

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ИНДЕКСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА. ВЫЯВЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Полунин Ю.А.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
yplnn@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается анализ динамики индексов промышленности как отражение эволюций систем, описываемых этими индексами. Оценивается влияние внешних факторов. В анализе используются комплекс моделей разных размерностей на базе двух вариантов нелинейных отображений аппроксимирующих процессы, порождаемые эволюциями систем.

Ключевые слова: нелинейный процесс; модель для аппроксимации и анализа; потенциал развития системы; ограничение процесса; интенсивность развития; взаимосвязанные процессы; критерии взаимосвязанности.

Введение

Многообразие влияющих внешних факторов и собственные взгляды на ситуацию в промышленности порождают множество слабо обоснованных заключений о временах значимых воздействий и вызванных ими изменений. Вместе с тем, наиболее объективно влияние внешних факторов на развитие промышленности России отражаются в значениях индексов промышленности. Динамика индексов не линейна, поэтому она сложна и мало информативна для традиционных линейных методов анализа. Для анализа динамики индексов целесообразно использовать нелинейные аппроксимирующие модели. Необходимы модели, позволяющие описать закономерности динамики индексов и выявить их изменения по отношению к сформировавшимся тенденциям. Будем выбирать структуру аппроксимирующих моделей исходя из следующих рассуждений. Поскольку индексы отражают изменения в размерах промышленных систем, то рассмотрение особенностей эволюции таких систем позволяют выбрать модели для анализа динамики индексов. Возможны два подхода к рассмотрению эволюции системы. Во-первых, рассматривать закономерности эволюции системы независимо от других систем, а динамику индекса, ею порождаемую, как независимую от процессов изменения других индексов. Такую динамику можно представить в виде одномерных нелинейных моделей. Во-вторых, можно рассматривать гипотезу, что в определенные моменты времени несколько систем взаимосвязаны по закономерностям эволюций, а в другие моменты их эволюции протекают независимо. Взаимосвязанность может возникать из-за одинакового влияния внешних факторов на разные промышленные системы. Взаимосвязи или независимости эволюций систем будут проявляться как взаимосвязанные или независимые процессы изменения индексов. При таком рассмотрении эволюций необходимы критерии выявления ситуаций взаимосвязанности процессов по данным об изменении значений индексов. Для оценки степени взаимосвязанности динамики индексов необходимы многомерные нелинейные модели. При взаимосвязанности процессов модели для независимых и взаимосвязанных процессов образуют единый комплекс, в котором параметры моделей оказываются, так же взаимосвязаны. Оценки степени взаимосвязей между процессами позволяют глубже провести анализ и оценить точность используемых методов. Можно сказать, что используя разные методы в анализе одного и того же процесса изменения индексов промышленности мы фактически рассматриваем сложный объект с разных позиций.

1. Структуры моделей для анализа динамики индексов промышленности

Рассмотрение специфики динамики индексов, используемых для описания ситуации в промышленности, начнем с алгоритмов расчета значений индексов. Значения индексов отражают размер промышленности и ее отраслей по отношению к базовому 2013 году. Особый интерес с точки зрения влияния на них внешних факторов представляет динамика трех индексов: индекса «Промышленного производства» (ИПП); индекса «В. Добыча полезных ископаемых»; индекса «С. Обрабатывающие производства». Значения индексов получают путем использования многошагового алгоритма, заключающегося в многократном агрегировании исходных данных по элементарным видам деятельности. При расчете индексов по элементарному виду деятельности используются многие параметры, характеризующие конкретную ситуацию и соотносящую ее с базовым годом, такие как: текущее и среднемесячное производство в натуральном или стоимостном выражении; текущие и среднегодовые цены единицы товара. Индексы по элементарным видам деятельности

многократно агрегируются согласно Общероссийской классификации видов экономической деятельности (ОКВЭД) с применением поэтапного взвешивания.

В работе рассматриваются значения индексов с календарной и сезонной корректировкой предоставленных Отделом анализа отраслей реального сектора и внешней торговли Института "Центр развития" НИУ ВШЭ, начальник отдела В.А. Бессонов. Значения индексов с календарной и сезонной корректировкой представлены на рисунке 1.

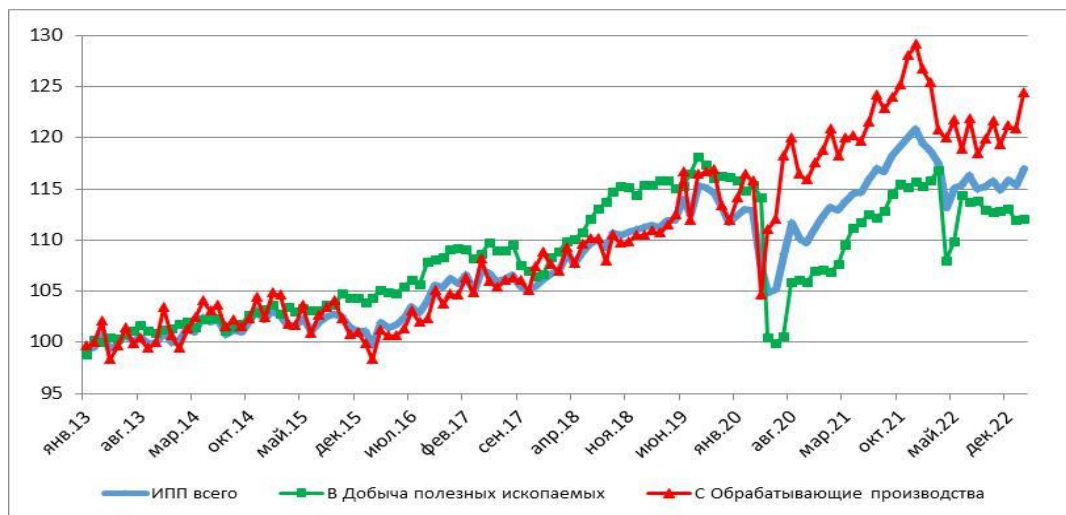


Рис. 1. Значения индексов производств (с календарной и сезонной корректировкой)

