پژوهش‌های مدیریت در ایران
دوره ۲۹، شماره ٤، زمستان ١٤٠٤، صص ۱۸۸-۱۵۹
نوع مقاله: مروری

فراتحلیل کارایی بازار اختیارات: رویکرد آزمون‌های مبتنی بر مدل

سعید فتحی[۱*]، ناهید فتاح المنان[۲]،

۱. استاد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.
۲. کارشناس ارشد، گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ١٤٠٤/٠١/١٤ تاریخ پذیرش: ١٤٠٤/٠٥/٠١

چکیده

دو رویکرد برای ارزیابی کارآیی بازار اختیارات وجود دارد. رویکرد مبتنی بر مدل و رویکرد مبتی بر آربیتراژ. مطالعات تجربی متعددی کارآیی مبتنی بر مدل (مقایسه قیمت‌های حاصل از مدل اختیار با قیمت بازار) را برای بازار اختیارات آزمون کرده‌اند و به نتایج متناقضی دست یافته‌اند. در عین حال تناقضات زیادی در نتایج این مطالعات مشاهده شده است؛ به نحوی که برخی مطالعات حاکی از کارایی و برخی دیگر، حاکی از ناکارایی این بازار است. هدف این مطالعه، فراتحلیل کارایی بازار اختیارات با رویکرد مبتنی بر مدل در راستای تحلیل تناقضات مطالعات تجربی گذشته و عواملی است که باعث ایجاد این تناقض شده است. لذا، ۳۰ مطالعه انتشار یافته در بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۲ در مجلات نمایه شده در پایگاه اسکوپوس برگزیده و ٦٤٠٩ نمونه برای آزمون فرضیه‌ها از آن استخراج شد. جامعه آماری این فراتحلیل شامل کلیه آزمون‌های گزارش شده در مطالعات گذشته (منتشر شده در نشریات نمایه شده در اسکوپوس) در حیطه ارزیابی کارآیی بازار اختیارات با رویکرد مبتنی بر مدل است. نتایج حاکی از ناکارایی بازار اختیارات در شکل مبتنی بر مدل است. بدین معنا که قیمت قراردادهای اختیار از ارزش ذاتی آن فاصله معناداری دارد؛ ضمن اینکه کلیه آزمون‌های استواری نظیر معیار کارآیی، مدل قیمت‌گذاری اختیار، اعتبار نشریه، زمان تحلیل و عمق ارزشمندی نیز این نتیجه را تایید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: قرارداد اختیار معامله، بازار اختیار معامله، کارایی بازار اختیار، کارایی مبتنی بر مدل، فراتحلیل

***نویسنده مسئول مقاله** Email: s.fathi@ase.ui.ac.ir

۱- مقدمه و بیان مسئله

جهان به دلیل فناوری‌های نوآورانه به سرعت در حال تغییر است [۱]. از طرفی ساختار اقتصادی کشور و عدم توسعه بازار سرمایه کارکرد این نظام را منوط به استفاده کارآ از منابع کرده است [۲]. قراردادهای اختیار از آن جهت حائز اهمیت است که می‌تواند به پوشش ریسک‌های تجاری شرکت‌ها [۳]، بهبود، رشد و گسترش بازارهای مالی از طریق پوشش ریسک‌های فعالان بازار و بهبود و گسترش معاملات و نقد شوندگی دارایی‌ها [٤] و در نهایت بهبود و توسعه فرایند سرمایه‌گذاری و تجارت در سطح داخلی [۳] و حتی بین‌المللی [٥] در راستای رشد و توسعه کل اقتصاد [٦] کمک کند. کارایی بازار اختیارات، به علت تأثیر قابل توجهی که بر کارکردهای فوق دارد، به صورت غیر قابل انکاری مورد توجه پژوهشگران و بازیگران بازار قرار گرفته است [۷]. کارایی بازار اختیار معامله را می‌توان به صورت متقابل (شامل بازار نقد و اختیار) و یا به صورت تک بازاری (صرفاً بازار اختیار معامله) مطالعه کرد [۸]. از طرفی، سنجش کارایی بازار اختیارات به دو روش مبتنی بر مدل ، به معنای شناسایی و ارزیابی اختلاف قیمت نظری حاصل از مدل و قیمت بازار [۹]، و فارغ از مدل، به معنای سنجش شکستن محدوده‌های آربیتراژی توسط قیمت [۱۱،۱۰]، صورت می‌پذیرد. شایان ذکر است هر روش، اهمیت، مزایا و معایب خود را دارد و لذا، بنابر موارد فوق، مطالعات تجربی متعددی با هر دو روش به انجام رسیده است اما لزوم شفافیت و منصفانه بودن قیمت برای بازیگران در هر بازار به ویژه بازارهای مالی [۱۲]، و لزوم دستیابی به رشد اقتصادی از طریق ارتقای کارآیی [۱۳] پژوهشگران این حوزه را بیش از پیش، به سمت مطالعه تجربی کارایی بازار اختیار معامله مبتنی بر مدل‌های قیمت‌گذاری [۱٤،۱٥] وق داده است.

