

Юсифов Мурад Юсиф оглы,
докторант факультета "Прикладная математика и кибернетика",
Бакинский Государственный Университет, Республика Азербайджан

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ И В ЕГО РЕГИОНАХ: ПРИМЕНЕНИЕ РАСШИРЕННОЙ МОДЕЛИ РЯДОВ ФУРЬЕ

Yusifov Murad Yusif oglu,
Baku State University, post graduate student, Faculty of Applied Mathematics and Cybernetics

APPLICATION OF EXTENDED FOURIER SERIES MODEL IN STUDYING THE INFLATIONARY PROCESSES IN AZERBAIJAN AND ITS REGIONS

В этом исследовании были применены и исследованы инфляционные циклы и качество прогнозирования математических методов. Расширенная модель рядов Фурье была применена в прогнозировании инфляционных процессов. Исследование определяет циклы и интенсивность инфляции. Модель рядов Фурье была расширена фиктивной переменной (PPФ — модель расширенных рядов Фурье) для того, чтобы рассмотреть экономические шоки в модели. Была составлена карта инфляционных циклов по региону.

In this study inflation cycle of Azerbaijan and forecasting quality of mathematics methods have been determined and investigated. The study determines inflation cycles and intensities. Extended Fourier series model have been implemented in forecasting the inflationary processes. Fourier series model has been extended by additive dummy variable (EFS model- Extended Fourier series model) in order to consider the economic shocks in the model. It was compiled the map of inflation cycles for regions.

Ключевые слова: ряды Фурье, инфляционные процессы, карта инфляционного цикла, прогнозирование.
Key words: Fourier series, inflationary processes, inflation cycle map, forecasting.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с диалектикой, развитие происходит не как линейное движение, а "спирально". Здесь также есть возврат к начальному моменту. Но это возвращение и периодические процессы происходят на новых основах [1, с. 272].

В качестве периодических процессов, инфляционные процессы происходят от сложных взаимных экономических событий, происходящих в динамическо-экономической системе. Актуальность учения инфляционных процессов приобретает новое качество на основе экономического поведения хозяйствующих субъектов, и это делает данное исследование более интересным для исследователей. В этом исследовании были определены циклы инфляции по регионам и качество прогнозирования этих математических методов. Кроме того, в целях рассмотрения экономических шоков в модели экономики ряды Фурье были расширены с фиктивной переменной.

1. Предыдущие исследования в этой области.

Впервые ряды Фурье были представлены французским математиком Жозефом Фурье в своих трактатах "Распространение тепла в твердых телах" в 1807 году и "Аналитическая теория теплоты" в 1822 году [4, р. 125].

Андреа Фуми и другие изучили прогнозы спроса с помощью ряда Фурье [2]. К.О. Омекара, Э.Экпейонг, М.П.Экерете, а также изучили динамику инфляции в Нигерии с помощью рядов Фурье [3].

Несмотря на то, что много исследований было сделано в связи с инфляцией по различным аспектам в Азербайджане, анализ рядов Фурье не был реализован в экономике Азербайджана для изучения процессов инфляции.

В отличие от других исследований здесь учитывается экономический шок с помощью фиктивной переменной.

2. Методология и теоретические основы прикладных математических методов

Таблица 1. Циклический анализ и диагностика инфляционных процессов

N	Интенсивность	Цикл инфляции	частота	Амплитуда n-х колебаний
1	17.55	218	0.0046	0.40
2	6.28	109	0.0092	0.24
18	63.26	12.1	0.0826	0.76
109	0.14	2	0.5000	0.04

Источник: авторские расчеты и Microsoft Excel 2007.

Ряд Фурье применим также в эконометрике, помимо других областей, таких как электроника, оптика, обработка сигналов, акустика и т.д. [4; 10].

Время, необходимое для полного колебания, является периодом. Частота $\nu = 1/T$ и период $T = 1/\nu$ взаимно обратные величины. Это часто периодические события, состоящие из суммирования ряда гармонических колебаний. В итоге график колебаний формирует гармонические колебания [8]. Для определения функции динамики инфляции кратко представим простой гармонической ряд:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx) \quad (1).$$

Гармонический анализ инфляционных процессов является разложением рядов в тригонометрические ряды. Для того, чтобы разложить периодическую функцию $f(x)$, имеющую период 2π , надо назначить коэффициенты этого ряда. Это можно быть вычислить с помощью следующих формул:

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx; \quad a_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos nx dx;$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin nx dx; \quad n = 1, 2, 3.. \quad (2).$$

Следовательно, ряд $\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$ имеющий выше указанные коэффициенты, называется рядом Фурье по функции $f(x)$.

