts in the system affect the dynamics of the system.

Keywords: inflation, graph analysis, key rate, consumer price index, monetary policy, fiscal policy, oscillations.

Для цитирования:

Мазутский Н.М. Имитационное моделирование когнитивными графами на примере инфляционных возмущений. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2021. № 04(50). С.156-164. DOI: 10.6060/ivecofin.2021504.578

For citation:

Mazutskiy N.M. Simulation modeling with cognitive graphs on the example of inflation perturbations. *Ivecofin*. 2021. № 04(50). С.156-164. DOI: 10.6060/ivecofin.2021504.578 (in Russian)

ВВЕДЕНИЕ

При растущем объеме доступных для анализа данных потребность в создании математических моделей различных систем обусловлена необходимостью снижения материальных и временных

затрат на исследования. Каждый метод математического моделирования имеет свою специфику. Принято разделять следующие виды моделирования: эконометрическое моделирование, модели машинного обучения, имитационное моделирование.

Основой экономических исследований являются данные, которые используются для построения моделей машинного обучения. Построение моделей машинного обучения актуально в случае наличия устойчивого тренда на ретроспективных данных.

По хорошо структурированным экономическим данным можно строить и классические эконометрические модели. Важна лишь полнота и достоверность этих данных для описания эволюционного развития экономического процесса.

Однако в ситуации, когда эволюционное развитие останавливается, а в основе динамики становятся процессы, в основе которых лежат мгновенно реализуемые действия субъектов, которые ранее массово не производились или решения политической природы, реакция на которые не могла быть предсказана ранее – одним словом грубые статистические выбросы, для которых сложно построить робастные статистические методы.

Актуальным способом анализа в этом случае является разработка сценариев траекторий и учет тех резервов экономических субъектов, которые субъекты реализуют в качестве защитных мер реакции. Под резервами здесь понимается набор разработанных мероприятий, обеспеченных материальной поддержкой, которые готовились как меры по управлению рисками.

Проблемой для эконометрических моделей становится возникновение наступление «революционных моментов» - то есть, когда эволюционное развитие, потенциально предсказуемое моделями, перестает быть таковым в силу того, что развитие является совокупностью непредсказуемых реакций субъектов на динамику внешней среды. Причинами этого могут быть политические решения, изменение характера реакции на события. Вероятно, в основе этих событий лежит природа взаимодействий между субъектами системы.

Простейшим примером модели взаимодействия двух субъектов является модель, которую биологи называют «коэволюцией». Как очевидно из названия, это значит, что эволюция одного вида влияет на эволюцию другого вида, что в свою очередь влияет на эволюцию первого. Например, в модели Лотки-Вольтерры «хищник-жертва» рост популяции хищников должен приводить к убыванию жертв. В свою очередь снижение численности жертв, популяция хищников падает, что обусловлено снижением кормовой базы. Модельное уравнение – дифференциальное и имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= (\alpha - \beta y)x, \\ \frac{dy}{dt} &= (-\gamma + \delta x)y, \end{aligned}$$

где x – количество жертв,

y – количество хищников,

t – время,

$\alpha, \beta, \gamma, \delta = const$ – коэффициенты, характеризующие отношения между популяциями хищников и жертв [10].

Использовать эконометрические модели для решения подобного рода задач неэффективно. Действительно, наблюдая факт (количество особей) мы можем не «поймать» периоды времени (значения временных рядов), на которых наблюдается смена направления динамики. В современном мире предполагать существование изолированных факторов неразумно, но еще более неверным шагом является предполагать, что отсутствуют факторы, которые вновь возникают в какой-то момент, или наоборот перестают функционировать. Даже если мы корректно определим диапазон ретроспективных данных, мы не будем уверены, что в какой-то момент новый характер взаимодействий не будет «включаться» или «выключаться», приводя систему в неустойчивое состояние.

Использование моделей, в основу которых положены базовые принципы теории вероятностей иногда не применимы – они позволяют оценивать специфическое понятие зависимости случайных величин. В случае, если характер одного из факторов не позволяет нам говорить о том, что это фактор может быть описан измеримой функцией (она, например, является результатом принятия политических решений и является по существу параметром управления социально-экономической системы), то все модели становятся возможными для принятия только в том случае, если ЛПП понимает этот аспект [13].

Модели машинного обучения менее подвержены критике применения математического аппарата – они отражают ситуацию «как она есть». Однако обучение моделей требует большого объема датасетов, и длительного периода обучения моделей, что не всегда доступно.

Итак, на первом этапе моделирования необходимо определить факторы, влияющие на состояние исследуемой системы. Внутренние факторы системы делятся на две категории: целевые и нецелевые. Внешние факторы (или управляющие факторы) – это те показатели, которые искусственно вводятся в систему лицом, принимающим решения для получения необходимого состояния модели.

Второй этап сводится к построению межфакторных связей. На этой стадии построения модели необходимо определить характер и силу связи каждой вершины со всеми оставшимися вершинами графа. Очевидно, что максимальное количество таких связей будет равно $\frac{n(n-1)}{2}$, где n – количество факторов рассматриваемой модели.

