

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛОГОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОРОТКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПОРТФЕЛЕМ

В.Г. Саркисов

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: vigen.sarkisov@mail.ru

Формулируются требования к виду и качеству прогноза временного ряда цен финансовых инструментов, наиболее значимые при построении системы управления инвестиционным портфелем. Рассматривается вопрос прогнозирования в целях нахождения предпочтительных для инвестирования ситуаций.

Ключевые слова: *прогнозирование, временной ряд, инвестиционный портфель, аналог, вероятностная модель.*

Особенности задачи прогнозирования временных рядов при управлении инвестиционным портфелем. В большинстве случаев для прогнозирования изменений цен на фондовом рынке используются классические методы анализа временных рядов [1], предполагающие выделение составляющих трех видов:

1) тренд – систематическая составляющая, описывающая основную тенденцию изменения цены;

2) периодическая (сезонная) составляющая;

3) несистематические (случайные или нерегулярные) колебания.

Далее формируется прогноз для каждой из составляющих отдельно, а общий прогноз представляется в виде объединения прогнозов составляющих.

При прогнозировании цен финансовых инструментов в системе управления портфелем существуют следующие особенности.

1. Частая смена тенденций. Ретроспективный анализ показывает, что характеристики систематической и периодической составляющих меняются в большинстве случаев скачкообразно, причем информация об этих характеристиках зачастую устаревает до того, как их можно будет статистически корректно идентифицировать.

2. Цель прогнозирования существенно отличается от общепринятой. Обычно требуется построить прогноз в виде временного ряда, который минимально отличается (например по среднеквадратичному критерию) от реального поведения системы в прогнозируемом периоде. При синтезе системы управления портфелем важно получить возможность эффективно управлять портфелем, принимая эффективные решения, а не предсказать точную цену в будущем. Например, особый интерес представляет выявление моментов, когда вероятности возрастания и убывания цены сильно различаются, то есть распределение прогнозируемого приращения существенно асимметрично относительно нуля.

С учетом данных особенностей представляется эффективным использование метода аналогов, предложенного в общем виде в [2]. Применение данного метода

Виген Геннадьевич Саркисов (к.т.н.), доцент каф. высшей математики и прикладной информатики.

для прогнозирования временных рядов рассмотрено в [3]. Случай прогнозирования коротких временных рядов рассматривается в [4].

Целью настоящей статьи является адаптация и развитие метода аналогов с учетом специфики целей прогнозирования временных рядов цен финансовых инструментов в задачах управления портфелем.

Проблема экспертно-статистического подхода к поиску аналогов коротких временных рядов. Пусть известны значения временного ряда на периоде основания прогноза:

$$y(t), t = 1, \dots, T_0. \quad (1)$$

Классическая задача прогнозирования состоит в отыскании последовательности

$$y_p(t), t = T_0 + 1, \dots, T_1, \quad (2)$$

определенной на периоде упреждения прогноза $(T_0 + 1, \dots, T_1)$, которая рассматривается как прогноз поведения временного ряда.

В [4] предлагается находить $y_p(t)$ в виде линейной комбинации соответствующих значений рядов-аналогов $x_k(t)$:

$$y_p(t) = \frac{1}{L} \sum_{k \in K} \alpha_k l_k s_k x_k(t), \quad (3)$$

где K – множество номеров временных рядов-аналогов прогнозируемого ряда, l_k – коэффициенты похожести, $L = \sum_{k \in Z} l_k$, s_k – коэффициенты масштаба, α_k – коэффициенты, оптимизируемые с целью повышения качества прогноза.

В [4] предполагается, что эксперт обладает достаточной квалификацией и запасом времени для нахождения множества аналогов Z и оценки для каждого из аналогов коэффициентов похожести l_k и масштаба s_k . При этом процедура оценки коэффициентов не формализована, поэтому на финансовом рынке подобные предположения выполнимы лишь при долгосрочном инвестировании.