Непосредственный анализ динамики получаемых индексов по изменениям входящих в них исходных данных и параметров агрегирования крайне затруднен. На основании анализа последовательности превращений исходных данных сложно оценить воздействие на текущую ситуацию изменяющихся факторов. Целесообразно провести анализ динамики индексов, выявляя воздействие новых факторов, путем оценивания величин отклонений процессов от сформировавшихся ранее тенденций. Для этого можно использовать метод, базирующийся на аппроксимации текущей динамики нелинейными моделями и анализе получаемых результатов. Все три индекса одинаковы по алгоритмам вычисления, и используют во многом качественно одинаковые исходные данные. Поэтому для анализа динамики индексов будем использовать одинаковые по структуре модели, не привязывая обоснование их выбора к конкретному индексу. Все индексы отражают текущее состояние на момент измерения. При оценке дальнейшей эволюции будем учитывать потенциал развития, который определяется как внутренними ресурсами, так и внешними факторами, воздействующими на ресурсы. В каждый момент потенциал развития промышленности или ее отраслей определяется доступными ресурсами, в том числе и такими, как возможность реализовать продукцию. Доступные для дальнейшей эволюции ресурсы всегда ограничены, и их объем определяет величину и связанного с ними потенциала развития.

Понять какие по структуре модели необходимы для анализа динамики индексов можно выявив ее основные особенности. Влияние ограниченности ресурсов на эволюционную динамику, вызывает нелинейность процессов, это необходимо учитывать при выборе структур моделей для анализа. Необходимым свойством моделей для описания и анализа процессов, отражающих эволюции систем, должна быть нелинейность, но помимо этого необходимы модели с интерпретируемыми в результате анализа параметрами.

Поскольку измерения ситуаций в промышленности происходит ежемесячно, то для описания динамики индексов необходима модель с дискретным временем. Кроме того, динамика индексов носит такой характер, что для выявления изменений влияния факторов целесообразны модели, позволяющие аппроксимировать процессы с использованием данных за короткие временные интервалы. Для анализа больших по времени интервалов динамики индексов определение текущих параметров моделей на коротком временном интервале проводится по методу «скользящего временного окна».

Для каждого временного окна значение индекса в следующем месяце можно представить в виде суммы предыдущего значения индекса и приращения, полученного за месяц. Это приращение отражает эволюцию в промышленности. В ходе эволюции приращение отрасли на данном временном шаге определяется ее размером и интенсивностью использования доступных ресурсов. Такие

приращения можно представить, в виде произведения трех сомножителей: значения свободного ресурса; значения индекса (он характеризует размер системы); значения интенсивности с которой свободные ресурсы используются.

Такие закономерности отражены в структурах предлагаемых моделей и их возможных параметрах, описывающих динамику индексов. Эта структура позволяет получить оценки параметров моделей на основании значений индексов. Пусть X_n является значением индекса на временном шаге « n ». Значение индекса на следующем шаге X_{n+1} , будет являться суммой предыдущего значения индекса X_n и приращения за месяц. Текущее месячное приращение индекса определяется произведением значения доступного ресурса F_n на значение индекса X_n и интенсивность использования ресурсов A . Новое значение процесса на шаге « n » можно представить следующим образом:

$$X_{n+1} = X_n + F_n X_n A. \quad (1)$$

Такая структура моделей в виде зависимости, отражающей в дискретном времени, следующее значение процесса через предыдущие, в нелинейной динамике называется «отображением» [1]. Использование отображений для моделирования нелинейных процессов рассмотрено в [2].

Выразим доступные на шаге « n » ресурсы следующим образом: пусть первоначально имелся исходный ресурс, обеспечивавший рост индекса до значения « K », характеризующего потенциально возможное максимальное значение индекса. Часть из исходного ресурса уже израсходована в ходе достижения текущего значения индекса. Тогда свободный ресурс для месячного изменения значений индекса в данный момент времени определяется как исходный полный ресурс минус ресурс, уже затраченный на развитие системы. Это приводит к следующей структуре модели.

$$X_{n+1} = X_n + X_n A (K - f(X_i)) \quad (2)$$

Применительно к нелинейным процессам динамики индексов будем называть параметр модели K «потенциалом роста индекса», а параметр A – «интенсивностью изменения индекса». Но пока перед нами лишь структура модели для анализа нелинейных процессов. Для перехода от выражения (2) к моделям анализа динамики индексов необходимо представить закономерность расходования ресурса эволюции системы. Представление закономерности расходования ресурса зависит от подходов к анализу. Во-первых, возможно описание и проведение анализа процесса изменения индекса, как независимого, развивающегося за счет использования индивидуального ресурса, определяющего потенциал индекса. Такое представление рассматривает описываемую индексом систему как единое целое, не затрагивая эволюции ее подсистем. Во-вторых, можно в ходе анализа представить некую сложную систему, имеющую собственный потенциал развития, состоящую из эволюционирующих подсистем, каждая из которых гипотетически может в рамках общих закономерностей порождать собственный анализируемый процесс, связанный с общим потенциалом развития. При таком подходе возможны два варианта динамики каждой из подсистем. Во-первых, часть подсистем эволюционирует в рамках общих закономерностей, проявляющихся и в общем потенциале развития, тогда процессы, порождаемые такими подсистемами, являются взаимосвязанными. Во-вторых, возможны подсистемы, потенциал развития которых не зависит от других подсистем и процессы, ими порождаемые являются независимыми. Рассмотрим модели для каждого подхода, содержащие разные представления о закономерностях эволюции подсистем.