Следующий этап – присвоение каждой образованной связи силы воздействия фактора-источника на результирующий фактор. Существует 3 основных подхода:

- аналитический, основывающийся на экспертном мнении специалистов исследуемой области;
- статистический, строящийся на статистическом подходе, классическим инструментом которого является корреляция;
- статистический экспертный подход.

Каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки. Так, например, аналитический подход крайне сложно применять в моделях с множеством факторов высокого порядка. Статистический подход в свою очередь традиционно сталкивается с колоссальной проблемой не структурированности базы данных межфакторных связей (неполнота данных, неравномерность), что приводит к трудностям в корректном подсчете силы взаимосвязей. Поэтому оптимальным методом считается последний, являющийся синергией первых двух.

В случае если модель строится не на числовых данных, а на аналитических, связи воздействия одного фактора на другой будут указывать лишь на положительное/отрицательное влияние первого фактора на второй. В этом случае числовые характеристики связей будут равны +1 и -1 соответственно. Граф будет знаковым [14].

Далее, основываясь на полученные данные, необходимо построить взвешенный когнитивный граф. Вершинами этого графа будут являться вышеописанные факторы. Ребрами – межфакторные связи, а весами этих ребер – числовые характеристики межфакторных воздействий.

Перейдем к понятию *сбалансированности модели*. Пусть $G = (V, E)$ - когнитивный, отображающий исследуемую систему. Предположим, что имеется хотя бы один цикл длины $n \geq 2$. Тогда если $\prod_i \text{sgn}(w_{i i+1}) = 1$, где $i = 0, \dots, n - 1$, цикл называется *сбалансированным*. Иначе, если $\prod_i \text{sgn}(w_{i i+1}) = -1$, цикл называется *несбалансированным* [7]. Модель будет сбалансированной в том и только том случае, если все циклы графа, описывающего эту модель, будут сбалансированными.

Сбалансированность графа влияет на устойчивость модели на среднесрочном и долгосрочном прогнозе. Будучи устойчивой в краткосрочной перспективе, при наличии несбалансированных циклов, характер поведения модели на долгосрочной перспективе будет неоднозначным. Для того чтобы привести систему в устойчивое состояние, можно вводить управляющие воздействия, с помощью которых можно урегулировать возмущения системы и сбалансировать граф [5].

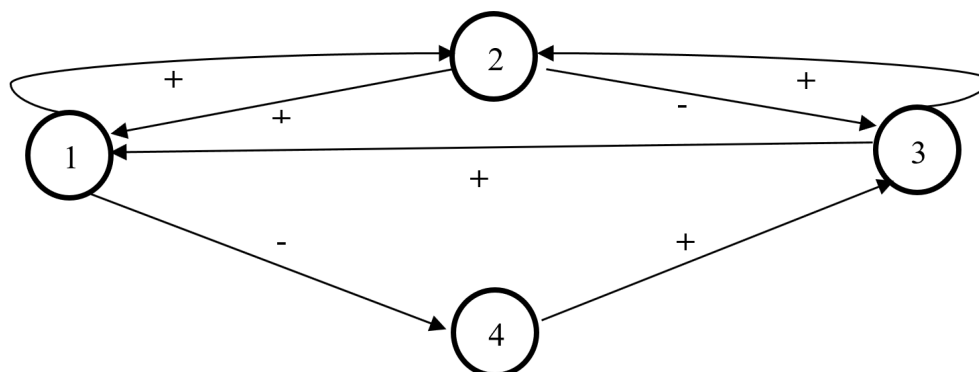


Рисунок 1. Пример когнитивного графа
Figure 1. Example of a cognitive graph

Чтобы определить наличие циклов длины k у графа с n вершинами, необходимо составить абсолютную матрицу инцидентности A . Для того, чтобы определить, какие вершины будут являться вершинами цикла длины k , нужно определить ненулевые диагональные элементы матрицы A^k [20]. Эти ненулевые элементы будут указывать на участие вершины в цикле длины k . Так, например, диагональный вектор матрицы A^2 будет равен $(1, 2, 1, 0)$. Вектор из диагональных элементов матрицы A^3 равен $(2, 1, 2, 1)$. Очевидно, что если существует цикл длины n , то все диагональные значения матрицы A^n должны быть отличны от нуля. Поскольку диагональные значения матрицы

A^4 формируют вектор $(3, 5, 3, 1)$, цикл максимальной длины существует.

Итак, в данном графе имеются следующие циклы:

- **длины 2:** $(1) \xrightarrow{+} (2) \xrightarrow{+} (1)$ – сбалансированный цикл; $(2) \xrightarrow{-} (3) \xrightarrow{+} (2)$ – несбалансированный цикл;
- **длины 3:** $(1) \xrightarrow{-} (4) \xrightarrow{+} (3) \xrightarrow{+} (1)$ – несбалансированный цикл; $(1) \xrightarrow{+} (2) \xrightarrow{-} (3) \xrightarrow{+} (1)$ – несбалансированный цикл;
- **длины 4:** $(1) \xrightarrow{-} (4) \xrightarrow{+} (3) \xrightarrow{+} (2) \xrightarrow{+} (1)$ – несбалансированный цикл максимальной длины.