В случае среднесрочных инвестиций эксперту необходим вспомогательный математический аппарат, сужающий множество возможных аналогов. При краткосрочном инвестировании на эксперта ложится непомерная нагрузка (например, нахождение множества аналогов каждые 5 мин).

В условиях невозможности использования экспертных оценок формула (3) представляется излишне усложненной и может быть сведена к

$$\bar{y}_p(t) = \sum_{k \in K} \beta_k \bar{x}_k(t), \quad (4)$$

где коэффициент $\beta_k = \alpha_k l_k$ характеризует сходство аналога и прогнозируемого ряда, значения $\bar{x}_k(t) = s_k x_k(t)$ описывают ряд-аналог, нормированный в соответствии с коэффициентом масштаба, $\bar{y}_p(t)$ – нормированный временной ряд прогноза.

Структура и нормирование аналогов и прогнозируемого ряда. В [4] вопрос выбора коэффициентов масштаба (нормирования) отдается полностью на усмотрение эксперта. Однако по представленным выше соображениям экспертная оценка масштаба при краткосрочном инвестировании невозможна, следствием чего является необходимость выработки алгоритма нормирования временных рядов цен финансовых инструментов.

Выделим основные параметры, как интересующие инвестора, так и определяющие схожесть аналогов. Эти параметры на t -ом конечном промежутке времени (шаге дискретизации временного ряда цены) являются координатами вектора $x_k(t)$:

$$x_k(t) = (x_{1,k}(t), x_{2,k}(t), \dots, x_{N,k}(t)), \quad (5)$$

где N – число рассматриваемых параметров.

Основной интерес для инвестора представляет будущее изменение цены финансового инструмента. Динамика изменения цены на t -ом периоде может быть описана следующим набором параметров:

- ценой первой сделки (ценой открытия) $x_{1,k}(t)$;
- максимальной ценой $x_{2,k}(t)$;
- минимальной ценой $x_{3,k}(t)$;
- ценой последней сделки (ценой закрытия) $x_{4,k}(t)$.

При выявлении аналогов также могут оказаться полезными следующие данные:

- объем сделок (в рублях или иной валюте) $x_{5,k}(t)$;
- наличие или отсутствие на рассматриваемом промежутке момента времени, характерного для скачкообразных изменений цены (переход через ночь, выход отчетов крупных компаний или макроэкономической статистики в США и Европе и т. д.) $x_{6,k}(t)$.

Для фьючерсов и опционов уточнению прогноза могут также способствовать:

- открытый интерес (количество открытых позиций);
- время до экспирации.

Для выявления некоторых специфических ситуаций список параметров может быть расширен, но в данной работе было решено ограничиться пп. 1-6, которые наиболее существенны для инвестора и применимы к различным финансовым инструментам без существенных ограничений.

Проведем процедуру нормирования показателей $x_{1,k}, \dots, x_{5,k}$. Нормирование цен целесообразно проводить, находя их приращения относительно цены закрытия предыдущего периода:

$$\bar{x}_{i,k}(t) = (x_{i,k}(t) - x_{i,k}(t-1)) / x_{4,k}(t-1), \quad i = 1 \dots 4. \quad (6)$$

Аналогично нормирование объема торгов можно провести относительно объема предыдущего периода:

$$\bar{x}_{5,k}(t) = (x_{5,k}(t) - x_{5,k}(t-1)) / x_{5,k}(t-1). \quad (7)$$

Параметр $x_{6,k}$ может принимать два значения: 1 (если момент времени, характерный для скачкообразного изменения цены, присутствует на рассматриваемом периоде) или 0. Введение большего числа градаций $x_{6,k}$ требует вмешательства эксперта.

Нормирование прогнозируемого ряда $\bar{y}(t)$ и ряда прогноза $\bar{y}_p(t)$ полностью аналогично нормированию ряда аналогов $\bar{x}_k(t)$ по формулам вида (6).