2. Анализ динамики индексов как независимых процессов. Выявление отклонений от сформировавшихся тенденций

При использовании модели независимого процесса будем рассматривать, что на процессы, выражаемые в значениях индексов, может воздействовать только изменение внешней среды, вне зависимости от характера этого воздействия. Тогда целесообразно перейти от непосредственного анализа значений процесса к анализу изменений тенденций развития процесса. Для описания сформировавшейся тенденции будем использовать модель, параметры которой «текущий потенциал максимального значения индекса $K_{X,n}$ » и «интенсивности изменения индекса $A_{X,n}$ » будут определяться по эмпирическим данным. Кроме того, для оперативности анализа необходима модель, значения параметров которой получены на основании минимального числа значений процесса. Таким требованиям соответствует модель, в которой имеющийся потенциал эволюции (доступные ресурсы эволюции) определяется разностью исходного потенциала и текущим значением процесса. Она выглядит так:

$$X_{n+1} = X_n + X_n A_{X,n} (K_{X,n} - X_n) \quad (3)$$

Эта модель отражает развитие процесса по принципу «завтра закономерности будут такие же, как сегодня», для определения ее параметров требуются три значения процесса. Несмотря на кажущуюся простоту модели ее возможности представления разнообразной по характеру нелинейной динамики очень велики, это S-образные процессы, колебательные процессы любой частоты, динамический хаос. Варианты динамики точно аппроксимируемой моделью (3) соответствуют динамике широкого класса систем, соответствующих теории универсальности. В классе функций таких систем требуется, чтобы на участке от нуля до единицы был один экстремум, при значениях около него близких к параболе. Динамика процессов, порождаемых таким классом функций, соответствует универсальному сценарию Фейгенбаума перехода к хаосу через каскады бифуркаций [3]. Модель (3) учитывает эти особенности эволюции промышленных систем и ее можно рассматривать как базовую в анализе нелинейной динамики индексов.

Методы получения оценок параметров базовых моделей и применения в анализе метода «скользящее временное окно» рассмотрены в [4]. По трем подряд значениям X_1, X_2, X_3 , образующих временное окно, можно получить оценки параметров аппроксимирующей базовой модели $A_{X,n}$ и $K_{X,n}$. Они являются решением системы двух уравнений, представляющих при помощи отображения (3) для X_2 и X_3 . Будем использовать полученные параметры аппроксимирующей модели для описания, сформировавшихся в окне «j» тенденций изменения индексов. На основании такого описания тенденции будем прогнозировать следующее значение процесса, рассматривая его как дальнейшее развитие процесса по сформировавшейся тенденции.

Если на процесс воздействуют неизменные внешние факторы, то тенденция эволюции осталась неизменной и прогноз по базовой модели следующего значения процесса будет $X_4^* = X_3 + X_3 A_{X,n} (K_{X,n} - X_3)$. Полученное прогнозное значение X_4^* можно сравнить с реальным значением X_4 . Расхождение значений говорит об изменении тенденции и может использоваться как оценка степени влияния изменившихся внешних факторов. Будем оценивать его в процентах отклонения от сформировавшейся тенденции $\delta X_4(\%) = (X_4 - X_4^*)/X_4^* \cdot 100$.

Рассмотрим использование базовой модели для анализа динамики индексов, характеризующих промышленное производство РФ.

Проценты отклонений значений индексов от сформировавшихся тенденций, описываемых по модели (3), представлены на рисунке 2.

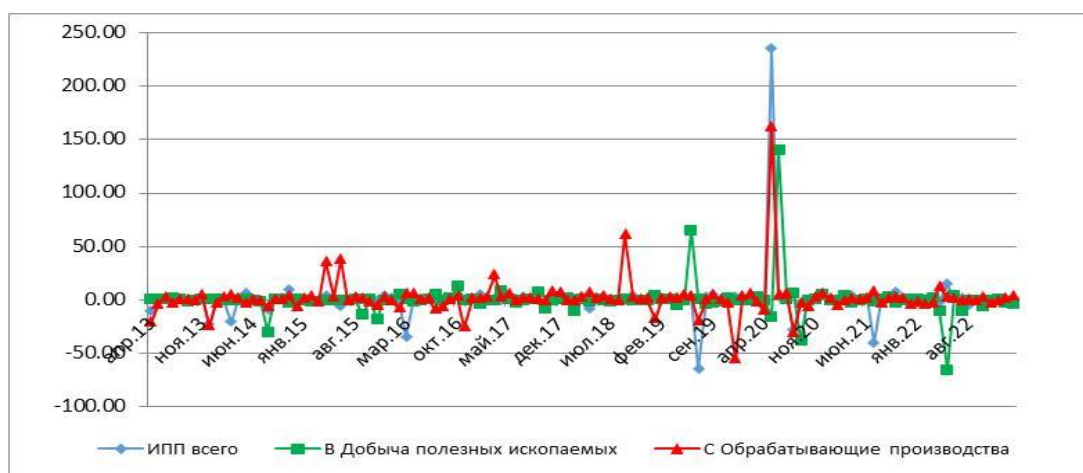


Рис. 2. Отклонения динамики индексов от сформировавшихся ранее тенденций (%)