На данном примере не так очевидна необходимость использования метода поиска циклов возведением матрицы A в соответствующую степень. Однако, при увеличении числа вершин графа, то есть факторов системы, данный алгоритм значительно облегчает процедуру поиска циклов. Поскольку преимущественно моделируемые системы имеют как минимум второй порядок количества факторов, продемонстрированный алгоритм актуален.

В данном примере существенное влияние на систему будут оказывать преобладающие несбалансированные циклы. Несбалансированность свидетельствует о наличии цикличности в структуре анализируемой системы: как в примере модели Лотки-Вольтерры [7], модель которого описывается несбалансированным циклом длины 2, крайне непросто оценить динамику развития популяций, поскольку модель циклична. В случае возникновения подобного графа, соответствующего анализируемой модели, необходимо вводить управляющие воздействия, меняющие характер связи между факторами модели, для того чтобы привести систему в устойчивое состояние. В таком случае появится возможность использовать эконометрические методы для дальнейшего построения прогнозов динамики развития системы.

Если в модели есть несущественный дисбаланс, не влияющие на целевые факторы, такие параметры системы можно отнести к «белому шуму». Зачастую дополнительные управляющие воздействия являются дорогостоящими и длительными, а их вклад в общую структуру системы незначителен. Следовательно, важно определить какие из несбалансированных циклов имеют существенное влияние на систему и сфокусироваться на приведении данных циклов в состояние баланса.

ПРИМЕР. МОДЕЛЬ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИНФЛЯЦИОННОЙ ДИНАМИКИ

Одной из главных задач Центрального Банка РФ является таргетирование инфляции. Как один из ключевых показателей здоровья и устойчивости экономики, показатель инфляции отражает устоявшийся тренд роста цен на товары и услуги и равен отношению стоимости товара/услуги на текущий период к соответствующей стоимости на предыдущий период, где период зависит от базы, относительно которой считается инфляция (недельная, месячная, квартальная, годовая инфляция).

Соответственно, инфляция по стране считается для совокупности товаров и услуг. Формула для подсчета индекса потребительских цен (ИПЦ) имеет вид $I_P = \frac{\sum Q_i^0 P_i^t}{\sum Q_i^0 P_i^0} \times 100\%$, где t – теку-

щий период, 0 – базовый период, Q_i и P_i – количество и цена товара соответственно. Понятно, что в резкое изменение цен на какой-то отдельный компонент ИПЦ может оказать существенное влияние на результат, особенно если принять во внимание эффект низкой базы (в случае, если базовая инфляция невысокая). Таким образом, существенные инфляционные изменения ряда товаров и услуг могут оказать значительное влияние на инфляцию в среднем по стране.

Поскольку одним из главных рычагов регулирования инфляции является денежно-кредитная политика (ДКП) страны, основным инструментом которого является ключевая ставка, динамика инфляции имеет прямое влияние на население. Поскольку изменение ключевой ставки прямо влияет на изменение ставок кредитования населения/бизнеса, а также размещения средств на счетах банков.

Наша задача состоит в том, чтобы разобрать модель прогнозирования инфляции и определить потенциальные управляющие воздействия для того, чтобы нивелировать инфляционные возмущения на обобщенном примере индустрии, в которой процентный рост цен значительно опережает средний исторический. Как было замечено ранее, чтобы динамика инфляции была предсказуемой, важно, чтобы все составляющие продуктовой корзины не имели грубых ценовых выбросов.

Заметные изменения в ряде индустрий наблюдались во время пандемии. Так, резкий рост инфляции был результатом как в следствие роста инфляции спроса, так и инфляции предложения. Поскольку Центробанк перешел к мягкой денежно-кредитной политике для увеличения денежной массы с целью стимулирования локальной экономики, процентные ставки находились на рекордно низких уровнях в начале пандемии. Это способствовало формированию эффекта низкой базы, вследствие чего при первых признаках восстановления экономики влияние отдельных индустрий на общий показатель инфляции было выше обычного (например, автомобильная индустрия, строительная, а также некоторые продукты питания). Такой нетипичный всплеск инфляции в отдельных индустриях привел к резкому росту суммарной инфляции, что в свою очередь сильно повлияло на решения ЦБ, которые очевидным образом отразились на населении.

Введем ряд допущений для построения модели прогнозирования появления инфляционных дисбалансов на общем примере одной индустрии:

1. Модель прогноза краткосрочная.
2. Будем считать ключевую ставку $R_{nominal} = R_{real} + E[I]$, где R_{real} – реальная целевая процентная ставка, а $E[I]$ – ожидаемая инфляция.

- Нам интересны именно скачки инфляции, отличные от прогнозируемой инфляции.
3. Цены на товары рассматриваются в локальной валюте.

4. Модель общая: для разных типов индустрий можно корректировать некоторые связи между факторами модели.

