

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИНДЕКСОВ ГОСУДАРСТВ

Ю.А. Полуни

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН

Россия, 117997, Москва, Профсоюзная ул., 65

E-mail: yplnn@yandex.ru

Ключевые слова: индексы государств, нелинейные эволюции государств, статистический шум, параметры нелинейной модели, статистические критерии проверки гипотез.

Аннотация: Рассматриваются вопросы анализа нелинейных процессов, отражающих изменения индексов государств. Предлагаемая модель аппроксимации учитывает закономерности изменения индексов и допускает интерпретацию в категориях нелинейных процессов. Параметры модели рассчитываются по эмпирическим данным для каждого «временного окна», состоящего из четырех значений процесса. На основании параметров модели прогнозируется следующее значение процесса, сравнения прогнозов и реальных значений позволяют выявить времена однородные по влиянию одинаковых факторов. С использованием непараметрических методов проверки гипотез о характерах распределений выявляются информативные и неинформативные к изменению воздействующих факторов параметры модели.

1. Введение

Результаты, полученные в проекте «Политический атлас современности» показали, возможность оценивать изменения мировой системы на основании индексов государств, полученных методами многомерного статистического анализа [1]. В проекте рассматривались ситуация только 2005 года, но уже даже эти результаты показали нелинейный характер эволюции государств. Проявился многовариантный нелинейный мир, где нет единых путей эволюции. Полученные результаты показали, что для описания и анализа процессов эволюции государств по эмпирическим данным необходимы нелинейные модели, позволяющие не только адекватно описывать процесс эволюции значений индексов государств, но и учитывать специфические особенности данных в рассматриваемых процессах. Кроме того, модель должна позволять интерпретировать ее параметры в категориях нелинейных эволюций.

2. Модель для анализа динамики индексов по эмпирическим данным

2.1 Модель на базе нелинейного отображения. Определение параметров по эмпирическим данным.

Из нелинейного характера эволюции государств следует, что на основании только эмпирических данных невозможно достоверно восстановить истинные закономерности конкретного процесса изменений значений индексов – многие варианты нелинейной эволюции порождают одинаковые значения процесса. Поэтому, при помощи модели вместо поиска истинной закономерности конкретного процесса, целесообразно решать

задачу аппроксимации значений процесса на определенных временных интервалах. Изменение значений индексов происходит за счет освоения дополнительных свободных ресурсов, поэтому модель должна отразить общие закономерности эволюции за счет ресурсов. Кроме того, каждый раз значения индексов оказываются под воздействием статистического шума. Необходимо иметь в модели хотя бы один параметр, отражающий изменения воздействующих факторов даже при зашумленных данных. Возникают следующие общие требования к модели. Во-первых, модель должна аппроксимировать результаты нелинейной эволюции государств по соответствующему индексу. Во-вторых, в модели должны быть интерпретируемые в категориях эволюции параметр достаточно устойчивый к статистическому шуму.

При таких требованиях анализ динамики индексов государств можно проводить в два этапа с использованием метода «временного окна». На первом этапе необходимо использовать нелинейную аппроксимирующую модель, описывающую тенденции развития процесса в анализируемом временном окне. Полученные параметры модели используется для оценки однородности развития процесса на следующем шаге. На втором этапе необходимо статистическими методами выявить, какие параметры наименее подвержены шуму. Для этого необходимы данные о параметрах моделей с двух или более однородных участков. Сравнения статистическими критериями значений параметров на нескольких однородных участках позволяют выявить характер распределений параметров. Проявляющиеся на анализируемых участках разные законы распределений, выявляют наименее подверженные шуму параметры. Значения таких параметров можно использовать для описания текущих изменений в эволюции. Более зашумленные параметры могут использоваться для оценок динамики «в целом».

Приращение значения индекса в модели можно представить как рост, пропорциональный значению индекса X_n , с интенсивностью A в пределах неизрасходованного потенциала. Неизрасходованный потенциал можно записать как потенциал индекса K минус текущее значение индекса ($K - X_n$).