بدیهی است گر چه موضوعات و فرضیات گسترده و متنوعی را می‌توان در چهارچوب پژوهش‌های تجربی، مورد مطالعه قرار داد و بدون شک اینگونه مطالعات، منشأ بسیاری از فرضیات و نظریات علمی است، به صورتی که کارایی را بنابر مدل‌های مختلف، نظیر بلک‌شولز [۱٦]، دوجمله‌ای [۱۷]، شبیه‌سازی مونت‌کارلو [۱۸]، انواع اختیار از نظر نوع قرارداد نظیر اختیار فروش [۱۹] و اختیار خرید [۲۰]، انواع دارایی پایه نظیرارز [۲۱] ، طلا [۲۲] و غیره، مقطع زمانی [۲۳] و مکانی [۲٤،۲٥] متفاوت و سایر ویژگی‌ها مورد بررسی قرار می‌دهد؛ اما محدودیت‌های حاکم بر مطالعات تجربی کیفیت بهره‌برداری از آن را کاهش می‌دهد. بنابراین،

واضح است هر کدام از مطالعات مذکور، تحت شرایط و چهارچوب متمایز از یکدیگر، انجام شده است. بنابراین به طور عیان نتایج متناقض و ناهمگون در این مطالعات بیانگر عدم انسجام علمی و تعمیم‌پذیری آن است. از طرفی، میزان و حجم داده در این مطالعات به سبب هزینه‌هایی (مالی، زمانی و غیره) که در پی دارد، نمی‌تواند از محدوده‌ای فراتر رود. فلذا منجر به عدم تسلط بر تمام ابعاد جامعه و مسئله می‌شود به گونه‌ای که از اعتبار و اهمیت آماری آن می‌کاهد [٢٦]. لذا با هدف برداشتن گامی در راستای تکمیل و ارتقای کیفیت این آزمون‌ها، نتایج و نیز تحلیل واگرایی آن‌ها در این پژوهش به فراتحلیل آزمون‌های مبتنی بر مدل کارایی بازار اختیارات، پرداخته شده؛ تا با بررسی همزمان مطالعات تجربی صورت پذیرفته در این حیطه، ضمن توضیح تناقض‌ها و تبیین متغیرهای ساختاری تعدیل‌کننده در نتایج مطالعات پیشین [۲۷]، به اهدافی نائل شود نظیر: ۱) تشخیص کارآیی مبتنی بر مدل بازارهای مالی به طور کلی، ۲) مقایسه کارایی در کشورها به لحاظ شاخص توسعه‌یافتگی، ۳) مقایسه کارایی حاصل از مدل‌های مختلف، ٤) مقایسه کارآیی محاسبه شده توسط معیارهای مختلف ارزیابی عملکرد مدل‌ها، ٥) شناسایی مناسب‌ترین مدل یا مدل‌ها (از نظر تطابق با بازار) و به طورکل بررسی تعارض نتایج به جهت رسیدن به نتیجه‌ای که این تضادها را توجیه کند. رویکرد فراتحلیل، علیرغم اهمیت آن، تاکنون در حوزه کارآیی مبتنی بر مدل، کار نشده است. سوال اصلی این پژوهش این است که آیا بازار اختیارات در پهنه زمان و مکان در مطالعات پیشین کارآست؟ و آیا نتایج حاصل از این موضوع در شرایط مختلف آزمون‌های آماری معتبر باقی می‌ماند؟

ادامه این مقاله شامل مبانی نظری و تجربی در راستای ایجاد زیربنای فکری موضوع، روش پژوهش در راستای تبیین رویکرد فراتحلیلی مورد استفاده، یافته‌های مرتبط با تحلیل داده‌ها و نتیجه‌گیری و پیشنهادات است که شامل تبیین محدودیتها و پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی می‌شود.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

توانایی مدل‌ها در کشف و تخمین قیمت بازار اختیارات از یک طرف و کارکرد بازار در دستیابی به قیمتی که به لحاظ نظری قیمت ذاتی قرارداد اختیار است، مستلزم تناسب قیمت حاصل از مدل با قیمت بازار اختیار است. از بعد کارکرد بازار، عملکرد مطلوب بازارهای مالی هم به لحاظ تخصیص بهینه سرمایه، کشف قیمت و شفاف‌سازی و هم به لحاظ مدیریت ریسک، از سویی

اهمیتی حیاتی برای توسعه اقتصادی اینگونه بازارها دارد و از دیگر سو، نشانه‌ای از دستیابی به رونق اقتصادی است. از طرفی سازمان‌ها در تلاشند تافناوری‌های مختلفی را برای ماندن در بازار رقابتی به کار بگیرند [۲۸]. در عین حال، ناکارایی بازار مالی (نظیر بازار اختیارات) نشانگر عملکرد ضعیف کارکردهای اینگونه بازارهاست [۲۹،۳۰] و اهمیت آن حتی برای قانون‌گذاران و نیز کل جامعه قابل کتمان نیست [۳۱]. به واقع، کارایی بازار اختیارات می‌تواند تاثیر قابل توجهی در کارکردهای این نوع از قرارداد و نیز کارایی کل بازار سرمایه داشته باشد و به همین سبب نیز مطالعه آن، مورد توجه دانشگاهیان و بازیگران بازار سرمایه قرار می‌گیرد [۷]. مفهوم کارآیی بازار در مورد بازار اختیار معامله نیز صدق می‌کند. در این نوع بازارها، در راستای بررسی کارایی بازار اختیار معامله، دو رویکرد مبتنی بر مدل و رویکرد مبتنی بر آربیتراژ، وجود دارد [۳۲]. فراتحلیل رویکرد مبتنی بر آربیتراژ قبلا بررسی شده است [۱۰،۳۲] و نوآوری این پژوهش فراتحلیل کارآیی در رویکرد مبتنی بر مدل است. در رویکرد مبتنی بر مدل کارآیی بازار اختیارات، قیمت اختیار معامله با استفاده از یک یا چند مدل قیمت‌گذاری اختیار معامله، محاسبه و سپس، قیمت حاصل با قیمت بازار مبتنی بر یک یا چند تابع زیان مقایسه می‌شود [۳٤،۳۵].