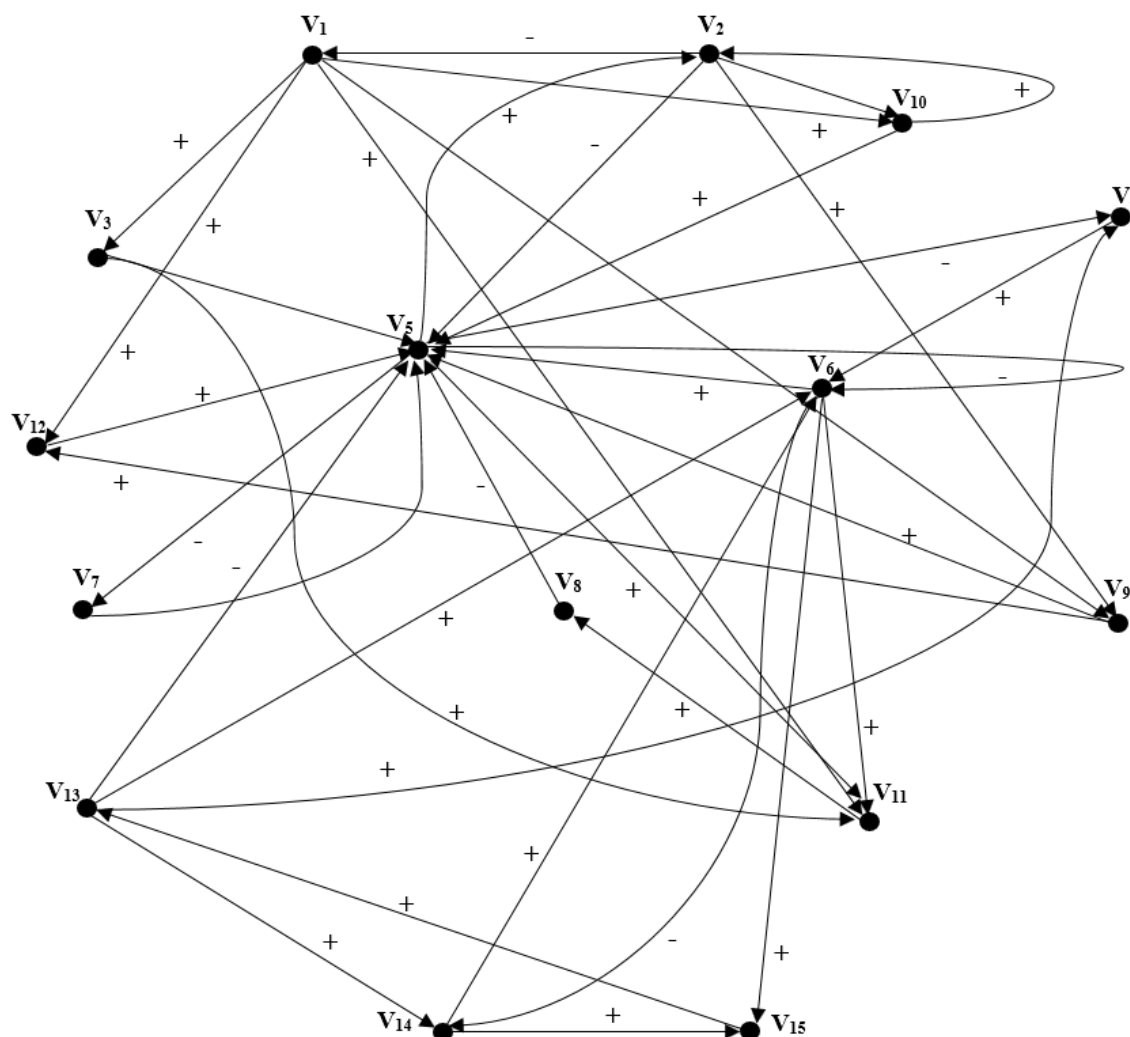


Рисунок 2. Обобщенная модель индустрии
Figure 2. Generalized industry model

Множество вершин графа, соответствующих фактором системы:

- V_1 – Изменение мирового уровня цен на товары, номинированных в локальной валюте.
- V_2 – Стоимость локальной валюты против валют основных торговых партнеров.
- V_3 – Изменение мирового уровня цен на товарные компоненты конечного продукта.
- V_4 – Дотации/льготное кредитование населения и корпораций.
- V_5 – Темпы роста реальной локальной инфляции.
- V_6 – Изменение уровня спроса на внутреннем рынке как следствие:
 - a) дефицит продукта;
 - b) информационный подогрев спроса на продукцию;

- c) покупка дорогостоящих материальных активов, как способ инвестиций;
- d) изменение сознания населения – миграция в более низкую ценовую категорию товаров.

- V_7 – Изменение уровня фискального стимулирования: изменение налогов, тарифов, бюджетных расходов на инфраструктурные проекты и поддержку населения.
- V_8 – Активность ФАС.
- V_9 – Доля импортного оборудования, задействованного в производстве (в стоимостном выражении).
- V_{10} – Доля товара на экспорт.
- V_{11} – Вероятность сговора между фирмами:
 - a) модель – монополистическая конкуренция, спрос эластичный. Сговор между всеми участниками рынка.