Из анализа рисунка 2 можно сделать следующие выводы. Общий вывод заключается в том, что отклонения реальных значений индексов от прогнозов по базовым моделям в большинстве случаев малы. Но иногда возникают значительные отклонения, вызванные влиянием изменившихся внешних факторов. Наиболее явно такая ситуация проявилась в самых значительных отклонениях от сформировавшихся тенденций, произошедшие в мае-июне 2020 года, когда реальные значения индексов оказались значительно больше прогнозов. Этот эффект вызван введением в начале года антиковидных мероприятий, первоначально значительно ухудшивших динамику всех индексов, на

основании которой и сформировались негативные прогнозы. Но в дальнейшем промышленность адаптировалась к новым условиям и реалии оказались гораздо выше прогноза. Значительные положительные отклонения в этом случае говорят о преодолении серьезных отрицательных воздействий.

В подтверждение ранее высказанного заключения о малых расхождениях в большинстве случаев прогнозов по моделям и реальных значений индексов рассмотрим статистические характеристики отклонений от тенденций, представленных в таблице 1.

Таблица 1. Проценты отклонений от сформировавшейся тенденции. Статистические характеристики

| | ИПП | Добыча | Обработка |
|----------|-------|--------|-----------|
| Медиана | 0,1 | 0,0 | 0,4 |
| Среднее | 0,2 | 0,1 | 1,0 |
| Минимум | -65,4 | -65,4 | -56,4 |
| Максимум | 235,1 | 140,1 | 162,1 |

В таблице фактически приведены в первых двух строках оценки точности в процентах применяемых методов оценок отклонений. Малые значения медиан отклонений от описываемых моделями тенденций говорят о малом систематическом смещении оценок относительно нулевых значений. Средние значения отклонений говорят о высокой точности описаниями моделями реальных тенденций изменения индексов. Значения минимальных и максимальных отклонений по добыче и обработке оказываются достаточно близкими, характеризуя примерно одинаковую реакцию на внешние влияния. Большее положительное отклонение динамики ИПП объясняется интегральностью этого индекса, отражающего влияние внешних условий и на другие отрасли помимо добычи и обработки.

Все это говорит о том, что, сравнивая отклонения от сформировавшихся тенденций разных индексов можно выявлять времена и эффект от изменения разных внешних по отношению к производствам факторов. В зависимости от конкретных целей анализа в качестве значимых отклонений могут выбираться любые значения, подобно тому, как исследуя объект в биологии, используют разные способы увеличения.

В качестве примера изменения масштаба (по сравнению с общим) рассмотрения отдельного временного участка на рисунке 3 приведены графики отклонений индексов от сформировавшихся тенденций за период с января 2021 года по февраль 2023. Рассмотрение в таком масштабе позволяет оценить ситуацию последнего времени более детально, например, увидеть, что в июле 2021 года динамика ИПП определялась влиянием факторов, слабо воздействующих на динамику добычи и обработки. Кроме того, следует обратить внимание, что с сентября 2022 года динамика ИПП и индекса обработки оказались связанными, это видно и по наложению графиков.



Рис. 3. Период с января 2021 года по февраль 2023. Отклонения динамики индексов от сформировавшихся ранее тенденций (%)

3. Анализ динамики индексов как взаимосвязанных процессов. Выявление времен проявления взаимосвязанности и сильных отклонений от нее

3.1. Структура моделей взаимосвязанных процессов

Ближкие значения статистических характеристик отклонений процессов и их качественные совпадения для разных индексов в некоторые времена порождают гипотезу, что динамика процессов в какие-то моменты времени может быть взаимосвязана в силу одинаковой реакции на воздействия внешних факторов. Взаимосвязанность процессов означает, что их динамика определяется качественно одинаковыми закономерностями. Эти закономерности должны проявляться и во влиянии на динамику каждого из процессов, эволюционирующих за счет общего потенциала роста. Для проверки этой гипотезы воспользуемся моделями взаимосвязанной динамики, представляющие собой модификации базовых моделей. В модели (4) K - общий ресурс развития (суммарный потенциал развития), а израсходованные на развитие до текущего уровня ресурсы, как в модели (2), определяются функцией нескольких переменных, например, для трех процессов $f(X_i, Y_i, Z_i)$. В модели, представленной ниже, используются текущие значения процессов.

Проверить гипотезу о взаимосвязанности динамики трех индексов можно с использованием моделей следующего вида (в качестве примера представлена модель трех взаимосвязанных процессов X_n, Y_n, Z_n):

$$\begin{cases} X_{n+1} = X_n + X_n A (K - X_n - Y_n - Z_n) \\ Y_{n+1} = Y_n + Y_n B (K - X_n - Y_n - Z_n) \\ Z_{n+1} = Z_n + Z_n C (K - X_n - Y_n - Z_n) \end{cases} \quad (4)$$

Модель (4) описывает аналогично (2) систему из трех взаимосвязанных процессов здесь: X_i, Y_i, Z_i значения индексов «ИПП», «В. Добыча полезных ископаемых», «С. Обрабатывающие производства»; A, B, C - интенсивности процессов; K - суммарный потенциал развития процессов (единое ограничение или единый ресурс). Применительно к анализу динамики индексов такую модель можно использовать для выявления времен, когда развитие трех процессов, назовем их сокращенно «ИПП», «В» «С» происходит по взаимосвязанным закономерностям. Сравнения взаимосвязанности только двух процессов позволяет проводить модель аналогичная (4), но состоящая из двух отображений. Исключение третьего отображения не меняет свойств моделей взаимосвязанных процессов.