۲-۱- مدل‌های ارزش‌گذاری اختیارات

مدل‌های ارزش‌گذاری اختیار به طور کلی به دو دسته پارامتری[۱] و ناپارامتری[۲] تقسیم می‌شود . ابتدا بلک و شولز[۳] (۱۹۷۳) [۳٦] است که تحت اصل بدون آربیتراژ توسعه یافته است [۳٦،۳۸،۳۹]. در ادامه برخی از مدل‌های پارامتری معرفی می‌شود. فرمول کلی مدل دوجمله‌ای [٤۰] قیمت اختیار معامله خرید، در حالت n دوره به صورت معادله ۱ است.

$$C_{\tau-n} = C = \frac{1}{(1+r)^n} \times \sum_{j=1}^{n} \binom{n}{j} p^j (1-p)^{n-j} \times max\{۰, [(۱+u)^j(۱+d)^{n-j} \times S_{\tau-n} - K]\} \quad (۱)$$

که در آن r نرخ بدون ریسک، n زمان تا سررسید، j تعداد قیمت بالایی، $S_{\tau-n}$ قیمت فعلی دارایی پایه، K قیمت توافقی، ρ احتمال افزایش قیمت و $(۱-\rho)$ احتمال کاهش قیمت، u نرخ افزایش

---
۱ Parametric option pricing model (POPM)
۲ Nonparametric option pricing model (NPOPM)
۳ Black and Schoules

قیمت و d نرخ کاهش قیمت است. مطابق مدل درخت سه جمله‌ای یک مرحله‌ای، قیمت یک اختیار خرید اروپایی به شرح معادله ۲ است (زابرونسکی[۱] و همکاران، ۲۰۱۰) [٤۱]:

$$C_{n,j} = e^{-r\Delta t}[p_u C_{n+۱,j+۱} + p_m C_{n+۱,j} + p_d C_{n+۱,j-۱}] \qquad (۲)$$

که در آن n نشان‌دهنده موقعیت زمانی و j نشان‌دهنده موقعیت فضاست. مدل تفاضل محدود[۲] برای قیمت‌گذاری اختیارات اروپایی و آمریکایی با تقریب معادله دیفرانسیل کاربرد دارد و چگونگی تغییر قیمت یک اختیار معامله را در طول زمان توسط مجموعه‌ای از معادلات تفاضلی (زمان گسسته) توصیف می‌کند [٤۲،٤۳]. شکل کلی مدل بلک و شولز (۱۹۷۳) [۳٦] برای اختیار خرید اروپایی بدون سود تقسیمی به صورت معادله ۳ است [۳۳].

$$C = S.N(d_۱) - Ke^{-r\tau}N(d_۲) \qquad (۳)$$

$$d_۱ = \frac{Ln\left(\frac{S.}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^۲}{۲}\right)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} \qquad d_۲ = \frac{Ln\left(\frac{S.}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^۲}{۲}\right)\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} = d_۱ - \sigma\sqrt{\tau}$$

C قیمت اختیار خرید، $S.$ قیمت جاری دارایی پایه، τ مدت زمان باقیمانده تا سررسید، r نرخ بهره، σ نوسان‌پذیری قیمت دارایی پایه و $N(x)$ تابع توزیع احتمال تجمعی توزیع نرمال استاندارد را نشان می‌دهد. فرض این مدل این است که σ ثابت است [٤٤]. مرتون[۳] (۱۹۷۳) [٤٥] مدل مذکور را با فرض پرداخت پیوسته سود سهام اصلاح کرد (معادله ٤) [٤٦،۱٥].

$$CSt,\tau{=}Ste{-}q{\times}\tau Nd۱{-}Ke{-}r{\times}\tau Nd۲ \qquad (٤)$$

$$d۱{=}LnLnStK{+}r{-}q{\times}\tau\sigma\tau{+}\sigma\tau۲$$

$$d_۲ = \frac{LnLn\left(\frac{S_t}{K}\right) + (r-q)\times\tau}{\sigma\sqrt{\tau}} - \frac{\sigma\sqrt{\tau}}{۲} = d_۱ - \sigma\sqrt{\tau}$$

C قیمت اختیار خرید، S_t قیمت دارایی پایه در زمان t، r نرخ بهره بدون ریسک، σ انحراف

[۱] Zaboronski
[۲] Finite difference method (FDM)
[۳] Merton

معیار دارایی پایه، q نرخ سود سهام است. در تعارض با مدل بلک-شولز بر مبنای تغییر نوسان با توجه به ارزشمندی و زمان تا سررسید [٤٧]. دوماس[١] و همکاران (١٩٩٨) [٤٨]، مدل ادهوک بلک‌شولز[٢]، (معادله ٥) را پیشنهاد کردند.

$$\hat{\sigma}_{AHBS} = \alpha_{۰,t} + \alpha_{۱,t} m_{i,t} + \alpha_{۲,t}\, m_{i,t}^{۲} + \alpha_{۳,t}\tau_{i,t} + \alpha_{٤,t}\tau_{i,t}^{۲} + \alpha_{٥,t} m_{i,t}\tau_{i,t} \quad (٥)$$

در این معادله $\tau_{i,t}$ زمان تا سرسید و $m_{i,t}$ ارزشمندی در روز t برای اختیارات i است. توسعه دیگری از مدل بلک‌شولز، مدل کورادو و سو[٣] (١٩٩٦) [٤٩] است که می‌تواند چولگی و کشیدگی توزیع بازده دارایی پایه را نشان دهد (معادله ٦).

$$C^{CS} = C^{BS} + \mu_{۳} Q_{۳} + (\mu_{۴} - ۳) Q_{۴} \quad (٦)$$

$Q_{۳}$ و $Q_{٤}$ به ترتیب نشان‌دهنده اثر حاشیه‌ای چولگی[٤] و کشیدگی[٥] در قیمت اختیار معامله و $\mu_{۳}$ و $\mu_{٤}$ به ترتیب، ضرایب چولگی و کشیدگی تابع چگالی بازده دارایی پایه است. d نیز بازده سود نقدی پیوسته است.کار و وو[٦] (٢٠١٦) [٣٧] به جای مشخص کردن کامل پویایی واریانس آنی دارایی پایه، پویایی کوتاه مدت سطح نوسانات ضمنی را مدل و محدودیت‌های بدون آربیتراژ را به طور مستقیم بر روی شکل آن استخراج کردند (معادله ٧).