Новое значение индекса X_{n+1} с учетом приращений можно представить в виде выражения, именуемого в нелинейной динамике «отображением»:

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

Для определения по эмпирическим данным значений параметров модели на базе отображения (1) требуется три значения процесса X_1, X_2, X_3 [2]. Несмотря на кажущуюся простоту модели ее возможности представления разнообразной вариантов нелинейной динамики индексов государств очень велики, к ним относятся: S-образные процессы; колебания любой частоты; динамический хаос [3]. Каждый раз, сдвигая временное окно на один шаг, и аппроксимируя текущие значения процесса моделью на базе отображения (1), мы преобразуем значения процесса в более удобные для анализа и интерпретации изменения значений параметров модели. На основании параметров модели и значения процесса в окне « i » $X_{i,3}$ можно предсказать, какое должно быть следующее значение процесса $X_{i,4}^*$, при неизменной тенденции:

$$X_{i,4}^* = X_{i,3} + X_{i,3} A_i (K_i - X_{i,3}).$$

Относительное отклонение реального значения процесса $X_{i,4}$ от сформировавшейся ранее тенденции, можно рассчитать следующим образом:

$$(2) \quad \delta X_{i,4}^* (\%) = \frac{X_{i,4} - X_{i,4}^*}{X_{i,4}^*} * 100.$$

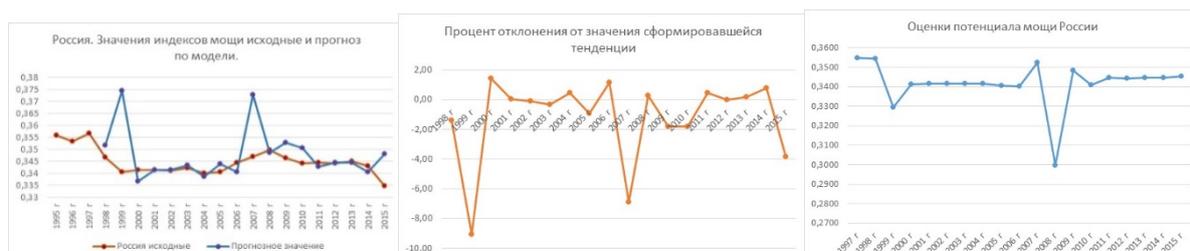
Возможны две причины отклонений от сформировавшейся тенденции: во-первых, за счет влияния шума; во-вторых, в случае воздействия новых факторов, изменивших закономерности процесса. Проводя расчеты по модели (1), мы получаем набор новых параметров, описывающий характеристики динамики индекса мощи для i -го окна, в категориях сформировавшейся тенденции и отклонения от нее ($A_i, a_i, K_i, \delta X_{i,4}^* (\%)$).

Параметр $a_i = A_i K_i$ является нормированной по потенциалу интенсивностью процесса, его значение позволяет сравнивать динамику разных стран между собой. Такой набор параметров есть для каждого временного окна, поэтому мы можем анализировать динамику индекса мощности по изменению во времени каждого из новых параметров.

2.2. Динамика индексов мощности стран. Статистический анализ параметров моделей

Рассмотрим дальнейший анализ на примере динамики индекса мощности России¹.

В каждом временном окне с использованием модели опишем сформировавшуюся тенденцию по первым трем точкам и определим прогноз следующего $X_{i,4}^*$ (четвертого в окне) значения индекса мощности. Для анализа всей динамики за период с 1995 по 2015 годы воспользуемся расчетами параметров восемнадцати базовых моделей (по числу временных окон). На левом графике рис. 1 приведены исходные значения индексов мощности и результаты расчетов прогнозов по модели (1). На среднем графике представлены процентные оценки отклонений от сформировавшихся тенденции, описываемой по модели (1). Большая часть отклонений не превышает 2%, что является подтверждением возможности использовать модель (1) для описания тенденций. Сильные отклонения, превышающие 6%, наблюдаются только в 1999 и 2007 году, они являются индикаторами, что перед нами эффекты переходных процессов смены потенциалов мощности. Можно предположить, что они связаны с кризисами, затронувшими Россию – 1999 - год дефолта, 2007 - год начала мирового кризиса. Для этих времен использовать значения параметров модели (1) для анализа нельзя, так-как в расчетах во временных окнах используются разнородные данные, отражающие влияние разных факторов. Продолжительность появления неадекватных оценок параметров модели (1) при ступенчатом изменении факторов, составляет одно временное окно. Можно выдвинуть гипотезу, что между переходными процессами изменения факторов, влияющих на динамику, лежат однородные области и в случае малой зашумленности параметра характеристики их распределений должны отличаться. Это зоны с 2000 по 2006 годы и с 2011 по 2015 годы. Проверим статистические гипотезы о различии распределений каждого из параметров для этих двух временных участков. Сформулируем нулевую гипотезу следующим образом: «Распределения значений оценок параметров на двух участках являются одинаковыми». Аналогичные результаты выделения однородных участков можно получить и по многим другим странам. Для проверок нулевых гипотез по каждому из параметров страны «j» $A_{i,j}$, $a_{i,j}$, $K_{i,j}$, $\delta X_{i,j,4}^*$ воспользуемся непараметрическими статистическими критериями. Все расчеты выполнены в пакете SPSS, терминология пакета сохранена. В оценках справедливости нулевых гипотез используются расчеты по следующим критериям: критерий серий Вальда-Вольфовица; критерий U Мана-Уитни; критерий Колмогорова-Смирнова; критерий упорядоченных альтернатив Джонкхиера-Терпстра.