Анализ предпочтительности ситуации. Как было отмечено выше, критерии качества прогноза при управлении инвестиционным портфелем могут отличаться от общепринятых. Наиболее важным является качественное прогнозирование в периоды времени, когда распределение вероятностей приращений цен существенно асим-

метрично относительно нуля или имеет другие значимые особенности. Таким образом, интерес представляют не столько точечные оценки, сколько прогноз плотности вероятности распределения величин открытия \bar{y}_1 , максимума \bar{y}_2 , минимума \bar{y}_3 и закрытия \bar{y}_4 .

При принятии инвестиционных решений система прогнозирования должна уметь оценивать предпочтительность («интересность») текущей ситуации, а еще лучше – классифицировать эту предпочтительность. Оптимизацию системы прогнозирования целесообразно проводить в направлении улучшения качества прогнозирования наиболее интересных ситуаций. При этом можно пожертвовать качеством прогноза неинтересных ситуаций.

Базовое понятие об «интересности» ситуации можно получить из работ Г. Марковица. В [5] им предложено в качестве меры доходности рассматривать математическое ожидание доходности, а в качестве меры риска – дисперсию доходности. Более предпочтительной является ситуация с большим математическим ожиданием и меньшей дисперсией доходности.

В [6] предлагается иной подход – интересность ситуации характеризуется квантилем распределения доходности. Такой подход соответствует формулировке: «с заданной вероятностью доходность окажется не ниже некоторого уровня».

Прогнозирование распределений не только цены закрытия, но и максимумов и минимумов создает дополнительные возможности для описания и выявления «интересности» ситуаций.

Важно, что предпочтительность той или иной ситуации зависит от предполагаемой стратегии (алгоритма) управления портфелем – для разных стратегий могут быть предпочтительны совершенно разные ситуации.

Пусть стратегия определена с точностью до вектора параметров $z = (z_1, \dots, z_M)$. Обычно в качестве параметров выступают периоды скользящих средних, уровни ограничения убытков, фиксации прибыли и т. д.

В качестве критерия C предпочтительности ситуации может быть выбрано, например, математическое ожидание, квантили доходности при управлении портфелем по данной стратегии, другие показатели или их комбинации, характеризующие интересующий инвестора результат. При этом могут учитываться значения показателей в различные моменты времени t ($t \in [T_0 + 1, \dots, T_1]$).

Найдем значение z^* вектора параметров z , доставляющее максимальное значение критерию оптимальности в условиях сформированного прогноза \bar{y}_p :

$$z^* = \arg \max_z C(z, \bar{y}_p). \quad (8)$$

Чем больше значение $C(z^*, \bar{y}_p)$, тем более предпочтительной является данная ситуация для рассматриваемой стратегии.

Рассматриваемый обобщенный подход к сравнению ситуаций может быть применен в следующих случаях:

1) сравнение привлекательности нескольких различных финансовых инструментов в данный момент времени (то есть нескольких одновременно возникших ситуаций) при управлении по одной и той же стратегии;

2) сравнение привлекательности одного и того же инструмента при использовании различных стратегий, то есть выбор наиболее подходящей стратегии для данного инструмента;

3) выбор наиболее предпочтительного сочетания стратегии и инвестиционного инструмента.

Последний вариант является наиболее универсальным и позволяет использовать формируемую систему прогнозирования при построении системы управления портфелем. В простейшем случае инвестирование производится в сочетание инструмента и стратегии, показавшее максимальное значение $C(z^*, \bar{y}_p)$ среди всех доступных инструментов и стратегий.

Критерий качества прогноза. В общем виде ошибку прогноза можно описать следующим образом:

$$\Delta = \sum_{t=T_0+1}^{T_1} \varphi(t-T_0) \Delta_p(\bar{y}_p(t), \bar{y}(t)), \quad (9)$$

где φ – монотонно убывающая неотрицательная функция, характеризующая ослабление требований к точности более долгосрочного прогноза по сравнению с более краткосрочным; Δ_p – функция, характеризующая отклонение прогноза $\bar{y}_p(t)$ от реального значения $\bar{y}(t)$ при $t > T_0$.