$$\frac{۱}{۴} e^{-۲\eta_t\tau} w_t^{۲}\tau^{۲}\sigma_t^{۴} + \left(۱ - ۲e^{-\eta_t\tau} m_t\tau - e^{-\eta_t\tau} w_t\rho_t\sqrt{v_t}\tau\right)\sigma_t^{۲} - \left(v_t + ۲e^{-\eta_t\tau} w_t\rho_t\sqrt{v_t}k + e^{-\eta_t\tau} w_t^{۲}k^{۲}\right) = ۰ \quad (٧)$$

که در آن m_t میانگین حرکت[٧] نوسان ضمنی و m_t، w_t و η_t فرایندهای تصادفی مستقل از K، τ و σ_t است. $e^{-\eta_t}$ یک پارامتر تعدیل‌کننده است که مشاهدات تجربی را در رابطه با نوسانات ضمنی، برای اختیارات دوره‌های طولانی که تمایل به حرکت کمتر دارند، تطبیق می‌دهد. w_t نوسانات ناپایدار ضمنی است. فرآیندهای وینر W_t و Z_t دارای همبستگی ρt است، جایی که ρt یک فرآیند تصادفی است. v_t نیز واریانس آنی بازده دارایی پایه و در نهایت، $k = K/S_t$ است. مدل هستون[٨] (١٩٩٣) [٣٨]، با فرض نوسان تصادفی[٩] [٥٠] مدلی تحت معیار

---

[١] Dumas
[٢] Ad-hoc Black-Scholes
[٣] Corrado and Su (CS)
[٤] Skewness
[٥] Kurtosis
[٦] Carr and Wu
[٧] Drift
[٨] Heston
[٩] Stochastic Volatility (SV)

ریسک خنثی توسعه داد (معادله ۸).

$$C(S_t, v_t, t, \tau) = S_t P_1 - K e^{-r(\tau - t)} P_2 \qquad (۸)$$

که در آن

$$P_j(x, v_t, \tau, K) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} Re\left(\frac{e^{-i\varphi Ln(K)} f_j(x, v_t, \tau, \varphi)}{i\varphi}\right) d\varphi, \qquad j = 1,2$$

$$f_j(x, v_t, \tau, \varphi) = e^{C(\tau - t, \varphi) + D(\tau - t, \varphi) v_t + i\varphi x}$$

$$x = Ln(S_t)$$

$$C(\tau - t, \varphi) = r\varphi i r + \frac{a}{\sigma^2}\left[\left(b_j - \rho\sigma\varphi i + d\right)\tau - 2Ln\left(\frac{1 - g e^{dr}}{1 - g}\right)\right]$$

$$D(\tau - t, \varphi) = \frac{b_j - \rho\sigma\varphi i + d}{\sigma^2}\left(\frac{1 - e^{dr}}{1 - g e^{dr}}\right)$$

$$g = \frac{b_j - \rho\sigma\varphi i + d}{b_j - \rho\sigma\varphi i - d}$$

$$d = \sqrt{(\rho\sigma\varphi i - b_j)^2 - \sigma^2(2\mu_j \varphi i - \varphi^2)} \qquad , \qquad j = 1,2$$

$$\mu_1 = \frac{1}{2} = -\mu_2 \quad , \quad a = \kappa\theta \quad , \quad b_1 = \kappa + \lambda - \rho\sigma \quad , \quad b_2 = \kappa + \lambda$$

λ قیمت بازار ریسک نوسان، θ واریانس بلند مدت، κ میانگین نرخ بازده، ρ پارامتر همبستگی و φ متغیر مجازی معادله است. مدل هستون گاهی با لبخند نوسانات ضمنی تحقق یافته، مطابقت ندارد [۵۱]. برای غلبه بر این کاستی، کریستوفرسن[1] و همکاران (۲۰۰۹) [۵۳]، مدل بای هستون[2] را که ساختاری دو عاملی برای نوسانات، مشخص می‌کند توسعه دادند. در نظر بگیرید که دارایی‌های تعریف نشده به صورت $V(S_t . v_{1t} . v_{2t} . t)$ نشان داده شود که تابعی از S_t به عنوان قیمت دارایی پایه در زمان t، تابعی از واریانس های لحظه‌ای تصادفی که با v_{1t} و v_{2t} نمایش داده می‌شوند و در نهایت تابعی از خود t است. در این حالت فرمول مدل بای هستون به شرح معادله ۹ است.

$$V(S_t, v_{1t}, v_{2t}, t) = S_t P_1(S_t, v_{1t}, v_{2t}, t) - K e^{-r(\tau - t)} P_2(S_t, v_{1t}, v_{2t}, t) \qquad (۹)$$

[1] Christoffersen

[2] Bi-Heston

$$P_j(S_t, v_{1t}, v_{2t}, t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} Re(\frac{e^{-i\varphi LnK} f_j(x, v_{1t}, v_{2t}, \varphi)}{i\varphi})d\varphi,$$

$$j = 1,2$$

و $x = LnS$ و f_j تابع مشخصه است [۵۱]. هستون و ناندی[1] (۲۰۰۰) [۵۲]، مدلی برای قیمت‌گذاری اختیار اروپایی ارائه دادند که قیمت دارایی پایه آن از گارچ (p,q) پیروی می‌کند (معادله ۱۰)

$$\begin{aligned} C &= e^{-r(\tau-t)}E_t^*[max(S(\tau) - K, 0)] \\ &= \frac{1}{2}S(t) + \frac{e^{-r(\tau-t)}}{\pi}\int_0^{\infty} Re[\frac{K^{-i\varphi}f^*(i\varphi+1)}{i\varphi}]d\varphi \\ &- Ke^{-r(\tau-t)}(\frac{1}{2} + \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty} Re[\frac{K^{-i\varphi}f^*(i\varphi)}{i\varphi}]d\varphi) \end{aligned} \quad (10)$$

