

Климин Павел Юрьевич

Аспирант, 4 курс Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**АДАПТИВНО ВЗВЕШЕННАЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННАЯ
ФУНКЦИЯ AWACF ДЛЯ ОЦЕНКИ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ
ВАЛЮТНОГО РЫНКА**

Аннотация: В статье рассматривается проблема применения классической автокорреляционной функции (ACF) к валютным временным рядам в условиях нестационарности. Отмечается, что при смене волатильности и рыночных режимов [4] оценка ACF в фиксированном скользящем окне становится чувствительной к выбору параметров и может давать нестабильные выводы о наличии краткосрочной зависимости. Предлагается модификация автокорреляционной оценки — адаптивно-взвешенная автокорреляционная функция (AWACF), в которой используются (1) экспоненциальное взвешивание наблюдений для усиления вклада свежей информации и (2) адаптация длины окна анализа по текущему уровню волатильности. Дополнительно вводится идея эффективного размера выборки, позволяющая корректнее интерпретировать надёжность полученной оценки при неравномерных весах. AWACF может применяться как инструмент мониторинга краткосрочной памяти и как компонент фильтрации торговых сигналов в алгоритмических стратегиях.

Ключевые слова: автокорреляция, валютный рынок, временные ряды, нестационарность, адаптивное окно, экспоненциальные веса, эффективный размер выборки.

Введение

Автокорреляционная функция является одним из базовых инструментов статистического анализа временных рядов [1]. В классической постановке она описывает степень линейной связи между наблюдениями ряда, разделёнными фиксированным лагом, и часто используется для выявления краткосрочной зависимости, оценки «памяти» процесса и построения простых предиктивных схем. Применение автокорреляции к финансовым данным представляет особый интерес, поскольку даже слабая устойчиво воспроизводимая зависимость на малых лагах может быть использована для фильтрации сигналов [2] или для оценки текущего состояния рынка. Вместе с тем валютные временные ряды характеризуются высокой изменчивостью: волатильность, ликвидность и поведение участников меняются во времени [3], а наблюдаемые ценовые движения формируются последовательностью разнородных режимов. В этих условиях классическая АСФ, рассчитанная в фиксированном скользящем окне и предполагающая равную значимость всех наблюдений внутри окна, часто теряет устойчивость и интерпретируемость.

Ключевая практическая трудность связана с тем, что выбор длины окна становится критическим. Если окно слишком мало, автокорреляция оказывается «шумной»: оценка имеет высокую дисперсию и легко принимает случайные колебания за статистически значимую зависимость. Если окно слишком велико, оценка становится инерционной и сглаженной, и начинает объединять в одном расчёте участки данных, относящиеся к различным рыночным режимам. Это приводит к смешению статистических свойств и снижает содержательность результата: автокорреляция перестаёт отражать локальную структуру движения и начинает описывать усреднённое состояние, которое может не соответствовать текущей динамике. Проблема усиливается при скачках волатильности, когда масштаб колебаний резко меняется и фиксированное окно начинает

включать в себя наблюдения, относящиеся к разным уровням «активности» рынка. Даже при использовании нормированной корреляционной формы, смена режимов и локальная нестационарность приводят к тому, что одинаковая настройка окна даёт различную устойчивость оценки в разные периоды.

Для повышения устойчивости предлагается использовать адаптивно-взвешенную автокорреляционную функцию AWACF (Adaptive Weighted Autocorrelation Function). Её идея состоит в том, чтобы приблизить оценку автокорреляции к условиям нестационарной среды: во-первых, учитывать, что свежие наблюдения содержат более актуальную информацию о текущем режиме, чем старые; во-вторых, согласовывать объём анализируемой истории с текущим уровнем волатильности. Таким образом, AWACF представляет собой локальную оценку автокорреляции, которая не только вычисляется на скользящем участке ряда, но и внутри этого участка придаёт наблюдениям неодинаковую значимость.

Первым компонентом AWACF является экспоненциальное взвешивание. В рамках данного подхода каждому наблюдению внутри окна сопоставляется вес, убывающий по мере удаления во времени от текущего момента [6].

Экспоненциальная форма весов удобна тем, что она задаёт плавное и монотонное уменьшение влияния «старых» данных и при этом не требует хранения сложной структуры параметров. Скорость убывания удобно задавать через параметр полураспада: интервал, за который вес наблюдения уменьшается в два раза. Такое параметрическое описание интуитивно интерпретируемо и позволяет согласовывать модель с масштабом интересующей краткосрочной зависимости. Экспоненциальное взвешивание применяется согласованно при вычислении среднего уровня ряда, меры разброса и меры совместного изменения (ковариации) между исходной последовательностью и её сдвинутой версией. При этом итоговая

оценка может быть нормирована аналогично коэффициенту корреляции Пирсона и интерпретироваться в диапазоне от -1 до 1 . Нормировка важна не столько для математической корректности, сколько для практической интерпретации: значения становятся сопоставимыми во времени и допускают использование единых порогов при сравнении разных участков ряда.

