УДК 330.42

ВЛИЯНИЕ ШОКОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ФОНДОВЫЙ ИНДЕКС

Андриенко В.М., Богданова В.А., Спиваков О.Г.
Одесский национальный политехнический университет
Кафедра информационных систем в менеджменте
E-mail:andrienko.v@gmail.com

Аннотация:
Андриенко В.М.,* Богданова В.А., *Спиваков О.Г. Влияние шоковых воздействий на фондовый индекс. *Работа посвящена анализу и прогнозированию важнейшего макроэкономического показателя Украины – индексу фондового рынка ПФТС. Применен подход к идентификации динамики индекса с точки зрения продолжительности присутствия в ней последствий возмущений, вызванных некоторым внешним шоковым воздействием.*

Общая постановка проблемы

Состояние фондового рынка играет важную роль для стабильного развития экономики. Крах фондового рынка, то есть сильное падение (шок) курсовой стоимости ценных бумаг за короткий промежуток времени, может вызвать спад и депрессию в экономике. Принимая решения об инвестициях, финансовый менеджер постоянно оценивает поведение в будущем, как отдельных финансовых активов, так и рынка в целом. Участнику рынка нужно хотя бы приблизительно представлять картину будущего. Именно поэтому на первый план выдвигается задача оценки состояния и тенденции развития ситуаций на фондовом рынке. С этой целью вся текущая и прошлая финансовая информация тщательно анализируется с помощью методов финансового анализа. Это дает понимание прошлого и текущего состояния рынка. Однако каким бы детальным не было это понимание, прогнозы, составленные только на такого рода анализе, не могут служить надежной основой для принятия решений об инвестировании. В этой связи, построение математических моделей, позволяющих лучше понять структуру и поведение рынка как единого целого, так и его составляющих, долгое время привлекали и продолжают привлекать внимание исследователей и практиков. Проблема моделирования динамики цен рыночных активов и их прогнозирования является достаточно сложной, и ее нельзя назвать в настоящее время решенной.

Исследования

1. *Индекс украинского фондового рынка ПФТС.* Основными индикаторами фондового рынка являются индексы, рассчитываемые на основании котировок определенной группы ценных бумаг. В зависимости от того, какие компоненты содержит индекс, он может отражать поведение определенной группы акций или всего фондового рынка. Индекс Украинского фондового рынка ПФТС (первая фондовая торговая система) признан международной финансовой корпорацией (МФК) как единственный индекс, используемый этой организацией при мониторинге внутреннего состояния украинского фондового рынка. Индекс определяет средний уровень наиболее ликвидных украинских акций, которые имеют наибольшую рыночную капитализацию. Информацию о состоянии индекса ПФТС публикует на своем сайте «Первая фондовая торговая система», которая представляет собой электронную биржу ценных бумаг Украины и поддерживает работу национальной электронной системы торговли ценными бумагами в режиме «online».

2. *Математико-статистические методы моделирования временных рядо*в. Большинство математико-статистических методов имеет дело с моделями, в которых наблюдения предполагаются независимыми и одинаково распределенными. При этом

основное внимание уделяется проблемам идентификации моделей, отбору эндогенных и экзогенных показателей, но почти не обращается внимания на формальный анализ структуры исходных статистических рядов. Зависимость между наблюдениями чаще всего рассматривается как помеха в эффективном применении этих методов. Однако разнообразные данные в экономике, социологии, финансах, коммерции и других сферах человеческой деятельности поступают в форме *временных рядов*, в которых наблюдения взаимно зависимы, и характер этой зависимости как раз и представляет главный интерес для исследователя. *Временным рядом* называется совокупность наблюдений экономического показателя в различные моменты времени. Обычно временной ряд рассматривают как выборку из последовательности случайных величин X_t, где t принимает целочисленные значения от 1 до T. Совокупность случайных величин $\{X_t, t \in [1,T]\}$ называют *дискретным случайным процессом* или *стохастическим процессом*. Принципиальные отличия временного ряда от последовательности наблюдений, образующих случайную выборку, заключаются в следующем:

- в отличие от элементов случайной выборки члены временного ряда не являются независимыми;
- члены временного ряда не обязательно являются одинаково распределенными.

Это означает, что свойства и правила статистического анализа случайной выборки нельзя распространять на временные ряды. С другой стороны, взаимозависимость членов временного ряда создает свою специфическую базу для построения прогнозных значений анализируемого показателя по наблюденным значениям.