که در آن $E_t^*[]$، نشان‌دهنده انتظارات تحت معیار ریسک خنثی و $f^*(\varphi)$، تابع مولد برای فرایند ریسک خنثی است. مونت‌کارلو نیز از نمونه‌گیری تصادفی برای مدلسازی احتمال نتایج مختلف استفاده میکند [۵٤]. در مدل بارون آدسی و ویلی[2] (۱۹۸۷) [۵۵]، با فرض نوسان ثابت ارزش‌های اختیار آمریکایی به صورت مجموع ارزش‌های اختیار اروپایی و هزینه اختیار اولیه بیان می‌شود و می‌تواند با محاسبه مقادیر بحرانی قیمت دارایی پایه در جایی که ارزش‌های اختیار فروش آمریکایی و اروپایی بی‌تفاوت هستند، به دست آید. و مقدار تقریبی قیمت اختیار فروش آمریکایی به شرح معادله ۱۱ است.

$$P_{American}(S,\tau) = \begin{cases} P_{European}(S,\tau) + A_1\left(\frac{S}{S^*}\right)^{q_1} & when\ S > S^* \\ K - S & when\ S \leq S^* \end{cases} \quad (11)$$

که در آن S^* قیمت بحرانی دارایی پایه است که تحت آن، اختیار باید اعمال شود و با حل معادله ۱۲ می‌توان آن را به صورت عددی محاسبه کرد.

$$K - S^* = P_{European}(S^*, t) - \frac{S^*}{q_1}[1 - e^{(b-r)(\tau-t)}N(-d_1(S^*))] \quad (12)$$

[1] Nandi

[2] Burone-Adesi & Whaley

که در آن b، هزینه نگهداری[۱] دارایی پایه است و

$$q_{۱} = \frac{۱}{۲}\left[-\left(\frac{۲b}{\sigma^{۲}} - ۱\right) - \sqrt{\left(\frac{۲b}{\sigma^{۲}} - ۱\right)^{۲} + \frac{۸r}{h\sigma^{۲}}}\right]$$

$$A_{۱} = -\left(\frac{S^{*}}{q_{۱}}\right)\left(۱ - e^{(b-r)(\tau-t)}N\left(-d_{۱}(S^{*})\right)\right) \quad , \quad A_{۱}.S^{*} > ۰ \quad , \quad q_{۱} < ۰$$

$$d_{۱}(S) = \frac{Ln\left(\frac{S}{K}\right) + (b + \sigma^{۲})(\tau - t)}{\sigma\sqrt{\tau - t}}$$

$$N\left(-d_{۱}(S^{*})\right) < e^{-b(\tau-t)}$$

پارامتر h نشان‌دهنده تأثیر نوسانات بر تصمیم دارنده قرارداد برای اعمال زودهنگام اختیار خرید آمریکایی است، و از آن برای تعدیل محاسبه قیمت بحرانی سهام استفاده می‌شود تا اعمال اولیه بهینه شود. در ادامه توسعه مدل بلک شولز، مرتون (۱۹۷٦) [٥٦]، مدلی را برای قیمت‌گذاری اختیار معامله در قالب عمومی‌تر با این فرض که بازده دارایی پایه (سهام)، توسط مخلوطی از فرآیندهای پیوسته و پرش تعیین می‌شود، ارائه داد. در این حالت، قیمت اختیار معامله با سررسید τ زمانی که قیمت فعلی دارایی پایه آن S است، به شرح معادله ۱۳ است:

$$F(S,\tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-\lambda'\tau}(\lambda'\tau)^{n}}{n!} f_{n}(S,\tau) \tag{۱۳}$$

که در آن $f_n(S,\tau)$، مقدار استاندارد بلک‌شولز با واریانس $\sigma_n^{۲}$ در هر واحد زمان و با r_n به عنوان نرخ بهره آنی است. در نهایت، $\lambda' \equiv \lambda(۱ + k)$ و λ میانگین تعداد ورودی‌ها در هر واحد زمان است. بعلاوه، $(Y - ۱)$ $k \equiv \varepsilon(Y - ۱)$ است که در این معادله، $(Y - ۱)$ درصد تغییر در قیمت دارایی پایه ناشی از متغیر تصادفی Y در صورت تحقق یک واقعه است. و ε عملگر انتظار بر روی متغیر تصادفی Y است.

---

۱ Cost of Carry

دسته دوم از مدل‌ها مدلهای ناپارامتری است. ویژگی کلیدی مدل‌های ناپارامتری این است که می‌توانند با پیچیدگی داده‌ها بدون تکیه بر مجموعه‌ای از پارامترهای از پیش تعریف‌شده سازگار شوند. در عوض، معمولاً از تکنیک های داده محور[۱] و انعطاف پذیر بیشتری برای تخمین الگوها و روابط زیربنایی[۲] استفاده می کنند [۳۴]. مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی نقش مهمی در قیمت‌گذاری اختیار معاملات ایفا می‌کند [۱۵]. اهمیت شبکه‌های عصبی در توانایی آنها برای یادگیری الگوهای پیچیده، مدل‌سازی روابط غیرخطی میان متغیرهای مختلف [۵۷]، دقت بهبود یافته با در نظر گرفتن طیف وسیع‌تری از عوامل و ترکیب داده‌های بیشتری از بازار [۴۴]، ترکیب پویایی بازار و سازگاری با شرایط متغیر بازار [۵۸]، مدیریت و قیمت‌گذاری انواع اختیار معامله از جمله ساختارهای مشتق پیچیده مانند اختیار معامله‌های عجیب و غریب [۵۹] و در نهایت مدیریت بهتر ریسک از طریق ارزیابی و مدیریت ریسک‌های مرتبط با قیمت‌گذاری اختیارات مانند تخمین ارزش در معرض خطر[۳] [۶۰] که برای مدیریت ریسک و بهینه‌سازی سبد سرمایه‌گذاری بسیار مهم هستند، خلاصه می‌شود. از جمله این مدل‌ها می‌توان به سیستم‌های تکامل فازی[۴] (EFS) [۶۱]، روش‌های یادگیری گروهی[۵] [۶۲]، ماشین بردار پشتیبان[۶] [۶۳]، الگوریتم ژنتیک[۷] [۶۴] و فرایند رگرسیون گاوسی [۳۴،۵۸] اشاره کرد.