Вторым компонентом AWACF является адаптивная длина окна. В периоды высокой волатильности рынок меняется быстрее, структура движения менее стабильна, и использование длинного окна увеличивает риск смешения режимов, что ухудшает локальную диагностическую ценность автокорреляции. В периоды низкой волатильности изменения обычно более плавные, а использование более длинного окна позволяет уменьшить дисперсию оценки и повысить её устойчивость. Поэтому предлагается задавать длину окна не как фиксированную константу, а как величину, зависящую от текущей волатильности. На практике волатильность может оцениваться различными индикаторами, отражающими текущий «размах» колебаний: шириной полос Боллинджера, средним истинным диапазоном (ATR) или другими показателями [5]. В рамках AWACF удобно использовать нормированную меру волатильности, переводя её в шкалу от 0 до 1 и затем отображая в допустимый диапазон длин окна между минимальным и максимальным значениями. При росте волатильности длина окна уменьшается к нижней границе, при снижении — увеличивается к верхней. Такая схема не претендует на универсальную оптимальность, однако обеспечивает важное свойство: оценка автокорреляции автоматически «подстраивается» под темп изменений рынка без ручного переключения параметров.

Использование неравномерных весов приводит к дополнительному эффекту, важному для корректной интерпретации результатов. Формально

окно содержит заданное количество наблюдений, однако реальный вклад информации может быть существенно меньше, поскольку при экспоненциальном взвешивании существенную часть суммарной массы весов получают последние значения, а более ранние оказываются практически подавленными. Это означает, что надёжность оценки определяется не только номинальной длиной окна, но и тем, насколько «концентрированы» веса. Для описания этого явления вводится понятие эффективного размера выборки. Он отражает, какое число наблюдений в среднем реально участвует в оценке, если сопоставлять взвешенную схему с гипотетической выборкой равных весов. В прикладном анализе эффективный размер выборки полезен как индикатор доверия к полученному значению автокорреляции: при высокой концентрации весов оценка становится более локальной, но потенциально менее устойчивой из-за меньшего объёма информации. Следовательно, интерпретация AWACF должна учитывать компромисс между скоростью адаптации и статистической надёжностью.

С точки зрения применения AWACF можно рассматривать как инструмент мониторинга краткосрочной памяти рынка. Положительные значения на малых лагах интерпретируются как наличие локальной тенденции к продолжению движения (в линейном смысле), отрицательные интерпретируются как признаки возврата к среднему или чередования направлений, а значения, близкие к нулю как поведение, приближенное к шумовому. При этом адаптивность окна и экспоненциальное взвешивание позволяют сделать такую интерпретацию более привязанной к текущему режиму, чем в случае классической ACF. В задачах фильтрации сигналов AWACF может использоваться как дополнительное условие: например, разрешать действия только тогда, когда показатель превышает некоторый порог, соответствующий требуемой степени выраженности краткосрочной

зависимости. Нормированная шкала упрощает выбор порога, а учёт эффективного размера выборки позволяет избегать чрезмерной уверенности в оценке, полученной на слишком малом «информационном» объёме.

Таким образом, AWACF представляет собой концептуально простой, но методически оправданный способ модификации классической автокорреляции для нестационарных финансовых временных рядов. Её отличие заключается не в усложнении математической модели, а в более реалистичном учёте локальности информации и изменчивости рыночной среды. Подход допускает различные варианты конкретизации: выбор меры волатильности для адаптации окна, подбор параметра полураспада, использование одного или нескольких лагов, а также введение дополнительных критериев надёжности на основе эффективного размера выборки. В перспективе AWACF может рассматриваться как удобный компонент прикладного анализа, сочетающий интерпретируемость классической корреляции и адаптивность, необходимую для работы с режимно-переменными финансовыми данными.

Заключение

Классическая автокорреляционная функция в фиксированном окне нередко оказывается недостаточно устойчивой для анализа валютных временных рядов из-за нестационарности и смены волатильности. Предложенная адаптивно-взвешенная автокорреляционная функция AWACF повышает локальность оценки за счёт экспоненциального взвешивания и уменьшает чувствительность к выбору единственного параметра окна благодаря адаптации его длины по текущей волатильности. Введение идеи эффективного размера выборки позволяет корректнее интерпретировать надёжность взвешенной оценки. AWACF может использоваться как

инструмент оценки краткосрочной памяти рынка и как элемент фильтрации сигналов в прикладных финансовых задачах.

Список литературы

1. Box G. E. P., Jenkins G. M., Reinsel G. C., Ljung G. M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. New Jersey: Wiley, 2015. 712 p.
2. Lo A. W., MacKinlay A. C. A Non-Random Walk Down Wall Street. New Jersey: Princeton University Press, 1999. 424 p.
3. Tsay R. S. Analysis of Financial Time Series. New Jersey: Wiley, 2010. 720 p.
4. Engle R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. Evanston, IL: Econometric Society, 1982. pp. 987-1007.
5. Bollinger J. Bollinger on Bollinger Bands. New York: McGraw-Hill, 2001. 256 p.
6. J.P. Morgan. RiskMetrics Technical Document. New York: Morgan Guaranty Trust Company of New York, 1996. 284 p.