б) модель – олигополия, спрос неэластичный. Сговор между участниками, как следствие повышения уровня цен одной из фирм.

V_{12} – Рост издержек производства.

V_{13} – Введение локдаунов.

V_{14} – Реакция населения на введение ограничительных мер (мгновенный рост спроса на товары базовых потребностей и товары первой необходимости как результат паники).

V_{15} – Реакция правительства, направленная на урегулирование паники населения (поток информации через новостные каналы).

Перейдем к описанию связей между факторами описанной системы:

$V_1 \vec{+} V_3$: при росте мировых цен на сырье, товары-компоненты, задействованные при производстве на локальном рынке очевидно отображают динамику цен на мировых рынках.

$V_1 \vec{+} V_9$: при повышении стоимости импортируемой продукции, спрос на нее падает, компании начинают закупать оборудование на внутреннем рынке.

$V_1 \vec{+} V_{10}$: повышение уровня цен на мировых рынках побуждает компании наращивать долю экспорта, поскольку реализация продукции становится более высокой, операционная маржа растет.

$V_1 \vec{+} V_{11}$: повышение мирового уровня цен ведет к высокой вероятности появления картельных сговоров между компаниями, находящихся в среде отличной от рыночной конкуренции, для формирования соответствующих цен на локальном рынке.

$V_1 \vec{+} V_{12}$: рост стоимости оборудования, сырья ведет к тому, что издержки на производство продукции растут.

$V_2 \vec{=} V_1$: укрепление локальной валюты приводит к тому, стоимость мировых товаров (номинированных в иностранной валюте) в локальной валюте снизится.

$V_2 \vec{=} V_5$: укрепление локальной валюты ведет к снижению стоимости импортной продукции, что свою очередь снижает общий уровень цен в экономике. Эффект переноса валютного курса на инфляцию в краткосрочной перспективе считается меньшим, чем в долгосрочной.

$V_2 \vec{+} V_9$: при укреплении локальной валюты стоимость импортного оборудования, стоимость которого выражается в иностранной валюте, очевидно, падает, что вызывает повышенный спрос к импорту.

$V_2 \vec{=} V_{10}$: укрепление локальной валюты ведет к тому, что компании-экспортеры теряют интерес к реализации продукции на международных рынках в виду более сильного локального рынка.

$V_3 \vec{+} V_5$: рост товаров-компонентов провоцирует рост стоимости конечной продукции, что ведет к росту инфляции.

$V_3 \vec{+} V_{11}$: для стабилизации цен на рынке, вероятность сговора между фирмами повышается при повышении уровня цен на товары-компоненты, чтобы сохранять уровень конкуренции на рынке.

$V_4 \vec{+} V_6$: льготное кредитование населения ведет к возрастающей денежной массе, что ведет к росту потребительской активности.

$V_5 \vec{+} V_2$: в отличие от долгосрочного эффекта, краткосрочный эффект возросшей инфляции приводит к поднятию Центральным Банком ключевой ставки, что вызывает интерес иностранцев к активам, номинированным в локальной валюте, соответственно, растет спрос и к локальной валюте, что ведет к ее укреплению.

$V_5 \vec{=} V_4$: повышение уровня инфляции ведет к необходимости снижения денежной массы и бесконтрольных покупок населения, что ведет к сворачиванию мер по льготному кредитованию населения.

$V_5 \vec{=} V_6$: рост инфляции и цен на товары ведет к падению спроса на локальном рынке.

$V_5 \vec{=} V_7$: рост инфляции и цен на товары ведет к падению темпов фискального стимулирования.

$V_5 \vec{+} V_{11}$: рост инфляции ведет к росту цен на продукцию, что в свою очередь может побудить компании, находящиеся не в форме рыночной конкуренции (когда компании являются так называемыми “price-takers” и никак не влияют на цены), установить определенные механизмы регулирования цен, потенциально опережающие инфляционный рост.

$V_6 \vec{+} V_5$: прямая связь очевидна, инфляция спроса.

$V_6 \vec{+} V_{11}$: вероятность сговора между фирмами для поддержания определенного уровня цен на рынке повышается при повышении спроса, то есть притоке новых клиентов и капитала на рынок.

$V_6 \vec{=} V_{14}$: резкий спрос на продукцию приведет к ее дефициту, что в свою очередь приведет к снижению необычно завышенной активности покупателей, которая являлась следствием паники.

$V_7 \vec{+} V_5$: рост фискального стимулирования ведет к увеличению денежной массы, как следствие, росту инфляции.

$V_8 \vec{=} V_5$: повышенная активность ФАС ведет к урегулированию ценовой политики компании, имеющей зачастую существенную долю на рынке, следовательно, оказывает положительный эффект на контроль роста инфляции.

$V_9 \vec{+} V_5$: чем выше стоимость импортного оборудования в локальной валюте, тем выше стоимость реализуемой продукции (издержки на производство всегда отражаются в цене), следовательно, возросшая стоимость импортного оборудования оказывает давление на инфляцию.