۲-۲- کارآیی بازار اختیارات

آنچه در شرح مدل‌های پارامتری قیمت‌گذاری اختیارات مورد ملاحظه واقع شد، حاکی از آن بود که مدل‌های پارامتری بر پایه فروضی ارائه شده است که حداقل یکی از آن‌ها بر واقعیت بازار منطبق نیست. بنابراین احتمال عدم تطبیق قیمت حاصل از آن مدل‌های قیمت‌گذاری پارامتری با قیمت بازار، دور از انتظار نیست [۴۴،۶۵]. علیرغم انتظار هم مطالعات متعددی به ناکارایی مدل‌های هوش مصنوعی منتج شد [۶۶،۵۱،۶۷]. مهم‌تر از همه، فتحی و فاضلیان (۱۴۰۱) [۳۲] در مطالعه‌ای با عنوان فراتحلیل کارایی بازار قراردادهای اختیار و استراتژی‌های آربیتراژی، ادعا کردند که روابط قیمت‌گذاری بدون آربیتراژ در بازار اختیارات نقض می‌شود.

---

[۱] Data driven
[۲] Underlying patterns and relationships
[۳] Value at Risk (VaR)
[۴] Evolving Fuzzy Systems
[۵] Ensemble Learning Machine (ELM)
[۶] Support Vector Machine (SVM)
[۷] Genetic Algorithms (GA)

لازم به خاطر نشان است که مسئله نقض روابط قیمت‌گذاری بدون آربیتراژ بیانگر این نکته است که بازار اختیارات ناکاراست.

فرضیه پژوهش: بر مبنای فراتحلیل مطالعات گذشته، بازار اختیار معامله ناکاراست.

۲-۳- آزمون کارایی و معیار های ارزیابی عملکرد مدل

در ارزیابی کارآیی بازار اختیارات از طریق مقایسه قیمت‌های مبتنی بر مدل با قیمت بازار، معیارهای گوناگونی استفاده می‌شود یکی از متداول‌ترین و پرکاربردترین آنها جذر میانگین مربعات خطا[۱] است. ویلموت و ماتسورا[۲] (٢٠٠٥)[٦٨]، ادعا کرده‌اند که جذر میانگین مربعات خطا یک شاخص خوب برای ارزیابی عملکرد مدل نیست و ممکن است یک شاخص گمراه کننده از میانگین خطاها باشد. چای و دراکسلر[۳] (٢٠١٤) [٢٣] بدین نتیجه دست یافتند که جذر میانگین مربعات خطا تنها زمانی که توزیع خطاها نرمال باشد، مناسب است. در ادامه، هادسون[٤] (٢٠٢٢) [٦٩]، طی مطالعه‌ای دریافت که هیچ یک از معیارهای کارایی، ذاتاً بهتر نیست؛ بلکه جذر میانگین مربعات خطا برای حالتی که توزیع خطاها نرمال (گاوسی) است و میانگین قدرمطلق خطاها[٥] زمانی که توزیع خطاها، نمایی دوگانه[٦] است، بهینه است. لذا هنگامی که خطاها از این توزیع ها منحرف می شود، سایر معیارهای کارایی برتر است. فلذا شاید به دلیل اینکه پیامدهای انتخاب تابع ضرر (معیار کارایی) مناسب کمتر از مدل نظری قیمت‌گذاری است، این توصیه عقل سلیم اغلب نادیده گرفته می‌شود (کریستوفرسن و جاکوبز[۷]، ٢٠٠٤) [٧٠]. در مطالعات تجربی نیز از معیارهای کارایی متفاوتی برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها استفاده شده است [٣٥] که ذکر آن در اینجا باعث اطاله کلام می‌شود.

۲-۴- پیشینه تجربی

نصیری و عسکرزاده (١٤٠٢) [٧١]، کارایی دو روش بلک‌شولز و درخت دوجمله‌ای در بازار اختیار معامله‌های خرید بورس اوراق بهادار تهران را سنجیدند. و مدعی هستند که بر اساس متغیرهای ضریب تعیین و بتا، تفاوت معناداری بین میانگین امتیازها در دو مدل وجود نداشته و این دو مدل عملکرد یکسانی در بازار داشته‌اند. فتحی و فاضلیان (١٤٠١) [٣٢] در مطالعه‌ای

[۱] Root mean square error (RMSE)
[۲] Willmott & Matsuura
[۳] Chai & Draxler
[٤] Hodson
[٥] Mean Absolute Errors (MAE)
[٦] Laplace distribution
[۷] Jacobs