С помощью метода прямоугольников определяют коэффициенты Фурье по интегралам [6, с. 647].

В этом исследовании переменная $ипц_t$ является переменной зависимой от аргумента t или функцией. Добавление более простых гармоник более точно выражает периодическое движение, определяемое функцией $f(x)$. Таким образом, модели ряда Фурье является более увязимы к длине ряда. Поэтому разложение тригонометрического ряда имеют большое значение [7]. Движения, происходящие в совокупном спросе и совокупном предложении, и рыночное регулирование, стремящееся обеспечить макроэкономическое равновесие

формирует циклические инфляционные процессы. А определение циклов инфляции и построение моделей ряда Фурье опираются на коэфициенты Фурье и частоту Фурье.

Периодические инфляционные сигналы определяются с помощью разложения тригонометрических рядов, имеющих элементы синуса и косинуса. Анализ рядов Фурье является более целесообразным для определения периодических сигналов инфляции. В этом исследовании инфляционные процессы исследуются как суммирование простых гармоник. Приведенные гармоники инфляционных процессов повторяются каждый $t = 2\pi$ интервала времени [5], другими словами они превращаются в периодические процессы. Суммирование равночастотных гармоник формирует простую гармонику.

Для определения инфляционных циклов нужно рассмотреть более сложные гармоники, имеющие различную частоту синусового и косинусового волн. Следовательно, модель расширенного ряда Фурье с фиктивной переменной имеет следующий вид:

$$\widehat{ипц}_t = \sum_{n=0}^p c_n t^n + \sum_{n=1}^k (\hat{a}_n \cos n\omega t + \hat{b}_n \sin n\omega t) + \Phi П_t + u_t \quad (3).$$

Здесь, $\widehat{ипц}_t$ оценки регрессии темпов инфляции $\sum_{n=0}^p c_n t^n$ — уравнение оценённых трендов, \hat{a}_n и \hat{b}_n , ($n = 1, 2, \dots, q$) — оценки параметров, $\Phi П_t \in \{0, 1\}$ — фиктивная экзогенная переменная, u_t — остатки или резидуаль модели, коэффициенты a_n и b_n оцениваются следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} a_n &\approx \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N \Delta ипц_t \cos \omega_n t \\ b_n &\approx \frac{2}{N} \sum_{t=1}^N \Delta ипц_t \sin \omega_n t \end{aligned} \right\} \quad (4).$$

Функция интенсивности $I(f_n)$ для частоты f_n по ряду $ипц_t$ определяется следующим образом [3]:

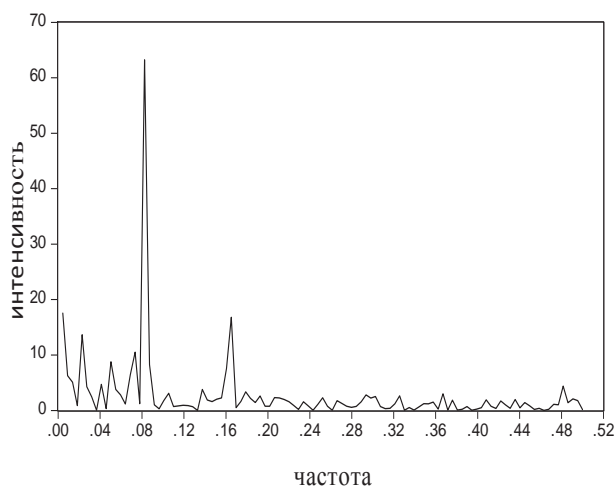
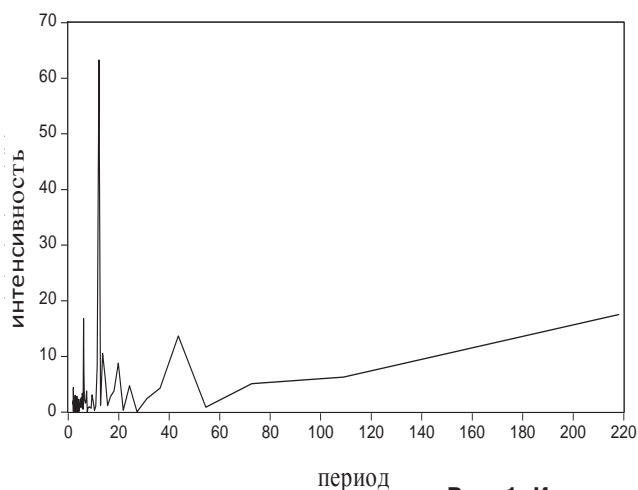