¹ Значения индексов мощности стран предоставлены А.С. Ахременко.

Рис. 1. Результаты выполнения анализа по модели (1) динамики индексов мощи России.

По всем критериям получены одинаковые результаты. Результаты проверок справедливости нулевых гипотез для нескольких стран, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценки справедливости нулевых гипотез по непараметрическим критериям.
«Да» – нулевая гипотеза принимается. «Нет» – нулевая гипотеза отклоняется..

	Интенсивность процесса $A_{i,j}$	Потенциал мощи $K_{i,j}$	Нормированная интенсивность $a_{i,j}$	Отклонение от тенденции $\delta X_{i,j,4}^* \%$
Россия	да	нет	да	да
Норвегия	да	нет	да	да
Израиль	да	нет	да	да
Иран	да	нет	да	да
Германия	да	нет	да	да
Индия	да	нет	да	да
Саудовская Аравия	да	нет	да	да

Итак, нулевые гипотезы об одинаковых распределениях на двух временных участках оказываются справедливы везде, кроме значений оценок потенциалов мощи. Значения потенциалов мощи статистически различимы на анализируемых временных участках – они относятся к разным распределениям. Таким образом из возможных оценок параметров модели наименее зашумленным параметром является «потенциал мощи», его значения дают наиболее достоверную текущую информацию о разнородных участках динамики индексов государств. Из справедливости нулевых гипотез для других параметров следует, что по ним можно получать обобщающую статистическую характеристику для описания динамики «в целом». Рассмотрим, могут ли быть в качестве таких обобщающих характеристик медианы значений параметров. Для этого проведем расчеты по оценке нулевых гипотез, но по медианному критерию. В этом случае нулевая гипотеза гласит: «Медианы на различных временных участках относятся к одинаковым распределениям». Результаты по каждой стране и по каждому параметру, приведенные в таблице 2, они совпадают с результатами в таблице 1. Это является подтверждением возможности использования медианных оценок для описания характера динамики «в целом». Две оценки, полученные на основании параметров модели (1), позволяют проводить сравнительный анализ характеров динамики разных стран - нормированные интенсивности $a_{i,j}$ и процент отклонения от сформировавшейся тенденции $\delta X_{i,j,4}^* \%$.

Таблица 2. Значения медиан параметров моделей стран за весь анализируемый период..

Страна	Медиана отклонения от тенденции по модели (1) $\delta X_{i,j,4}^* \%$	Медиана нормированной интенсивности $a_{i,j}$
Саудовская Аравия	0,64	0,14
Германия	0,14	0,31

Индия	-0,23	0,60
Норвегия	0,035	0,997
Россия	-0,07	1,18
Иран	-0,23	1,32
Израиль	1,60	1,36

Медианы величин отклонений от сформировавшихся по модели тенденций говорят в большинстве случаев о малых отклонениях реальных значений индексов от описания текущих тенденций моделью (1). Медианы значения нормированной интенсивности позволяют получить общее представление о характере динамики индексов стран. Значения медиан нормированной интенсивности $a_{i,j}$ меньше единицы свидетельствуют о S-образном характере траектории. Значения нормированной интенсивности более единицы показывают возможность возникновения затухающих колебаний относительно устойчивой неподвижной точки.

3. Заключение

- Предложенная нелинейная модель правильно отражает особенности динамики индексов стран, получаемых в продолжении проекта «Политический атлас современности».
- Предлагаемый метод анализа динамики позволяет по нелинейной модели выявить времена смены факторов, влияющих на динамику индексов.
- На основании проверки статистических гипотез о характерах распределений значений параметров модели возможно выявление наименее зашумленных параметров модели, позволяющих оценивать эффекты изменения влияющих на процессы факторов. Для динамики индекса мощи государств таким параметром является «потенциал мощи».
- Выявление непротиворечивых результатов оценок по непараметрическим критериям распределений индексов и по медианным критериям позволяет выявить параметры, значения медиан которых дает представление о динамике «в целом».

Список литературы

1. Политический атлас современности: Опыт многомерного статистического анализа политических систем современных государств. М.: Изд-во «МГИМО – Университет», 2007. 272 с.
2. Полунин Ю.А., Юданов А.Ю. Метод анализа экономических процессов в условиях нестабильности (на примере анализа динамики выручки российских компаний) // Экономический журнал ВШЭ. 2020. Т. 24, № 4. С. 622-647.
3. Кузнецов А.П., Савин А.В., Тюрюкина Л.В. Введение в физику нелинейных отображений. Саратов: Научная книга, 2010. 134 с.