فراتحلیلی است ضمن اثبات واگرایی در نقض محدودیت آربیتراژ، نشان دادند که دلایل واگرایی شامل نوع قیمت، زمان معاملات، نوع معادلات آربیتراژی، روش سنجش کارآیی، وقفه زمانی و سیگنال آربیتراژ است. امیری (۱۳۹۹) [۷۲] نیز نوسان قیمت سکه در بازار را به روش گارچ برآورد و به عنوان یک متغیر در مدل‌های قیمت‌گذاری مذکور لحاظ کرد. مقایسه قیمت‌گذاری قراردادهای اختیار خرید، نشان داد که در تمامی قیمت‌های اعمال در نظر گرفته شده در این مطالعه، و در تمامی روزهای سرمایه‌گذاری، قیمت نظری اختیار معامله خرید بر اساس مدل بلک‌شولز بیشتر از قیمت نظری همان اختیار بر اساس مدل بونس است. دسترنج و همکاران (۱۳۹۹) [۷۳] نشان داند قیمت‌گذاری اختیار معاملات مدل توانی نمی‌تواند از مدل هستون تبعیت داشته باشد و باعث ایجاد شرایط آربیتراژ در بورس خواهد شد. نبوی چاشمی و بهرام‌زاده (۱۳۹۷) [۷٤] نشان دادند که فرایند لوی، نسبت به رویکرد بلک‌شولز، کارایی و توان بیشتری در قیمت‌گذاری اختیار معاملات دارد. امئورا[1] و همکاران (۲۰۲۳) [۷۵] ادعا کردند که شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند به طور موثر و دقیق، مدل بلک‌شولز توسعه‌یافته را از یک مجموعه داده شبیه‌سازی شده یاد بگیرد، و این مفهوم می‌تواند به طور مشابه در ارزیابی مشتقات مالی پیچیده بدون راه‌حل‌های تحلیلی به کار رود. ایلت-یوزر[2] (۲۰۲۲) [۷٦]، حکایت از عملکرد بهتر شبکه عصبی، در زمان‌های آرام نسبت به مدل بلک‌شولز دارد در حالی که مدل بلک‌شولز در طول دوره‌های آشفته برای اختیار معامله‌های خرید، از شبکه عصبی عملکرد بهتری را نشان داد. چاوهان و گور[3] (۲۰۲۱) [۱٦] نیز حاکی از آن بود که مدل بلک‌شولز تعمیم یافته با توزیع اصلاح شده دارای حداقل خطای ریشه میانگین مربعات خطا نسبت به دو مدل دیگر است. هوانگ[4] و همکاران (۲۰۲۰) [۷۷]، نشان دادند کارایی بازار اختیار معامله، نسبتاً بالا است و بسیاری از قیمت‌گذاری‌های اشتباه را می‌توان در عرض ۱ تا ۲ روز برطرف کرد. پاگنوتونی[5] (۲۰۱۹) [٤۳]، نشان داد که اختیار معامله‌ها با دارایی پایه بیت‌کوین، هنگام در نظر گرفتن روش‌های پارامتری به‌طور سیستماتیک بیش از حد قیمت‌گذاری می‌شود؛ در حالی که بهبود قابل‌توجهی در پیش‌بینی قیمت با استفاده از مدل شبکه عصبی پیشنهادی حاصل شد.

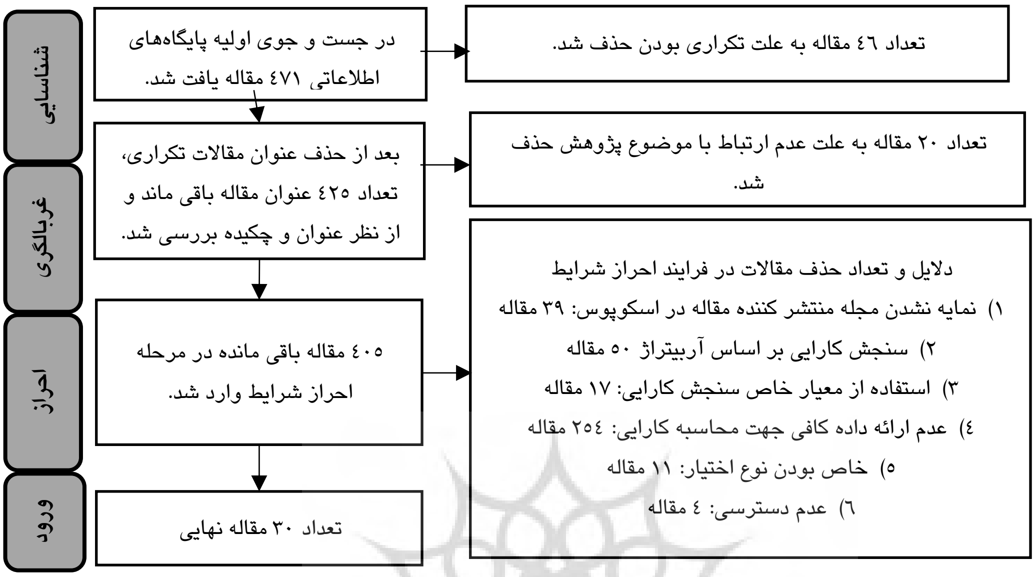
[1] Umeorah
[2] Ilt¨uzer
[3] Chauhan and Gor
[4] Hwang
[5] Pagnottoni