Рис. 1. Интенсивность и частота периодов

Источник: авторские расчеты и Eviews 7.

Источник: Eviews 7.

Таблица 2.

Переменная	Коэффициенты	Стд.отк	t-статистика	вероятность
Компонент тенденции (с)	100.3359	0.156755	640.0793	0.0000
Компонент тенденции (@trend)	0.001112	0.00125	0.889897	0.3745
Остаточный компонент u(-1)	0.333744	0.064363	5.185301	0.0000

Источник: авторские расчеты и Eviews 7.

$$I(f_n) = \frac{N}{2} [a_n^2 + b_n^2], n = 1, 2, \dots, q \quad (5).$$

Частота Фурье используется для определения параметров моделей Фурье [3]. Наибольшее количество интенсивности определяют циклы инфляционных процессов.

3. Статистические данные.

В этом исследовании статистические данные охватывают период с января 1996 года до марта 2015 года. Статистические данные делятся на две части: калибровки и контрольная [2]. Информация была приобретена из официальных статистических данных Центрального Банка Азербайджанской Республики¹.

Стационарность по временным рядам имеет важное значение в эконометрике [5].

4. Применение расширенных моделей ряда Фурье в исследовании циклического анализа инфляционных процессов.

Периодичность не может быть видна из-за неопределенности графика. Поэтому наибольшая интенсивность определяется на основе периодограммного анализа. Было определено, что оценка частоты на соответствующих наибольшей интенсивности равна $f = 0.0826$. Это рассматривается как частоты волны инфляции. (табл. 1, рис. 1).

Для определения инфляционных циклов были исследованы долгосрочные периоды, которые охватывают влияние всех экономических шоков происходивших в течение 1996—2015 годов. В долгосрочной перспективе, показатели инфляции цикла были определены за период 12-ти месяцев. Так как $t = 2\pi$, скорость регулирования инфляционных процессов направленных к состоянию равновесия равна 6 (шесть) месяцам. Следовательно, рынки возвращают инфляцию к состоянию равновесия при повышении цены.

В результате анализа рядов Фурье цикл инфляции был определен за 12 месяцев (табл. 1).

Таким образом, модели включающих сезонные компоненты могут построены в следующей форме:

$$\text{Дипц}_t = 0.7256 \cos(\omega t) - 0.3137 \sin(\omega t) - 0.3922 \cos(2\omega t) + 0.2153 \cos(12\omega t) + 0.3372 \cos(13\omega t) + 0.1991 \sin(37\omega t)$$

Высокая частота и гармонические колебания на инфляционные процессы соответственно равны 0,0826 и 54.

Эконометрические оценки компонента показывает, что автономная часть статистически значима (табл. 2).

Эконометрические модели с сочетанием компонентов модели ряда Фурье принимают следующую форму:

$$\text{ипц}_t = 100.4614 + 0.723093 \cos(\omega t) - 0.289607 \sin(\omega t) - 0.314703 \cos(2\omega t) + 0.241366 \cos(12\omega t) + 0.327632 \cos(13\omega t) + 0.212861 \sin(37\omega t) + 0.337403 u_{t-1}$$

Чтобы учесть экономические шоки, модели ряда Фурье были расширены с помощью фиктивной переменной ФП{0,1} в качестве аддитивных. Тогда разложение ряда Фурье будет выглядеть следующим образом. Здесь ФП-фиктивная переменная и определяется как 0 и 1.