В моделях (4) при использовании по три значения каждого из процессов можно получить трижды оценки одинаковых параметров, что позволяет оценить по эмпирическим данным степень взаимосвязанности процессов на основании свойств таких моделей.

3.2. Выявление времен взаимосвязанности динамики индексов

Вопросы применения моделей типа (4) для выявления взаимосвязанности и определения параметров моделей детально рассмотрены в [5], результаты применения таких методов в анализе реальных экономических процессов рассмотрены в [4].

Для выявления взаимосвязанности по эмпирическим данным достаточно по три подряд идущие значения каждого из процессов. С использованием таких исходных данных можно тремя способами получить оценки параметров моделей (4) для трех процессов. В одном случае использовать три значения первого процесса, два второго и третьего, затем повторить расчеты по трем оценкам второго процесса, затем для третьего. Для выявления взаимосвязанной динамики индексов в общем случае можно воспользоваться тремя критериями [5].

Первый критерий это выполнение равенства оценок ограничений, полученных при использовании трех значений разных процессов. Для трех процессов необходимо выполнить сравнения трех полученных оценок суммарных потенциалов развития, при строгой взаимосвязанности $K_1 = K_2 = K_3$.

Второй критерий взаимосвязанности оценивает возможность прогнозирования значений процессов, не задействованных в первоначальных расчетах. Например, по полученным оценкам параметров модели (4) на основании трех значений первого процесса и двух значений второго или третьего процесса рассчитать неиспользуемые значения процессов. Затем провести аналогичные расчеты для параметров моделей, полученных по трем значениям второго или третьего процесса. В случае взаимосвязанности процессов расчетные и реальные значения индексов совпадают. Если процессы не строго взаимосвязаны, то, например, предсказанное значение второго процесса \widehat{Y}_3 и реальное значение Y_3 будут отличаться. Тогда расхождение значений, в процентах от реального, можно рассматривать, как точность описания процессов предлагаемыми моделями (4) $Q(\%) = (Y_3 -$

$\widehat{Y}_3)/Y_3 * 100$. Аналогичные оценки точности можно получить и для третьего процесса. Такие расчеты можно повторить с использованием в качестве основных по три значения остальных процессов. Точность полученных оценок в пределах выбранного допуска является одним из критериев взаимосвязанности. В таком подходе реализуются парные сравнения взаимосвязанности процессов.

Третий критерий связывает параметры одномерных (3) и многомерных (4) моделей процессов в единое целое, позволяя в случае взаимосвязанности рассматривать их как единый комплекс. Такой подход базируется на утверждении, что при строгом выполнении условий взаимосвязанности процессов сумма значений потенциалов развития в одномерных моделях (3) равна значению потенциала развития в многомерных моделях (4). Например, для модели (4) и одинарных моделей аналогичных (3) должно выполняться следующее соотношение: $K_X + K_Y + K_Z = K$. Применительно к процессам оценки взаимосвязанности динамики индексов производств третий критерий всегда дает высокие оценки взаимосвязанности и в дальнейшем его значения не приводятся.

Расхождения полученных оценок будут тем меньше, чем ближе взаимосвязанность реальных процессов к теоретически возможной. Поскольку расхождения оценок могут быть как положительными, так и отрицательными, то в качестве итоговой оценки взаимосвязанности рассматривались модули максимальных расхождений критериев, выраженных в процентах. Фактически оцениваются точности моделей взаимосвязанности в описании реальных процессов для каждого временного окна, включающего три измерения. Отказ от оценок по модулю повысит информативность анализа, но очень сильно усложнит его.

В расчетах точности моделей взаимосвязанности оценивались следующие варианты взаимосвязанности процессов. Обозначения вариантов моделей оценки взаимосвязанности соответствуют таблице 2. В таблицах, приведенных далее, обозначения сохраняются.

«ИПП В С» – модель трех взаимосвязанных процессов (ИПП, Добыча, Обработка).

«ИПП В» – модель двух взаимосвязанных процессов (ИПП, Добыча).

«ИПП С» - модель двух взаимосвязанных процессов (ИПП, Обработка).

«В С» - модель двух взаимосвязанных процессов (Добыча, Обработка).

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2. Проценты максимальных отклонений процессов от взаимосвязанной динамики

| | ИПП В С | ИПП В | ИПП С | В С |
|------------------------|----------------|--------------|--------------|------------|
| Медиана | 5,2 | 1,7 | 1,6 | 3,2 |
| Среднее | 11,2 | 4,2 | 5,4 | 7,2 |
| Стандартное отклонение | 23,9 | 8,2 | 13,0 | 13,8 |

Границы допустимых отклонений для каждой из моделей, рассматриваемые как проявления взаимосвязанности, а так же критические значения очень сильных нарушений взаимосвязанности выбраны такими, что бы выделить времена как относительно однородной динамики, так и значительных воздействий внешних факторов. Ориентируясь на данные, приведенные в таблице 2, для каждой модели выбраны значения, приведенные ниже. Как уже подчеркивалось, выбор допустимых границ диктуется целями и потребной точностью анализа.