$V_9 \leftrightarrow V_{12}$: рост стоимостного выражения импортного оборудования приводит к росту издержек на производство товаров.

$V_{10} \leftrightarrow V_2$: чем больше товара экспортируется, тем больше иностранной валюты поступает на локальный рынок, тем больше появляется спроса на конвертацию в локальную валюту для целей уплаты налогов и развития бизнеса, что в свою очередь укрепляет локальную валюту.

$V_{10} \leftrightarrow V_5$: чем больше товара экспортируется, тем выше инфляционное давление от экспортных цен на товары, разница между более низкими ценами на внутреннем рынке и более высокими ценами на внешних рынках уравнивается повышением цен на внутреннем рынке.

$V_{11} \leftrightarrow V_8$: ФАС начинает активные проверки компаний в случае, если существует сговор между компаниями-участниками рынка.

$V_{12} \leftrightarrow V_5$: рост издержек производства увеличивает стоимость продукции, что провоцирует рост инфляции.

$V_{13} \leftrightarrow V_4$: локдауны сопровождаются снижением экономической активности, для восстановления которой вводятся меры поддержки населения и бизнеса, такие как льготное кредитование.

$V_{13} \leftrightarrow V_5$: введение локдаунов тормозит работу бизнеса, приводит к росту безработице и снижению совокупной инфляции.

$V_{13} \leftrightarrow V_6$: введение локдаунов порождает резкий спрос на товары первой необходимости, а

также на дорогостоящие материальные активы. При этом падает спрос на услуги, которые не оказывают сильного влияние на инфляцию, поэтому будем считать эту связь положительной.

$V_{13} \leftrightarrow V_{14}$: связь очевидна.

$V_{13} \leftrightarrow V_{14}$: паника населения приводит к бесконтрольному спросу на продукцию первой необходимости.

$V_{14} \leftrightarrow V_{15}$: понятно, что для предотвращения паники населения, правительство вводит превентивные меры.

$V_{15} \leftrightarrow V_{13}$: смягчающие меры правительства ведут к отмене локдаунов для восстановления работы бизнеса и нормализации деловой активности населения.

Матрица инцидентности будет иметь вид табл. 1.

Далее необходимо выделить все несбалансированные циклы длины больше, чем 2. В данной системе 5 таких циклов:

1. $V_{10} V_2 V_1$;
2. $V_5 V_{11} V_8$;
3. $V_4 V_6 V_5$;
4. $V_{14} V_{15} V_{13} V_6$;
5. $V_{13} V_4 V_6 V_{14} V_{15}$;
6. $V_{13} V_5 V_4 V_6 V_{14} V_{15}$;

Несбалансированность этих циклов приводит систему в неустойчивое состояние, поэтому важно контролировать модель определенными управляющими мерами.

Таблица 1. Матрица инцидентности графа
Table 1. Graph incidence matrix

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}	V_{11}	V_{12}	V_{13}	V_{14}	V_{15}
V_1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
V_2	-1	0	0	0	-1	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0
V_3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
V_4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_5	0	1	0	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	0	0	0	0
V_6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	0
V_7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_8	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
V_{10}	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_{11}	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
V_{12}	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_{13}	0	0	0	4	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
V_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
V_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

Что касается первого несбалансированного цикла, то очевидно существуют некоторые меры регулирования экспорта, такие как экспортные квоты.

Второй несбалансированный цикл является следствием картельных сговоров. Превентивные

меры ФАС, направленные на регулирование подобных задач часто может оказаться несвоевременным. Временной лаг способен привести к нежелательным осцилляциям ИПЦ. Один из возможных методов

контроля таких сговоров может быть унифицированная база учета стоимости реализованной продукции, которая будет доступна регулятивным органам. На основе такой базы данных можно проводить элементарный сравнительный анализ между компаниями индустрии, а также отслеживать грубые отклонения ценовых политик от ожидаемого поведения цен.

Третий несбалансированный цикл требует наличие своевременного контроля определенных секторов экономики, которые получили большой приток капитала вследствие стимулирования. Например, рост льготных ипотек привел к неконтролируемому росту цен на недвижимость, поскольку спрос на недвижимость многократно увеличился. Рост спроса был обусловлен покупкой недвижимости в качестве инвестиций, что не наблюдалось в таких масштабах данной отрасли ранее. Таким образом, стимулирование населения к покупке недвижимости привело к избытку спроса, следовательно, повышенной инфляции и стоимости недвижимости. Важно ужесточить требования для получения льготных условий кредитования, чтобы избежать излишнего спроса на рынке.

Четвертый несбалансированный цикл лишь отражает инстинктивное поведение индивидов. Для нормализации колебаний данного цикла важна своевременная реакция управляющих органов, направленная на урегулирование паники населения.