В 1938 году Вольд доказал следующий фундаментальный результат [1]. Чисто недетерминированный стационарный в широком смысле [2] случайный процесс X_t может быть представлен в следующем виде: $X_t - \overline{X}_t = \sum_{\tau=0}^{\infty} \psi_\tau \varepsilon_{t-\tau}$, где $\overline{X}_t$-математическое ожидание этого процесса, а ε_t- белый шум с конечными математическим ожиданием и дисперсией. То есть всякий стационарный в широком смысле случайный процесс представляется в виде линейной комбинации белых шумов. При этом должно выполняться условие $\sum_{t=0}^{\infty} |\psi_t| < \infty$. Поскольку реализации белого шума не наблюдаемы, весовые коэффициенты определены с точностью до множителя. Без потери общности можно считать, что $\psi_0 = 1$. Чем больше весовой коэффициент ψ_t, тем больше влияние случайного возмущений в момент $t-\tau$ на текущий момент t. Оказалось, что во многих случаях достаточно рассматривать не общее представление Вольда, а его частные случаи, когда число слагаемых конечно. Такими частными случаями являются популярные в эконометрике авторегрессионные модели *AR(p), MA(q), ARMA(p,q)*.

Экономические показатели, в частности показатели фондовых рынков, не всегда ведут себя стационарным образом. Из макроэкономики известно их *сезонное* и *циклическое* поведение, кроме того, они могут иметь *тренд*. Часто эти виды компонент присутствуют в ряде одновременно.

Аналитически временной ряд можно выразить уравнением вида:

$$X(t) = f(t) + S(t) + \varepsilon(t), \qquad (1)$$

где $f(t)$ - тренд (долговременная тенденция) развития;

$S(t)$ - сезонная (периодическая) компонента;

$\varepsilon(t)$ - случайная величина (случайный компонент).

Функция $f(t)$ определяет общую тенденцию развития изучаемого явления. Тренд может быть выражен как детерминированной, так и случайной функциями, либо их комбинацией. Компоненты временного ряда $f(t)$, $S(t)$ и $\varepsilon(t)$ ненаблюдаемы. Они являются теоретическими величинами. В рядах с детерминированным трендом влияние предыдущих шоковых воздействий (резких изменений) затухает с течением времени, а в рядах со стохастическим трендом такое затухание отсутствует, и каждый отдельный шок влияет с одинаковой силой на все последующие значения ряда. Детерминированные компоненты $f(t)$ и $S(t)$ обнаруживается с помощью спектральнго анализа и их необходимо исключить. Детерминированная составляющая имеет неограниченную спектральную плотность на низких частотах, а при наличии периодических составляющих спектральная плотность имеет максимумы (пики). Бокс и Дженкинс [3] предложили компоненту $f(t)$ исключать дифференцированием, то есть вычислением последовательных разностей. Если ряд после вычисления d последовательных разностей приводится к стационарному, то такой ряд называют *ARIMA(p,d,q)* (авторегрессионные проинтегрированные скользящего среднего – *Autoregressive Integrated Moving Average*) порядка (*p,d,q*), которые моделируют различные ситуации, встречающиеся при анализе стационарных и нестационарных рядов.. При этом p параметр *AR* - части, d – степень интеграции, q – параметр *MA* - части. Периодическую составляющую удаляют вычитанием ее из ряда. Стохастический тренд обнаруживается с помощью автокорреляционного анализа. Автокорреляционная функция в этом случае медленно убывает. Такие ряды называют «временные ряды с долговременной корреляционной зависимостью (*time series with long memory*)». В работах зарубежных ученых, в первую очередь, *C.W.Granger, J.R.Hosking, P.M.Robinson, R. Beran* [4], был предложен новый класс моделей *ARFIMA(p,d,q)*, допускающий возможность нецелого параметра d и получивший название авторегрессионный дробно - интегрированный процесс скользящего среднего. Характеристики таких временных рядов обладают важными свойствами, например, X_t является стационарным и обратимым при $d \in (-1/2, 1/2)$. При этом X_t можно представить в виде [5]:

$$\Phi(B)(1-B)^d X_t = \Theta(B)\varepsilon_t \qquad (2)$$

де $B = X_{t-1}/X_t$ - оператор сдвига назад, $\Phi(B) = 1 - \sum_{j=1}^{p}\phi_j B^j$; $\Theta(B) = 1 + \sum_{j=1}^{q}\theta_j B^j$ - полиноми, предполагается, что все корни уравнений $\Phi(z) = 0$, $\Theta(z) = 0$ по модулю больше единицы,

$$(1-B)^d = 1 - dB + \frac{d(d-1)}{2}B^2 - ... = \sum_{j=0}^{\infty}\psi_j B^j,$$

$$\psi_j = \prod_{0<k<j}\frac{k-1-d}{k} = \frac{\Gamma(j-d)}{\Gamma(j+1)\Gamma(-d)}, \; j = 0,1,2,...$$