$$\text{ипц}_t = 100.4157 + 0.673452 \cos(\omega t) - 0.31071 \sin(\omega t) - 0.318 \cos(2\omega t) + 0.260353 \cos(12\omega t) + 0.317045 \cos(13\omega t) + 0.140359 \sin(37\omega t) + 0.244708 u_{t-1} + 1.484984 \text{ФП}$$

¹ Официальный сайт ЦБА, <http://www.cbar.az>

При сравнении качества моделей ряда Фурье (РФ) и расширенных моделей ряда Фурье (РРФ) видно, что модели РРФ являются более значительными. Результаты тестов Диклер-Фуллер (-15,355) показывают, что модель имеет стационарность на всех уровнях статистической значимости (1%, 5%, 10%).

Видно, что учитывая экономические шоки в модели аппроксимации к фактическому показателю улучшаются. Показатели RMSE, MAPE, MAE в моделях РРФ были наименьшими, чем в модели РФ.

Следовательно, все эти модели при прогнозировании только тогда приобретают аппроксимацию к оценке фактическому, когда все значительные процессы происходившие в экономической системе формируются на основе случайности и сохраняют свои рыночные механизмы. Это необходимые условия для получения наименьших отклонений в предикционных моделях. Эволюции в поведении экономических субъектов ведут инфляционные процессы с одного качества на другое. В этом случае достаточным условием является сохранение качества значительным. Эти условия повышают адекватность аппроксимации моделей к фактическим показателям.

5. Диагностические оценки инфляционных процессов в регионах.

Отметим что, когда рынки находятся в состоянии равновесия, тогда ценовая стабильность обеспечивается. Определение скорости регулирования инфляционных процессов направленных к состоянию равновесия дают информацию о социально-экономическом развитии регионов и способность регулирования рынков не только по страна, также по всем регионам. Диагностика инфляционных процессов в Азербайджане на основе анализа ряда Фурье показывает, что инфляционный цикл по стране равен 12-ти месяцам. При применении этих экономико-математических методов составляются карты инфляционных циклов по регионам.

Наибольшая инфляционная интенсивность наблюдается в регионах Гянджа-Газах.

Таблица 3. Оценивание модели ряда Фурье

N	РРФ модель	ИПЦ
218	100.92	100.36
219	100.93	100.30
220	100.92	100.20
221	100.57	99.20
222	99.97	98.80
223	99.42	99.20
224	99.30	100.00
225	99.74	101.10
226	100.50	100.30
227	101.17	100.10
228	101.46	100.50
229	101.41	100.20
230	102.77	104.00

Источник: авторские расчеты и Eviews 7.

Таблица 4. Диагностическая оценка инфляционных процессов в регионах

Регионы	Интенсивность	Циклы
1. Баку	24	12,3
2. Апшеронский экономический район	10,2	12,3
3. Гянджа-Газахский экономический район	27,1	12,3
4. Шеки-Загатальский экономический район	22,5	12,3
5. Ленкоранский экономический район	23,7	12,3
6. Губа-Хачмазкий экономический район	21,3	12,3
7. Аранский экономический район	21,5	12,3
8. Верхне-Карабахский экономический район	21,1	12,3
9. Нахичеванский экономический район	3,1	8,2
10. Экономический район Горный Ширван	13,5	12,3
11. Кельбаджар-Лачинский экон. район*	-	-

* Необходимая информация не доступна, потому что Кельбаджар-Лачинский экономический район был совершенно оккупирован Арменией.

Источник: авторские расчеты и Eviews 7.

Это даёт возможность изучения инфляционных процессов в региональном аспекте. Следовательно, применение этих методов в изучении инфляционных процессов имеет теоретическое и практическое значение при определении региональной монетарной политики.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам исследования было определено что, применение рядов Фурье считается значимым при моделировании и прогнозировании инфляционных процессов в Азербайджане. Следовательно, скорость регулирования инфляционных процессов направленных к состоянию равновесия равна 6 (шесть) месяцам. Для всех этих моделей прогнозирование только тогда приобретает аппроксимацию к оценке фактической, когда все значительные процессы происходившие в экономической системе формируются на основе случайности, и сохраняют свои рыночные механизмы. Это необходимое условие для наименьших отклонений в предикционных моделях. Эволюции в поведении экономических субъектов переводят инфляционные процессы с одного качества на другую. В этом случае достаточным условием является значительное сохранение качества. Эти условия повышают адекватность аппроксимации моделей к фактическим показателям.