- «ИПП В С» - поскольку рассматривается взаимосвязанность трех зашумленных каждый по своему процессов (ИПП, Добыча, Обработка), за допустимые расхождения от точной взаимосвязанности принимаются оценки менее 10%, а за оценку сильных отклонений под воздействием внешних факторов – более 30%.
- «ИПП В» модель двух взаимосвязанных процессов (ИПП, Добыча), отклонения от взаимосвязанности менее 3,5%, сильные отклонения – более 10%.
- «ИПП С» - модель двух взаимосвязанных процессов (ИПП, Обработка), расхождения от взаимосвязанности менее 3,5%, сильные расхождения – более 10%.
- «В С» модель двух взаимосвязанных процессов (Добыча, Обработка), отклонения от взаимосвязанности менее 6%, сильные расхождения – более 20%.

В таблицах дополнительно приняты следующие обозначения. Ячейки, выделенные более плотной заливкой, соответствуют началу взаимосвязанной динамики после изменения воздействующих факторов. Времена продолжающейся взаимосвязанной динамики выделены более светлой заливкой. Времена сильного отклонения от взаимосвязанности выделены красным шрифтом цифр.

Критерий выявления новой взаимосвязанной динамики заключается в том, что если после большой оценки отклонений от взаимосвязанности на следующем шаге появляется оценка,

говорящая о взаимосвязанных процессах, то это свидетельствует что в течении двух предыдущих месяцев и далее, динамика процессов взаимосвязана. Начальная первая большая оценка отклонений от взаимосвязанности появляется из-за начала переходных процессов изменения закономерностей. Оценка взаимосвязанности в начале переходного процесса получается на основании разнородных данных, и она не отражает характера динамики. Зато, на следующем шаге в определении параметров моделей используются однородные данные, позволяющие правильно оценить степень взаимосвязанности процессов.

Рассмотрим особенности влияния внешних факторов в моменты времени с 2018 года и далее.

4. Изменение воздействий внешних факторов по годам

4.1. Отклонения от взаимосвязанной динамики в 2018-2019 годах

Таблица 3. Проценты максимальных отклонения процессов от взаимосвязанной динамики в 2018-2019 годах

| | ИПП - В - С (10/30%) | ИПП - В (3,5/10%) | ИПП - С (3,5/10%) | В - С (6/20%) | ИПП - В - С (10/30%) | ИПП - В (3,5/10%) | ИПП - С (3,5/10%) | В - С (6/20%) |
|----------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| год | 2018 | 2018 | 2018 | 2018 | 2019 | 2019 | 2019 | 2019 |
| Январь | 10.5 | 4.0 | 3.2 | 10.5 | 1.6 | 1.6 | 4.7 | 0.8 |
| Февраль | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.3 | 4.1 | 0.3 | 1.3 | 4.1 |
| Март | 4.9 | 1.6 | 4.9 | 3.1 | 5.2 | 1.4 | 0.4 | 5.2 |
| Апрель | 1.8 | 1.4 | 0.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 0.1 | 1.6 |
| Май | 6.0 | 4.6 | 0.4 | 6.0 | 72.9 | 52.7 | 5.5 | 72.9 |
| Июнь | 3.6 | 1.5 | 4.4 | 3.1 | 25.5 | 23.4 | 25.5 | 3.8 |
| Июль | 1.3 | 0.4 | 0.6 | 1.0 | 24.3 | 10.8 | 1.4 | 24.3 |
| Август | 26.2 | 2.3 | 11.4 | 26.2 | 8.9 | 4.1 | 3.3 | 8.9 |
| Сентябрь | 5.0 | 2.1 | 1.5 | 5.0 | 2.2 | 1.1 | 0.5 | 2.2 |
| Октябрь | 3.0 | 1.0 | 0.4 | 2.3 | 1.5 | 0.4 | 0.2 | 0.3 |
| Ноябрь | 0.8 | 0.5 | 0.8 | 0.1 | 20.3 | 3.3 | 9.9 | 20.3 |
| Декабрь | 5.9 | 1.0 | 5.9 | 2.5 | 219.2 | 1.9 | 128.4 | 2.9 |

Модель трех процессов при таких критериях отбора (рассогласование ниже 10%) демонстрирует, согласованную адаптацию промышленности к изменению внешних условий. Сразу после изменения воздействий начинается новая взаимосвязанная динамика, протекающая по другим закономерностям. Это видно во втором столбце, когда весь год взаимосвязанность ИПП и добычи проявлялась на уровне отклонений от взаимосвязанной динамики ниже 3,5%. Изменения воздействий на добычу весь год мало отличались от изменения воздействий на промышленность в целом (см. рассогласование в светло-коричневых клетках столбца ИПП и добыча). С обработкой (третий и четвертый столбцы) такой полной связанности с динамикой ИПП и добычи не проявляется. В августе произошло событие, сильно воздействующее на обработку, и слабо подействовавшее на добычу (см. строку августа) в этот момент реакция на изменившиеся условия между ними максимальна (26,5%). Если сравнивая реакцию на фоне общей динамики промышленности (ИПП), посмотреть второй и третий столбец за август, то видно, что реакция на изменения у добычи минимальна (2,3%), а у обработки сильная (11,4%). В 2018 году модель демонстрировала общеизвестный факт, что в это время развитие промышленности шло в основном за счет добычи полезных ископаемых.

В 2019 году, после почти взаимосвязанной динамики, как продолжения 2018 года в мае начались сильные изменения, первоначально мало затронувшие обработку, но в июне изменения коснулись и ее. Период сильных внешних возмущения продлился до июля. Только в августе началась адаптация к новым условиям, выразившаяся во взаимосвязанной динамике всех отраслей, продлившейся до октября. В ноябре - декабре новые изменения сильно по сравнению с промышленностью в целом затронули обработку.