При построении критерия качества прогноза необходимо учитывать не только ошибку прогноза, но и степень предпочтительности ситуации, рассчитанную на основе прогноза \bar{y}_p . Ошибки при высокой степени предпочтительности особенно значимы, так как велика вероятность использования именно этого прогноза для принятия инвестиционных решений.

Критерий качества прогноза, учитывающий предпочтительность ситуации, имеет вид

$$\Delta^* = \rho(C(z^*, \bar{y}_p)) \sum_{t=T_0+1}^{T_1} \varphi(t-T_0) \Delta_p(\bar{y}_p(t), \bar{y}(t)), \quad (10)$$

где ρ – монотонно возрастающая функция, описывающая связь уровня предпочтительности с вероятностью того, что инвестиционное решение будет принято именно на основе этого прогноза.

Чем меньше среднее значение Δ^* при ретроспективном тестировании системы прогнозирования, тем выше качество прогнозирования.

При использовании для прогнозирования формулы (4) система определения коэффициентов β_k должна строиться исходя из требований минимизации (10).

Заключение. Рассмотрены основные особенности прогнозирования временных рядов цен инвестиционных инструментов, благоприятствующие применению метода аналогов, – частые смены тенденций, специфические цели прогнозирования.

Выделены основные группы показателей, которые необходимо учитывать как при нахождении аналогов, так и при прогнозировании. Выбран метод нормирования показателей, облегчающий поиск аналогов.

Введен критерий предпочтительности ситуации для принятия инвестиционных решений как функция $C(z^*, \bar{y}_p)$, описывающая ожидаемую прибыль при применении рассматриваемой стратегии

Вычисление значений критерия для различных сочетаний стратегий и ситуаций позволяет выбрать оптимальный для инвестирования в данный момент времени инструмент и наиболее подходящую для него стратегию. Также появляется

возможность ранжирования сочетаний инструментов и стратегий на основе критерия предпочтительности для принятия инвестиционных решений.

Предложен критерий качества прогноза, предъявляющий наиболее высокие требования к точности прогноза в тех ситуациях, когда прогноз будет использован для принятия инвестиционного решения по рассматриваемой стратегии. Вводимый критерий нацелен на повышение качества принимаемых инвестиционных решений в отличие от классических критериев, нацеленных на повышение точности прогноза.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов. Вып. 1, 2. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. – 602 с.
2. Дорофеев А.А., Чернявский А.Л. Опыт использования экспертных комиссий в задачах организационного управления // Методы и алгоритмы анализа эмпирических данных. – М.: ИПУ, 1988. – С. 5-10.
3. Головченко В.Б. Прогнозирование временных рядов по разнородной информации. – Новосибирск: Наука, 1999. – 88 с.
4. Мандель А.С. Метод аналогов в прогнозировании коротких временных рядов: экспертно-статистический подход // Автоматика и телемеханика. – 2004. – № 4. – С. 143-152.
5. Markowitz H. Portfolio Selection // The Journal Of Finance. – 1952. – №1. – С. 77-91.
6. Панков А.Р., Платонов Е.Н., Семенухин К.В. Минимаксная оптимизация инвестиционного портфеля по квантильному критерию // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 7. – С. 117-133.

Статья поступила в редакцию 1 ноября 2011 г.

APPLICATION OF THE METHOD OF ANALOGUES FOR SHORT TIME SERIES FORECASTING IN THE INVESTMENT PORTFOLIO MANAGEMENT SYSTEM

V.G. Sarkisov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

Requirements for the type and quality of the forecast time series of securities prices are formulated, the most important in constructing a investment portfolio management system. The question of forecasting in order to find a preferred investment situations.

Keywords: forecasting, time series, investment portfolio, analogue, probabilistic model.

Vigen G. Sarkisov (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.