

$$h_t = \beta. + \beta_1 u_{t-1}^2 + \beta_2 u_{t-2}^2 + \dots + \beta_q u_{t-q}^2$$

$$= \beta. + \sum_{j=1}^q \beta_j u_{t-j}^2$$

(۲)

الگوی گارچ (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity -GARCH)

یکی از مشکلات الگوی آرچ مربوط به تعیین وقفه‌های جمله خطا است همچنین ممکن است فرض غیرمنطقی بودن نقض شود که در این صورت تخمین الگوی آرچ با مشکل مواجه می‌شود برای حل این مشکل از روش آرچ تعمیم‌یافته یا گارچ استفاده می‌شود. درحقیقت انگل پیشنهاد کرد که بهتر است به‌طور همزمان میانگین و واریانس سری‌های زمانی وقتی واریانس شرطی ثابت نیست، الگوسازی شوند. الگوی $GARCH(p,q)$ به‌صورت زیر است:

$$Y_t = a + \beta'x_t + u_t$$

$$u_t | \Omega_t \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \gamma. + \sum_{i=1}^p \delta_i h_{t-i} + \sum_{j=1}^q \gamma_j u_{t-j}^2 \quad (۳)$$

بنابراین ارزش پارامتر h_t وابسته به هردوی ارزش گذشته شوک‌ها (شوک h_t) و وقفه مجذور پسماندها است. ساده‌ترین نوع الگو $GARCH(p,q)$ ، الگو $GARCH(1,1)$ است که به‌صورت عبارت زیر است:

$$h_t = \gamma. + \delta_1 h_{t-1} + \gamma_1 u_{t-1}^2$$

در الگوهای ARCH/ GARCH شوک مثبت، اثر مشابهی روی نوسان سری همانند شوک منفی خواهد داشت (ورهرامی، ۱۳۹۴: ۳۲) و (Enders, 1995: 114).

الگوی گارچ آستانه‌ای (Threshold GARCH- (TGARCH)

الگوهای اتورگرسیو واریانس ناهمسانی شرطی

Autoregressive Conditional Heteroscedasticity

انواع الگوهای اتورگرسیو همچون الگوی آرچ، گارچ، گارچ آستانه‌ای، ای گارچ، پارچ و مدل گارچ غیرخطی وجود دارد که در این مدخل پرکاربردترین موارد مورد تحلیل قرار می‌گیرد.

انگل در مطالعات خود الگویی را پیشنهاد داد که حاکی از این بود که واریانس خطای پیش‌بینی وابسته به توزیع متغیر دوره پیشین است (Greene, ۲۰۱۲: ۹۳۰). وی الگوی آرچ را به‌عنوان الگوی جدیدی معرفی کرد. الگوهای گروه آرچ معمولاً در بازارهای مالی استفاده می‌شوند. به‌خصوص از این الگوها برای بررسی نوسانات متغیرهایی چون تورم، قیمت سهام، بررسی ساختار نرخ بهره و بررسی بازار نرخ ارز استفاده کرده‌اند. نکته قابل توجه این است که الگوهای گروه آرچ بیشترین کاربرد را در الگوسازی مدل‌های بازار مالی دارند. الگوی آرچ، روشی برای بررسی ساختار واریانس پسماند است که به‌صورت واریانس شرطی خودرگرسیون تعریف می‌شود. الگوی آرچ یکی از روش‌های مناسب برای الگوسازی تغییرپذیری است (سوری، ۱۳۹۴: ۸۰۰).

این الگو بیان می‌دارد که واریانس پسماندها در زمان t وابسته به مجذور جز اخلاص در دوره گذشته است. الگوی زیر را $ARCH(1)$ گویند، زیرا واریانس شرطی فقط به خطای دوره قبل بستگی دارد (ورهرامی، ۱۳۹۴: ۳۰) و (Enders, ۱۹۹۵: ۱۵).

$$\sigma_t^2 = \alpha. + \alpha_1 u_{t-1}^2 \quad (۱)$$

لذا، الگوی $ARCH(q)$ به‌صورت زیر بیان می‌شود:

در رابطه (۶)، $\delta, \beta, \alpha, \gamma$ پارامترهایی هستند که تخمین زده می‌شوند. الگوی ای‌گارچ امکان آزمون عدم تقارن را همانند الگویتی گارچ حاصل می‌آورد. در این الگو، جهت بررسی عدم تقارن باید به پارامتر β توجه کرد. لذا، اگر پارامترهای $\beta_1 = \beta_2 = \dots = 0$ باشد، آنگاه الگو متقارن است و هنگامی که $\beta_j < 0$ باشد آنگاه اخبار خوب یا شوک‌های مثبت نوسانات کمتری نسبت به شوک‌های منفی یا اخبار بد ایجاد می‌کنند. (ورهرامی، ۱۳۹۴: ۳۳).