4.2. Отклонения от взаимосвязанной динамики в 2020-2021 годах

Таблица 4. Проценты максимальных отклонения процессов от взаимосвязанной динамики в 2020-2021 годах

| | ИПП - В - С (10/30%) | ИПП - В (3,5/10%) | ИПП - С (3,5/10%) | В - С (6/20%) | ИПП - В - С (10/30%) | ИПП - В (3,5/10%) | ИПП - С (3,5/10%) | В - С (6/20%) |
|----------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|
| год | 2020 | 2020 | 2020 | 2020 | 2021 | 2021 | 2021 | 2021 |
| Январь | 5.5 | 3.8 | 1.4 | 5.5 | 7.2 | 4.6 | 11.6 | 5.4 |
| Февраль | 14.1 | 1.2 | 20.7 | 3.8 | 4.1 | 3.1 | 1.7 | 4.1 |
| Март | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.5 | 7.1 | 3.5 | 4.6 | 7.1 |
| Апрель | 23.1 | 24.5 | 20.3 | 12.1 | 5.3 | 0.1 | 6.9 | 1.2 |
| Май | 112.7 | 55.4 | 13.8 | 112.7 | 3.7 | 0.5 | 1.5 | 3.7 |
| Июнь | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.3 | 19.5 | 19.0 | 18.7 | 2.6 |
| Июль | 6.5 | 6.0 | 3.8 | 6.4 | 4.8 | 1.4 | 10.1 | 2.7 |
| Август | 38.9 | 21.9 | 23.7 | 38.9 | 3.4 | 1.6 | 0.3 | 3.4 |
| Сентябрь | 10.6 | 2.7 | 4.3 | 10.6 | 4.0 | 3.8 | 3.6 | 3.5 |
| Октябрь | 3.4 | 1.8 | 0.3 | 3.4 | 30.4 | 0.0 | 32.5 | 0.7 |
| Ноябрь | 1.2 | 0.6 | 0.3 | 1.2 | 6.5 | 1.0 | 7.7 | 2.6 |
| Декабрь | 4.2 | 1.0 | 3.2 | 1.0 | 5.3 | 1.9 | 10.7 | 4.4 |

Это время интересно в первую очередь влияниями антиковидных мероприятий, но они проявились не сразу. Сильные возмущения, проявившиеся в декабре 2019 года, первоначально не отразились в 2020 ковидном году на добыче (с января по март). В обработке сильные воздействия проявились уже в феврале, но полное рассогласование динамики индексов началось в мае. В июне-июле ситуация стала более устойчивой, но в августе было новое сильное изменение воздействий. Полная адаптация промышленности, если рассматривать взаимосвязанную динамику как признак адаптации, прошла в октябре.

Первый ковидный год, проявился в ситуации с динамикой индексов по-разному. Год постоянных возмущений для обработки, что, в общем, естественно, антиковидные мероприятия в первую очередь повлияли на наибольшую по численности работников отрасль - обработку. Новые воздействия пришлось на июнь, добыча успешно перестроилась и ее динамика продолжала оставаться взаимосвязанной с общей в промышленности (ИПП) включая декабрь. Можно говорить, что общая ситуация ИПП и добыча адаптировалась к новым условиям, а в обработке происходили сильные изменения. Развитие российского производства первоначально в это время традиционно во многом зависело от добычи полезных ископаемых, но с декабря 2021 года динамика обработки стабилизировалась и стала взаимосвязанной с общей тенденцией, отраженной в динамике ИПП. За два года Ковид наиболее влиял на нестабильность динамики обработки, но в декабре ситуация в обработке стабилизировалась (это первый месяц нового цикла взаимосвязанности динамики с ИПП).

4.3. Отклонения от взаимосвязанной динамики в 2022-2023 годах

Таблица 4. Проценты максимальных отклонения процессов от взаимосвязанной динамики в 2022-20231 годах

| | ИПП - В - С (10/30%) | ИПП - В (3,5/10%) | ИПП - С (3,5/10%) | В - С (6/20%) |
|---------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| год | 2022 | 2022 | 2022 | 2022 |
| Январь | 1.2 | 0.6 | 0.6 | 1.2 |
| Февраль | 3.5 | 2.3 | 0.2 | 3.5 |
| Март | 2.1 | 0.2 | 2.1 | 1.8 |
| Апрель | 33.9 | 14.0 | 12.2 | 33.9 |
| Май | 16.1 | 1.7 | 6.8 | 16.1 |
| Июнь | 6.6 | 4.0 | 2.9 | 6.6 |
| Июль | 22.2 | 21.7 | 14.4 | 3.7 |

| | ИПП – В - С (10/30%) | ИПП - В (3,5/10%) | ИПП - С (3,5/10%) | В - С (6/20%) |
|----------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Август | 2.3 | 1.0 | 0.5 | 2.3 |
| Сентябрь | 17.9 | 8.3 | 0.7 | 17.9 |
| Октябрь | 2.2 | 2.2 | 2.7 | 1.2 |
| Ноябрь | 1.6 | 0.7 | 0.2 | 1.6 |
| Декабрь | 16.7 | 7.4 | 0.5 | 16.7 |
| янв.23 | 6.2 | 3.2 | 0.6 | 6.2 |
| фев.23 | 12.9 | 2.8 | 4.4 | 12.9 |