ε_t - гауссовский белый шум $WN(0,\sigma^2)$,

$\Gamma(x)$ – гамма-функция, которая определяется формулой

$$\Gamma(x) = \begin{cases} \int_0^{\infty} t^{x-1}e^{-t}dt, & x > 0, \\ x^{-1}\Gamma(1+x), & x < 0, x \neq -1,-2,... \end{cases} \qquad (3)$$

В частном случае, при $p,q = 0$ и $d \in (-1/2, 1/2)$, процес имеет вид:

$$X_t = (1-B)^{-d}\varepsilon_t = \sum_{j=0}^{\infty}\psi_j\varepsilon_{t-j}, \qquad (4)$$

де $\psi_j = \dfrac{\Gamma(j+d)}{\Gamma(j+1)\Gamma(d)}$.

Оценку параметра d можно получить из равенства $d = H - 0.5$, где H - показатель Херста [6]. Если $H > 0.5$, то он также указывает на наличие стохастического тренда, который не может быть удален дифференцированием. Для вычисления показателя H известный британский гидролог Х.Е. Херст предложил метод нормированного розмаха (R / S - анализ). Кроме того, на основе R / S анализа вычисляется R / S статистика для проверки статистической гипотезы о наличии долгосрочной зависимости. Процедура проверки гипотезы подробно описана в [7]. R / S - анализ является простым процессом, но он требует обработки большого количества данных. Благодаря развитию компьютерных технологий созданы программы, с помощью которых вычисляют коэффициент Херста. Одна из них Fractan 4.4**.** Эта программа распространяется бесплатно и помещена на многих Internet-сайтах, например, http://soft.softodrom.ru/ap/Fractan-p44195.

3. *Анализ и моделирование индекса ПФТС.* Исследование значений индекса ПФТС по годам с 2000 по 2010гг.(данные сайта www.pfts.ua) показали, что в этих рядах присутствует стохастическая составляющая. Об этом свидетельствуют оценки спектральной плотности и корреляционной функции: периодограмма и коррелограмма (Рис.1 и Рис.2).

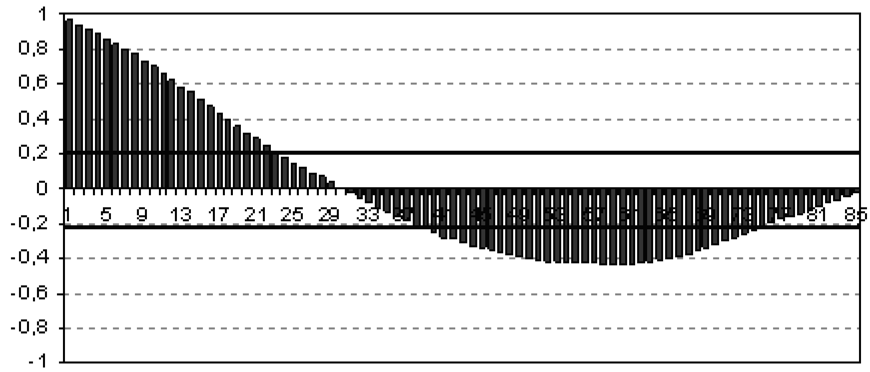

Рис.1. Коррелограмма значений индекса ПФТС за 2010г.

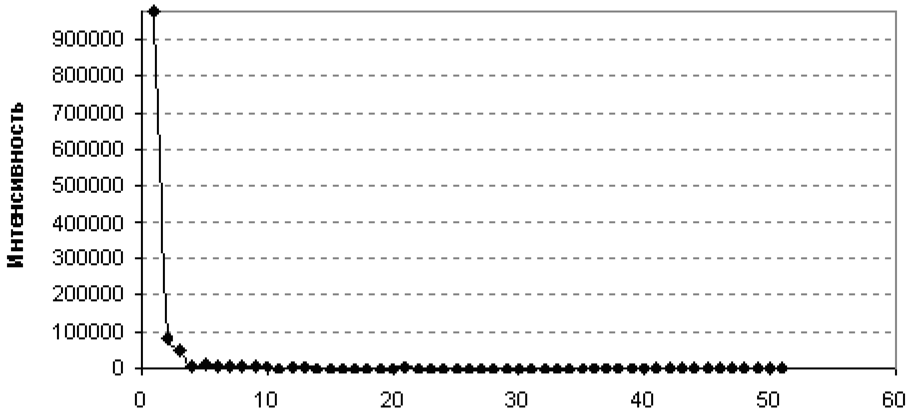

Рис.2. Периодограмма значений индекса ПФТС за 2010г.

