

Значение показателя убыточности анализируемого портфеля при исключении из него наиболее убыточного вида страхования изменилось незначительно, что говорит о следующем. Во-первых, страхование жизни в портфеле добровольного страхования представлено в малой доли, и следовательно практически не оказывает влияния на весь портфель. Во-вторых, размеры страховых сумм и возмещений по страхованию жизни таковы, что исключение их из анализа не меняет результата, то есть страховые суммы и возмещения как бы «покрывают» друг друга.

Анализируемая страховая компания должна обратить внимание на возрастающий показатель убыточности страховых сумм и на значительное среднеквадратическое отклонение, величина которого непосредственно влияет на качество прогноза. Также следует отметить, что убыточность используется при построении тарифной политики страховой компании. Значит, с возрастанием убыточности страховая тарифная ставка будет возрастать, что негативно отразится на конкурентоспособности страховой компании.

## **РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ТОРГОВОГО ИНДИКАТОРА ДЛЯ РЫНКА ЦЕННЫХ БУМАГ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ**

**Ситникова А.Ю.**

В настоящее время в техническом анализе ценных бумаг, предполагающем прогнозирование цен в будущем на основании анализа ретроспективных данных о ценах и объёмах торговли, существует большое количество торговых индикаторов, которые используются трейдерами при принятии решений о покупке и продаже ценных бумаг.

Самым простым индикатором, на базе которого формируется большинство других индикаторов, является простое скользящее среднее (1), вычисляемое как среднее значение последних  $N$  элементов временного ряда, является примером фильтра нижних частот:

$$(1) y(n) = \sum_{k=n-N+1}^n x(k) / N,$$

где  $y(n)$  - выходная последовательность (значения скользящего среднего);

$x(n)$  - входная последовательность (значение котировок);

$n = 1, 2, 3, \dots$  - длина входной последовательности.

Под цифровым фильтром понимают преобразование входной последовательности с целью выделения и/или подавления определенных частот этого сигнала. Таким образом, только последние  $N$  элементов участвуют в расчёте значения скользящего среднего, т.е. пропускаются фильтром (имеют вес  $1/N$ ), а остальные элементы подавляются (имеют вес, равный 0). В результате чего выходная последовательность оказывается намного более гладкой, чем входная (рисунок 1). Поскольку быстрые изменения последовательности обусловлены высокочастотными компонентами, можно сказать, что данное устройство усреднения ведёт себя как фильтр нижних частот, сглаживая быстрые изменения входной последовательности [4].

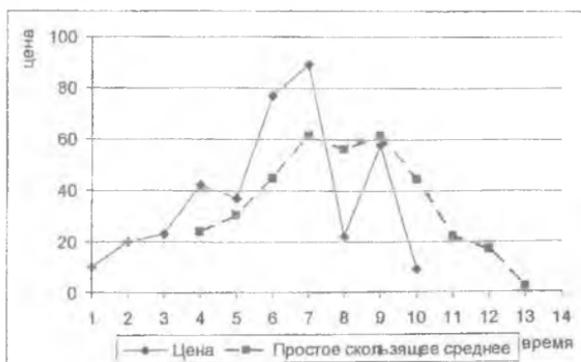


Рисунок 1 – Простое усреднение цены

Но подобные широкоиспользуемые торговые индикаторы обладают недостатком – генерируют сигналы на покупку-продажу с запаздыванием. Поэтому целью данного исследования является разработка экономико-математической модели торгового индикатора, основанного на цифровой фильтрации и спектральной оценке дискретных временных рядов, который бы был лишён указанного недостатка. Для его разработки необходимо провести исследование, состоящее из ряда этапов.

На первом этапе необходимо перевести входной сигнал (временной ряд значений котировок определённой ценной бумаги) из временной области в частотную. Для детерминированных сигналов подобный переход осуществляется при помощи преобразования Фурье [3]. Поскольку ряд дискретный, то можно использовать дискретное преобразование Фурье (ДПФ).

В большинстве существующих программных продуктов (Microsoft Excel, MathCad и др.) используется быстрое преобразование Фурье (БПФ) из-за значительно меньшего числа совершаемых операций ( $n/2 \log_2 n$  вместо  $n^2$ ) [1]. Но при БПФ длина входной последовательности может быть равной только  $2^a$  ( $a$  – натуральное число) – т.е. 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, и т.д. В том случае, если длина анализируемого временного ряда котировок ценной бумаги не равна  $2^a$ , необходимо либо уменьшить временной ряд, потеряв при этом некоторую информацию о составе сигнала, либо проэкстраполировать его до нужной длины, внося, таким образом, искусственные данные во входной сигнал, что также может негативно сказаться на результатах. Поэтому в данном случае практичнее использовать ДПФ (2):

$$(2) X(m) = \sum_{k=0}^{n-1} x(k) e^{-j2\pi km/n} = \sum_{k=0}^{n-1} x(k) [\cos(2\pi km/n) + j \sin(2\pi km/n)],$$

где  $X(m)$  –  $m$ -ный компонент ДПФ;

$m$  – индекс ДПФ в частотной области;

$j$  – мнимая единица, равная  $\sqrt{-1}$ .