До марта 2022 года проходила взаимосвязанная динамика, начавшаяся в декабре 2021 года. Сильное воздействие, связанное с санкциями, проявилось в апреле 2022 года. Но, сравнивая отклонения от взаимосвязанной динамики в 2020 и 2022 годах можно сделать заключение, что воздействия антиковидных мероприятий 2020 года проявились сильнее, чем санкции 2022 года. Влияние обработка, с июля пошла взаимосвязанная динамика с ИПП, она продолжилась до января 2023 года. В добыче никакой взаимосвязанности с динамикой ИПП нет, более того в июле прошло новое сильное воздействие на динамику добычи полезных ископаемых, оно оказалось санкций поменяло общую илкартину динамики отраслевых индексов. Быстрее всего к изменениям адаптировалась сънее апрельского. Стабильности в добыче нет и до февраля 2023 года. В сентябре общая картина с ИПП (первый столбец) пришла к взаимосвязанности, произошла адаптация, но в декабре все распалось. Зато обработка продемонстрировала взаимосвязанную динамику до февраля 2023 года.

5. Сравнение результатов выявления влияния внешних факторов, полученных двумя методами

Сравним результаты выявления влияния внешних факторов, полученных по оценкам отклонений от тенденций и отклонениями от взаимосвязанной динамики, используя оценки отклонений, полученные разными методами. На рисунке 2, отражающем анализ по первому методу с использованием одномерной модели, видно, что наибольшее отклонение от сформировавшихся тенденций произошло в мае 2020 года. В данных таблицы 4, отражающей результаты второго метода с использованием многомерных моделей взаимосвязанности, увидим в это же время максимальные оценки отклонений от взаимосвязанной динамики. Значения оценок отклонений в двух методах нельзя сравнивать непосредственно по величине – условия их получения и масштаб разные, но максимальные оценки отклонений в двух методах появились одновременно, что говорит о их согласованности. Сравнивая величины отклонений в таблице 4 можно понять, как развивались события в мае 2020 года. Отклонение от взаимосвязанной динамики «ИПП» и «С. Обработка» оказалось существенно меньше (13,8%), чем у «ИПП» и «В. Добыча» (55,4%), при очень больших расхождениях у «С. Обработка» и «В. Добыча» (112,7%). Если вернуться к рисунку 2, то видно, что сильное отклонение от сформировавшейся динамики у индекса «В. Добыча» произошла в июне, а не в мае. Но ситуация в целом, резко поменялась в мае и оценки по модели взаимосвязанной динамики это показали, их чувствительность выше.

Рассмотрим в качестве примера динамику индексов за последнее время с 2021 года, где оценки отклонений в каждом методе по величинам меньше максимальных. Результаты использования базовых одномерных моделей для описания тенденций и отклонений от них выявили два временных участка с наиболее сильными отклонениями, но они существенно меньше, чем влияние антиковидных мероприятий в мае 2020 года. Резкое изменение ситуации (см. рис. 3) произошло в апреле 2022 года, до этого больше полугода отклонения были малые. Рассмотрим данные в таблице 4. Максимальное отклонение от взаимосвязанной динамики произошло в апреле, причем наиболее сильны расхождения в динамике «С. Обработка» и «В. Добыча» (33,9%). На рисунке 3 видно, что произошли отклонения от сформировавшейся тенденции в разные стороны – у «С. Обработка» отклонения положительные, у «В. Добыча» отрицательные. Опять качественно результаты совпадают.

6. Заключение

Для анализа динамики индексов промышленности возможны два подхода к выбору моделей. Первый предполагает независимые эволюции промышленных систем, второй допускает гипотезу о взаимосвязанности эволюций систем под влиянием внешних факторов.

Для применения каждого из подходов эффективны нелинейные модели в виде отображений независимой или взаимосвязанной динамики индексов.

Применяемые методы описания и анализа динамики индексов производств как закономерностей сформировавшихся тенденций и отклонений от них, позволяют с достаточной точностью выявлять влияние внешних факторов и их значимость.

Методы описания и анализа динамики индексов производств с оценками степени взаимосвязанности процессов позволяют рассмотреть обобщенную картину динамики и выявить влияние внешних факторов.

Выявление времен воздействия внешних факторов на промышленность с использованием моделей независимой и взаимосвязанной динамики оказываются согласованными. У каждого из методов есть свои достоинства. Выявления взаимосвязанной динамики позволяет охватить картину «в целом», в то время как более детальные особенности динамики отдельного индекса видны по методу выявления отклонений от сформировавшейся динамики.

Литература

1. *Кузнецов А.П., Савин А.В., Тюрюкина Л.В.* Введение в физику нелинейных отображений. Саратов: Научная книга, 2010. – 134 с.
2. *Малинецкий Г.Г.* Математические основы синергетики: Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. Введение в нелинейную динамику. Изд. 8-е. –М.: ЛЕНАНД, 2017. - 312 с.
3. *Фейгенбаум М.Ж.* Универсальность в поведении нелинейных систем: перевод С.Г. Тиходеева // Успехи физических наук. 1983. том 141, вып. 2. С. 343—374.
4. *Полунин Ю.А., Юданов А.Ю.* Метод анализа экономических процессов в условиях нестабильности (на примере анализа динамики выручки российских компаний). // Экономический журнал ВШЭ. 2020. Том 24 №4. С. 622-647
5. *Полунин Ю.А.* Выявление взаимосвязей нелинейных процессов по эмпирическим данным // XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019: труды [Электронный ресурс] 17-20 июня 2019 г., Москва / Под общ. ред. Д.А. Новикова. - М.: ИПУ РАН, 2019.С. 2224–2227