الگوی ای‌گارچ دارای چند مزیت است؛ اولاً در این الگو متغیر وابسته به صورت لگاریتمی است و ضرایب متغیرهای سمت راست می‌توانند مثبت یا منفی باشند و بدین ترتیب نیازی به اعمال محدودیت غیرمنفی بر روی ضرایب نیست. ثانیاً، در این الگو اثر شوک‌های نامتقارن نیز در نظر گرفته می‌شود (سوری، ۱۳۹۴: ۸۱۶):

کتاب‌شناسی

سوری، علی (۱۳۹۴). *اقتصادسنجی*، جلد دوم، نشر فرهنگ‌شناسی.
ورهرامی، ویدا (۱۳۹۴). کاربرد نرم‌افزارهای *ایویوز*، *مایکروفیت* و *متلب* در *اقتصادسنجی*، نشر رازنهان.

Enders, W., (۱۹۹۵). *Applied Econometrics Time Series*, John-Wiley & Sons, ۱۳۹-۱۴۹.

Engle, R.F and Ng V.K, (۱۹۹۳). Measuring and Testing the IAMPACT OF News on Volatility, *Journal of Finance*, ۴۸, ۱۷۴۹-۷۸.

Greene, W.H, (۲۰۱۲). *Econometric Analysis*, ۶th edn, New York: Mc Graw Hill.

ویدا ورهرامی

عضو هیئت‌علمی دانشگاه شهید بهشتی

الگوی گارچ آستانه‌ای یا تی‌گارچ به‌دنبال تبیین اثرات وقایعی است که در گذشته اتفاق افتاده ولی اثر آن‌ها در زمان فعلی ظاهر می‌شود و ممکن است نامتقارن باشد، می‌پردازد. این وقایع را که در بازارهای مالی مرسوم است تحت‌عنوان اخبار خوب یا بد نام می‌برند. این الگو توسط Zakoian (۱۹۹۵) ارائه شده است. مهم‌ترین هدف این الگو بررسی عدم تقارن شوک‌های مثبت و منفی است. لذا، می‌توان متغیر دامی را جهت بررسی اثر شوک‌ها به واریانس رابطه اضافه کرد. لذا:

$$h_t = \gamma + \gamma u_{t-1} + \gamma u_{t-1}^2 d_{t-1} + \gamma h_{t-1} \quad (۴)$$

در رابطه (۴) d_t ارزش یک را در حالت $u_t < 0$ و ارزش صفر را در غیر این صورت خواهد داشت. بنابراین، اخبار خوب و اخبار بد آثار متفاوتی دارند، به‌طوری که اخبار خوب اثر γ دارند در حالی که خبر بد اثر متقارن دارد. لذا الگوهای تی‌گارچ با استفاده از وقعه‌ها می‌تواند به الگوی زیر گسترش یابد (ورهرامی، ۱۳۹۴: ۳۲) و (Enders, ۱۹۹۵: ۱۱۶):

$$h_t = \gamma + \sum_{i=1}^q (\gamma_i + V_i d_{t-i}) u_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \delta_j h_{t-j} \quad (۵)$$

الگوی ای‌گارچ (Exponential General Heteroscedastic- Conditional Autoregressive (EGARCH

الگوی دیگر در این گروه الگوی ای‌گارچ است. الگوی ای‌گارچ یا گارچ‌نمایی توسط Nelson (۱۹۹۱) مطرح شد که واریانس این الگو به‌صورت زیر است:

$$\log(h_t) = \gamma + \sum_{j=1}^q \alpha_j \left| \frac{u_{t-j}}{\sqrt{h_{t-j}}} \right| + \sum_{j=1}^q \beta_j \frac{u_{t-j}}{\sqrt{h_{t-j}}} + \sum_{i=1}^p \delta_i \log(h_{t-i}) \quad (۶)$$