Пятый и шестой циклы отражают влияние локдаунов, следствием которых является наводнение экономики дешевым финансированием. Способы нормализации данных возмущений системы аналогичны циклу 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенная мультифакторная модель демонстрирует, что в целом система, описывающая макроэкономическое функционирование отдельных индустрий является достаточно устойчивой в идеальном мире: наличие контролирующих органов и регуляторов должно обеспечивать идеальную среду для постепенного и предсказуемого позиционирования инфляционных ожиданий.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Абрамова Н.А., Авдеева З.К.** Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций: проблемы методологии, теории и практики. *Проблемы управления*. 2008. № 3. С. 85-87.
2. **Авдеева З.К., Макаренко Л.П., Максимов В.П.** Когнитивные технологии поддержки принятия решений при стратегическом управлении ситуациями. *Информационные технологии*. 2006. № 2. С. 15-25.
3. **Бушин П.Я., Захарова В.Н.** Математические методы и модели в экономике: учебное пособие. Хабаровск: ХГАЭП. 2006. 140 с.
4. **Гончаров Д.К.** Развитие скрытых ключевых компетенций предприятия. *Креативная экономика*. 2009. № 5. С. 92-96.

Поскольку мы сталкиваемся с непредсказуемыми событиями, становится сложно предсказывать динамику инфляции с высокой точностью. Появляются новые факторы, приводящие систему в неустойчивое состояние. Когда система становится неустойчивой, любые методы прогнозирования автоматически перестают работать эффективно, что приводит к несостоятельной оценке инфляции, что приводит к повышенной волатильности на финансовых рынках и уязвимости экономической среды.

Полученная система должна привести к сглаживанию инфляционных возмущений, которые вызваны несбалансированностью циклов графа. Введение дополнительных управляющих воздействий необходимо для поддержания не только совокупной инфляции в целевом диапазоне, но и каждого слагаемого ИПЦ по отдельности, так как даже одна отрасль экономики может оказать существенное влияние на общий показатель. Поддержание инфляции каждой отдельно взятой индустрии в заданном коридоре будет способствовать предсказуемости действий центрального банка, что в свою очередь положительно скажется на социальном и экономическом климате страны.

Моделирование различных систем когнитивными графами помогает наглядно определить уязвимые разделы системы и нивелировать их негативное влияние посредством введения дополнительных факторов в систему, которые добавят новые связи и/или разрушить старые.

В данной системе удалось выявить неустойчивые циклы и подобрать такие управляющие воздействия, что система стала значительно более устойчивой к осцилляциям. Таким образом, непрогнозируемые скачки инфляции в каждой индустрии можно предотвратить с помощью предложенных мероприятий. Это позволит вести прозрачную политику касательно макроэкономической политики и предоставит населению и бизнесу возможность полагаться на те прогнозы динамики инфляции, которые оценивает Центральный Банк. Это позволит своевременно принимать меры по финансированию бизнеса, оформлению кредитов и размещению средств на счетах, что определяет здоровый деловой климат в стране.

REFERENCES

1. **Abramova N.A., Avdeeva Z.K.** Cognitive analysis and management of application: problems of methodology, theory and practice. *Problems of management*. 2008. N 3. P. 85-87. (in Russian).
2. **Avdeeva Z.K., Makarenko L.P., Maximov V.P.** Cognitive technologies of decision-making support in strategic management of situations. *Information Technologies*. 2006. N 2. P. 15-25. (in Russian).
3. **Bushin P.Y., Zakharova V.N.** Mathematical methods and models in economics: textbook. Khabarovsk: KSUEL. 2006. 140 p. (in Russian).
4. **Goncharov D.K.** Development of hidden key competencies of the enterprise. *Creative Economy*. 2009. N 5. P. 92-96. (in Russian).