На следующем этапе исследования необходимо оценить спектральный состав ценовых колебаний определённой ценной бумаги с целью определения характеристик цифрового фильтра для построения индикатора. Обычно случайные процессы представляются спектральной плотностью мощности (СПМ).

Существует большое количество методов расчёта СПМ, но в связи с тем, что в данном исследовании анализируются ограниченные временные ряды, а не непрерывная бесконечная функция, как предполагается в теории цифровой обработки сигналов, ряд методов даёт несостоятельные оценки спектра. Для решения поставленной задачи наилучшим образом подходит метод максимальной энтропии. Для вычисления СПМ (3) по этому методу предполагается использовать авторегрессионную модель порядка  $\rho$ , представляемую в виде [3]:

$$(3) S(e^{j2\pi/n}) = \left| \frac{b_0}{1 + \alpha_1 e^{-j2\pi/n} + \alpha_2 e^{-j4\pi/n} + \dots + \alpha_\rho e^{-j2\rho\pi/n}} \right|^2.$$

Идентификация параметров  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_\rho, b_0$  АР-модели выполнялась путем решения  $\rho+1$  уравнений Юла-Уокера (4), которые в матричном виде записывают как:

$$(4) \begin{bmatrix} r_x(0) & r_x(-1) & \dots & r_x(-\rho) \\ r_x(1) & r_x(0) & \dots & r_x(-\rho+1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_x(\rho) & r_x(\rho-1) & \dots & r_x(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \alpha_\rho \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} |b_0|^2 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}.$$

где  $r_x(i-j)$  ( $1 \leq i \leq \rho+1, 1 \leq j \leq \rho+1$ ) – автокорреляционные коэффициенты, рассчитываемые по формуле (5):

$$(5) r_x(i-j) = 1/n \sum_{k=0}^{n-1-|i-j|} x(k)x(k+|i-j|).$$

Полученные спектральные оценки (рисунок 2) позволяют оптимизировать характеристики цифровых фильтров низкой частоты, т.е. выбрать частоту среза  $f_c$  фильтра.

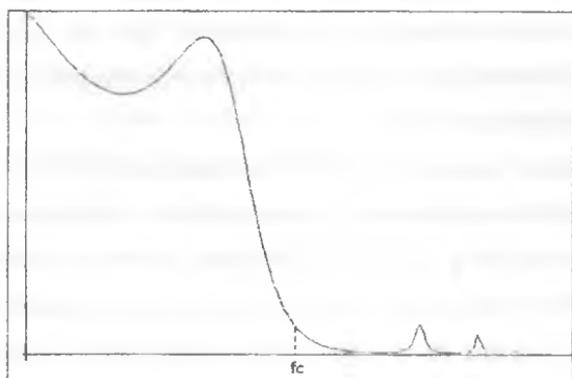


Рисунок 2 – Спектральная плотность мощности для котировок акций «ЛУКОЙЛ» за период 10.01.2008-01.10.2008

На следующем этапе методики проводится цифровая фильтрация, т.е. процедура свёртки импульсных переходных характеристик фильтра и входного дискретного временного ряда котировок исследуемой ценной бумаги, производимого при помощи обратного ДПФ.



Рисунок 3 – Индикатор с использованием фильтра нижних частот и простое скользящее среднее для котировок акций «ЛУКОЙЛ» за период 28.03.2008-30.06.2008

На рисунке 3 изображены торговый индикатор с использованием вышеописанной методики с частотой среза  $f_c=1/2$  и простое скользящее среднее с периодом  $N=7$  дней.

Торговый индикатор с использованием фильтра нижних частот в отличие от простого скользящего среднего не имеет фазового запаздывания относительно текущих цен, поскольку его значения являются математическим ожиданием цены закрытия текущего дня, в то время как значение скользящего среднего с периодом  $N$  является математическим ожиданием цены закрытия дня, который был  $N/2$  дней назад. К тому же цифровой фильтр нижних частот обеспечивает значительно лучшее, по сравнению с простым скользящим средним, подавление шумов, что позволяет сократить вероятность появления ложных сигналов на покупку и продажу.

#### *Список использованных источников*

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных процессов. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989 г. – 340 с.
2. Кравчук В.К. Новый адаптивный метод следования за тенденцией и рыночными циклами. Валютный спекулянт, №12, декабрь 2000.
3. Кравчук В.К. Спектральный анализ колебаний валютного курса EUR/USD по методу максимальной энтропии. Валютный спекулянт, №1, январь 2001.
4. Лайонс Ричард. Цифровая обработка сигналов: Второе издание. Пер. с англ. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007 г. – 656 с.: ил.