На Рис.1 и Рис.2 изображены их графики по данным за июнь-декабрь 2010г. Коррелограмма медленно убывает на лагах 1-20, периодограмма неограниченно возрастает на низких частотах. Анализ проведен с помощью пакета AtteStat. Аналогичный результат получен по данным за все годы рассматриваемого периода. Таким образом, для моделирования и прогнозирования целесообразно использовать дробно-интегрированную модель.

Моделирование в пакете Fractan требуется более трех тысяч эмпирических данных. В настоящее время, благодаря простоте практического применения, особую популярность для анализа и прогнозирования временных рядов приобретают приложения – нейроимитаторы, использующие для анализа и прогноза нейронные сети различных архитектур. Например, свободно распространяемые - NeuroPro и NeuroShell (http://www.orc.ru). NeuroPro 0.25. Пакеты содержат программу, надстройку Excel, которая дает возможность применять нейронные сети из рабочих листов Excel. Однако, применение нейроиммитаторов для решения практических задач является «скорее искусством, чем наукой» [8], так как выбор многочисленных параметров, которые требуются для моделирования, осуществляется только на основе личного практического опыта разработчика. Тем не менее, на практике для моделирования предпочитают использование именно нейроиммитаторов.

На Рис.3 показаны результаты моделирования и прогнозирования на 20 дней с помощью нейроиммитатора NeuroPro 0.25. Черным цветом обозначены фактические данные, серым – прогнозные.

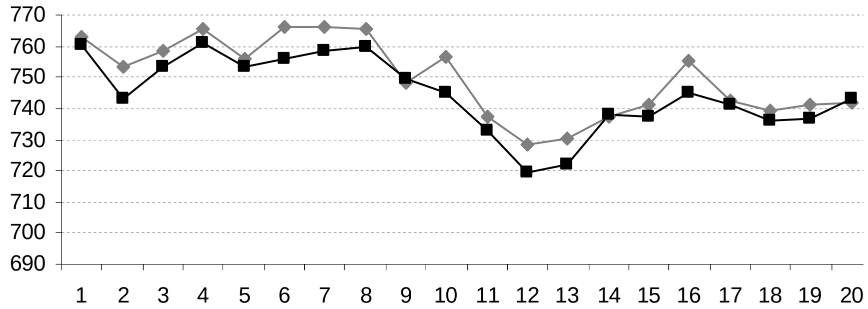

Рис.3. Результат нейромоделирования

Из рисунка видно, что модель полностью отражает тенденцию данных, при этом среднеквадратическая ошибка $\sigma = 6{,}39$. Таким образом, можно считать модель адекватной, а прогноз вполне удовлетворительным.

Выводы. Для построения адекватной модели, которую можно использовать для описания динамики ряда и прогнозирования его будущих значений, необходимо выяснить природу этого ряда. Наличие стохастического тренда свидетельствует о нестабильности индекса ПФТС и инерционности фондового рынка, что дает возможность под другим углом взглянуть на работу финансовых рынков и методологию оценки рисков.

Литература

1. Wold H. A Study in the Analysis of Stationary Time Series. /H. Wold// Сб.научн.трудов. Stockholm: Almqvist and Wiksel, 1938.
2. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов/ Г.Г. Канторович// Экономический журнал ВШЭ -№2. – 2002.- С. 252-273.
3. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Прогноз и управление/ Дж.Бокс, Дженкинс Г. - Вып. 1, 2 - М.:Мир, 1974.-197с.
4. Granger C.W.J. Some Properties of Time Series Data and Their Use in Econometric Model Specification /C.W.J. Granger C.W.J.// Journal of Econometrics, 1981.-Vol.16.- №1.- P. 121-130.
5. Леоненко М.М. Теоретико-ймовірнісні та статистичні методи в енонометриці та фінансовій математиці/М.М.Леоненко, Ю.С.Мішура, В.М. Пархоменко, М.Й. Ядренко - К.: Інформтехніка, 1995. – 380с.
6. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рисков./Петерс Э. Интернет-трейдинг М.:2004. -304 с.
7. Lo A.W. Long Term Memory in Stock Market Prices/ A.W.Lo //Econometrica.-1991.- №59.-P.1279-1313.
8. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр./ Хайкин С. Пер. с англ. – М.: ООО “И.Д. Вильямс“, 2006. - 1104 с./ Под ред. д.т.н. Н.Н. Куссуль.