5. **Горелко Г.П., Коровин Д.И.** Математическое моделирование динамики изменения качественных показателей социально-экономической системы с помощью взвешенных оргграфов. *Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2013. № 4 (18). С. 84-91.
6. **Горелко Г.П., Коровин Д.И.** Моделирование взаимодействий факторов социально-экономической системы России методом теории графов. *Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2013. № 2 (16). С. 100-106.
7. **Горелко Г.П., Коровин Д.И.** Применение сбалансированных оргграфов для описания динамики экономических процессов в социально-экономических системах: монография. Иваново: ИГЭУ. 2014. 176 с.
8. **Ильченко А.Н.** Экономико-математические методы. М.: Финансы и статистика. 2006. 287 с.
9. **Камаев В.А.** Когнитивное моделирование социально-экономических систем. Волгоград: ВолгГТУ. 2012. 135 с.
10. **Коровин Д.И.** О применении когнитивных графов для анализа качественных характеристик социально-экономических процессов: коррупция в ВУЗе. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2020. № 2 (44). – 67-72 с.
11. **Кузнецов О.П.** Методы формализации, анализа и принятия решений в слабо структурированных ситуациях на основе нечетких когнитивных карт. М.: МИФИ. 2007. Т. 3. С. 27-30.
12. **Лучко О.Н., Маренко В.А., Хвещкович Э.Б.** Информационно-аналитические системы: монография. Омск: ОмГА. 2010. С. 166.
13. **Лучко О.Н., Маренко В.А.** Когнитивное моделирование как инструмент поддержки принятия решений: монография. Новосибирск: Сибирское отделение РАН. 2014. 119 с.
14. **Мазный Г.Л., Курсова Н.В.** Знаковые графы и оргграфы и их применение при моделировании и анализе сложных проблем в экологии, психологии, экономике и политике. *Геоинформатика*. 1997. № 3. С. 8-17.
15. **Маренко В.А., Лучко О.Н., Штриплинг Л.О.** Информационно-аналитическая работа в социально-экономических системах. Новосибирск: Сибирское отделение РАН. 2010. 116 с.
16. **Павлов А.Н., Соколов Б.В.** Принятие решений в условиях нечеткой информации: учебное пособие. СПб.: ГУАП. 2006. 72 с.
17. **Панурин В.Н., Савченко Н.П.** Целевой подход к анализу экономических интересов участников договора обязательного медицинского страхования. *Вестник ТГЭУ. Серия Экономика и управление*. 2013. № 2. С. 79-87.
18. **Пегат А.** Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 798 с.
19. **Робертс Ф.С.** Дискретные математические модели с приложением к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука. 1986. 496 с.
20. **Яблонский С.В.** Введение в дискретную математику. М.: Наука. 1986. 384 с.
21. **Аксельрод Р.** Структура решения: когнитивные карты политических элит. Нью-Йорк: Издательство Принстонского университета. 1976.
22. **Astrakhantseva I., Kutuzova A., Astrakhantsev R.** Artificial Neural Networks in Inflation Forecasting at the Meso-Level. *SHS Web of Conferences: III International on New Industrialization and Digitalization (NID 2020)*. Ekaterinburg: EDP Sciences. 2021. P. 02005. DOI: 10.1051/shsconf/20219302005.
5. **Gorelko G.P., Korovin D.I.** Mathematical modeling of the dynamics of changes in the qualitative indicators of the socio-economic system using weighted digraphs. *Ivecofin*. 2013. N4 (18). P. 84-91 (in Russian).
6. **Gorelko G.P., Korovin D.I.** Modeling the interactions of factors of the socio-economic system of Russia by the method of graph theory. *Ivecofin*. 2013. N2(16). P. 100-106. (in Russian).
7. **Gorelko G.P., Korovin D.I.** The use of balanced digraphs to describe the dynamics of economic processes in socio-economic systems: monograph. Ivanovo: ISPU. 2014. 176 p. (in Russian).
8. **Ichenko A.N.** Economic and mathematical methods. Moscow: Finance and statistics. 2006. 287 p. (in Russian).
9. **Kamaev V.A.** Cognitive modeling of socio-economic systems. Volgograd: VolgSTU. 2012. 135 p. (in Russian).
10. **Korovin D.I.** On the use of cognitive graphs to analyze the qualitative characteristics of socio-economic processes: corruption in the university. *Ivecofin*. 2020. N 2 (44). P. 67-72. (in Russian).
11. **Kuznetsov O.P.** Methods of formalization, analysis and decision-making in poorly structured situations based on fuzzy cognitive maps. Moscow: MIEP. 2007. Vol. 3. P. 27-30. (in Russian).
12. **Luchko O.N., Marenko V.A., Khveckovich E.B.** Information and analytical systems: monograph. Omsk: OmHA. 2010. 166 p. (in Russian).
13. **Luchko O.N., Marenko V.A.** Cognitive modeling as a decision support tool: monograph. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2014. 119 p. (in Russian).
14. **Mazny G.L., Kursova N.V.** Sign graphs and digraphs and their application in modeling and analyzing complex problems in ecology, psychology, economics and politics. *Geoinformatics*. 1997. N 3. P. 8-17. (in Russian).
15. **Marenko V.A., Luchko O.N., Stripping L.O.** Information and analytical work in socio-economic systems. Novosibirsk. Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2010. 116 p. (in Russian).
16. **Pavlov A.N., Sokolov B.V.** Decision-making in conditions of fuzzy information: textbook. St. Petersburg: SUAI, 2006. 72 p. (in Russian).
17. **Panurin V.N., Savchenko N.P.** Targeted approach to the analysis of the economic interests of the participants in the compulsory medical insurance agreement. *Bulletin of PSUE. Economics and Management*. 2013. N 2. P. 79-87. (in Russian).
18. **Pegat A.** Fuzzy modeling and control. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory. 2011. 798 p. (in Russian).
19. **Roberts F.S.** Discrete mathematical models with application to social, biological and environmental problems. Moscow: Nauka. 1986. 496 p. (in Russian).
20. **Yablonskiy S.V.** Introduction to discrete mathematics. Moscow: Nauka. 1986. 384 p. (in Russian).
21. **Axelrod R.** Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites. N.Y.: Princeton University Press. 1976.
22. **Astrakhantseva I., Kutuzova A., Astrakhantsev R.** Artificial Neural Networks in Inflation Forecasting at the Meso-Level. *SHS Web of Conferences: III International on New Industrialization and Digitalization (NID 2020)*. Ekaterinburg: EDP Sciences. 2021. P. 02005. DOI: 10.1051/shsconf/20219302005.

Поступила в редакцию 11.10.2021
Принята к опубликованию 25.10.2021

Received 11.10.2021
Accepted 25.10.2021