Следовательно, применение этих методов в изучении инфляционных процессов имеет теоретическое и практическое значение при определении макроэкономической и региональной монетарной политики.

Литература:

1. Maksud Farkhad ogly, "Osnovy filosofii", izd. Prosveshenie, Baku, (1998), 440 s.
2. Andrea F., Arianna P., Laura S., "Fourier Analysis for demand Forecasting in a Fasion Company"// International Journal of Engineering Business Management (2013), Vol.5. — P.1—10.
3. Omekara C.O., Ekpenyong E. J., Ekerete M.P., Modelling the Nigerian Inflation Rates Using Periodogram and Fourier Series Analysis // CBN Journal of Applied Statistics. — 2013. — Vol. 4. — No. 2. — P.51—68.
4. Anumaka M., Anaysis of Electric Circuits Using Fourier series // International Journal of Engineering and Innovative Technology. — 2012. — V.1, I. 5, P. 125—128.
5. Linus O. U., Oladejo M., Another Look at Fourier Coefficients: Forecasting Non-Stationary Time-series using Time dependent Fourier Coefficients // Int'l Journal of Computing, Communication & Instrumentation Engg. — 2014. — Vol.1. — I.1. — P. 83—86.
6. Bermant A.F., Kratkij kurs matematicheskogo analiza, Gosudarstvennoe izdatelstvo fiziko-matematicheskoy literatury. — Moskva, 1963, 663 c.

7. Zajchev I.L. Vysshie matematicheskie kursy, Prosveshenie. — Baku, 1965, 434 c.
8. Aliev M.M. Fizika. — Baku: Prosveshenie, 1986, 307 s.
9. Nengbao L., Babushkin V., Afshari A. Short-Term Forecasting of Temperature Driven Electricity Load Using Time Series and Neural Network Model // Journal of Clean Energy Technologies, 2014, Vol. 2. — No. 4.
10. Leland L.L. Water Temperature Forecasting and Estimation using Fourier Series and communication Theory Techniques // Water Resources Research, 1976. — Vol.12, No. 5. — P. 881—887.

References:

1. Maksud, Farkhad ogly (1998), Osnovy filosofii, [The philosophy], Prosveshenie, Baku, Azerbaijan.
2. Andrea, F. Arianna, P. and Laura, S. (2013), "Fourier Analysis for demand Forecasting in a Fasion Company", International Journal of Engineering Business Management, Vol.5, pp. 1—10.
3. Omekara, C.O. Ekpenyong, E. J. and Ekerete M.P. (2013), "Modelling the Nigerian Inflation Rates Using Periodogram and Fourier Series Analysis", CBN Journal of Applied Statistics, Vol.4, No.2, pp. 51—68.
4. Anumaka, M. (2012), "Anaysis of Electric Circuits Using Fourier series", International Journal of Engineering and Innovative Technology, Vol.1, no. 5, pp. 125—128.
5. Linus, O.U. and Oladejo, M. (2014), "Another Look at Fourier Coefficients: Forecasting Non-Stationary Time-series using Time dependent Fourier Coefficients", Int'l Journal of Computing, Communication & Instrumentation Engg, Vol.1, no.1, pp. 83—86.
6. Bermant, A.F. (1963), Kratkij kurs matematicheskogo analiza [A short course of mathematical analysis], Gosudarstvennoe izdatelstvo fiziko-matematicheskoy literatury, Moscow, Russia.
7. Zajchev, I.L. (1965), Vysshie matematicheskie kursy, [Higher mathematics courses], Prosveshenie, Baku, Azerbaijan.
8. Aliev M.M. (1986), Fizika [P hysics], Baku. Prosveshenie, Azerbaijan.
9. Nengbao, L. Babushkin, V. and Afshari, A. (2014), "Short-Term Forecasting of Temperature Driven Electricity Load Using Time Series and Neural Network Model", Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 2. No. 4.
10. Leland, L.L. (1976), "Water Temperature Forecasting and Estimation using Fourier Series and communication Theory Techniques", Water Resources Research, Vol.12, No.5, pp. 881—887.

Стаття надійшла до редакції 18.09.2015 р.