۳- روش‌شناسی پژوهش

جامعه آماری این فراتحلیل به دلیل ماهیت فراتحلیلی آن، شامل آزمون‌های تجربی گذشته در حیطه کارایی بازار اختیارات با رویکرد مبتنی بر مدل به معنای محاسبه قیمت قرارداد اختیار معامله با یک مدل قیمت‌گذاری و مقایسه آن با قیمت بازار است؛ با این ویژگی که این مطالعات، در نشریات نمایه شده در پایگاه اسکوپوس، منتشر شده و مجلات مذکور دارای رتبه Q حداکثر ۳ و شاخص H حداقل ۱ باشد و در دسترس پژوهشگر قرار گرفته باشد. درنهایت ۳۰ مقاله منتشر شده بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۲ مورد فراتحلیل قرار گرفت و ٦٤٠٩ آزمون کارایی از این مقالات استخراج شد. برای انجام محاسبات از نرم‌افزار اکسل نسخه ٢٠١٦ و برای آزمون فرضیه پژوهش و آزمون‌های استواری از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۷ استفاده شد. در مراحل پنجگانه این فراتحلیل **ابتدا** موضوع فراتحلیل کارایی بازار اختیار معامله به کمک روش‌های مبتنی بر مدل انتخاب شد. **دوم** جمع‌آوری مطالعات شامل سه گام اصلی **تعیین** کلید واژه‌ها، شناسایی و **تعیین** پایگاه‌های داده و جست‌وجوی مقالات است. به سه پایگاه داده گوگل اسکولار[۱]، ساینس دایرکت[۲] و ریسرچ گیت[۳] مراجعه شد و از کلید واژه‌های مرتبط برای جست و جو شده در این پایگاه‌ها استفاده شد. در نهایت لازم به ذکر است که با مراجعه به منابع مقالات شناسایی شده منابع جدیدی برای فراتحلیل شناسایی شد. **سوم** غربال مطالعات ابتدا بر اساس عنوان و چکیده صورت گرفت. سپس فرایند احراز شرایط آن به لحاظ رتبه‌بندی و شاخص H مجله ناشر، رویکرد سنجش کارایی، نوع معیار مورد استفاده، اطلاعات گزارش شده، ویژگی داده‌ها و غیره، صورت گرفت. جزئیات مراحل شناسایی، غربالگری، احراز شرایط و ورود در طی فرایند گزینش مطالعات به صورت ساده و مختصر در نمودار پریسما در شکل ۱ ارائه شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

۱. Google Scholar
۲. Science Direct
۳. Reseeach Gate



شکل ١: جریان اطلاعات شناسایی مطالعات ازطریق پایگاه‌های اطلاعاتی و دفاتر ثبت داده

از ٤٧١ مقاله بدست آمده، ٣٠ مقاله جهت فراتحلیل انتخاب و از این میان **تعداد** ٦٤٠٩ داده کارایی استخراج شد. در مرحله **چهارم** داده‌های مورد نیاز برای انجام فراتحلیل و محاسبه کارایی، از مطالعات منتخب، جمع‌آوری و استخراج شد. مرحله **پنجم** تحلیل داده‌هاست. اطلاعات کمی کارایی جمع‌آوری شده از هر مقاله شامل مقادیر معیارهای کارایی بود. تغییرات زیر را در معیارهای کارایی اعمال شد:. ١) معیارهای کارایی کمتر استفاده شده، حذف شد، ٢) عناوین معیارهای کارایی با فرمول‌های مشابه، یکسان شد، ٣) فرمول‌های معیارهای کارایی در صورت امکان به یکدیگر تبدیل شد و در نهایت معیارهای کارایی استفاده شده در این فراتحلیل به شرح جدول ١ نهایی شد. مشاهده می‌شود که هر یک از معیارهای کارایی دارای فرمول‌هایی با مقیاسهای متفاوت است. برای بی‌مقیاس سازی به پیروی از آذر و مومنی (١٤٠١) [٧٨] در هر مطالعه برای هر معیار کارآیی و هر مدل قیمت‌گذاری یک آماره t (معادله ١٤) محاسبه شد.

$$t = \frac{\bar{x}}{s/\sqrt{n}} \quad (١٤)$$

که در آن $\bar{x}$ ، s و n به ترتیب میانگین، انحراف معیار و تعداد نمونه برای هر ترکیب معیار-مدل در هر مقاله تجربی است. بدین ترتیب تعداد ۱۴۳ آماره آزمون t حاصل شد.

جدول ۱: معیارهای ارزیابی کارایی بازار به کار رفته در مطالعات تجربی

عنوان کامل معیار	فرمول معیار
جذر میانگین مربعات خطاها	$\sqrt{\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{t=1}^{N}(c_t^{Market}-c_t^{Model})^2}$
جذر میانگین مربعات خطای واریانس[1]	$\sqrt{\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{t=1}^{N}(\sigma_t^{Market}-\sigma_t^{Model})^2}$
میانگین خطاهای مطلق نسبی[2]	$\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\frac{\lvert c_t^{Market}-c_t^{Model}\rvert}{c_t^{Market}}$
میانگین مطلق خطاها	$\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{t=1}^{N}\lvert c_t^{Market}-c_t^{Model}\rvert$
میانگین درصد خطاها[3]	Mean Percentage Errors
ضریب نابرابری تیل[4]	$\frac{\sqrt{\sum_{t=1}^{N}\frac{(c_t^{Market}-c_t^{Model})^2}{N}}}{\sqrt{\sum_{t=1}^{N}\frac{(c_t^{Market})^2}{N}}+\sqrt{\sum_{t=1}^{N}\frac{(c_t^{Model})^2}{N}}}$
ضریب تعیین[5]	$\frac{(N\sum c_t^{Market}c_t^{Model}-(\sum c_t^{Market})(\sum c_t^{Model}))^2}{(N\sum {c_t^{Market}}^2-(\sum c_t^{Market})^2)(N\sum {c_t^{Model}}^2-(\sum c_t^{Model})^2)}$
میانگین خطاها[6]	$(\left(\frac{1}{N}\right)\sum_{t=1}^{N}(c_t^{Market}-c_t^{Model}))^2$

[1] Impolied Volatility Root Mean Square Error (IVRMSE)
[2] Mean Relative Absolute Error (MRAE)
[3] Mean Percentage Error (MPE)
[4] Theil's Inequality Coefficient (TIC)
[5] The coefficient of determination (R-Squared)
[6] The Mean Error

فرمول معیار	عنوان کامل معیار
$\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N}\left\lvert 1-\frac{C_t^{\arg_\theta min \sum_{t=1}^{N}\lvert c_t^{Market}-c_t^{Model}\rvert^2}}{c_t^{Market}}\right\rvert^2}$	جذر میانگین مربعات درصد خطاها[1]

در صورتی که مقادیر t از ١/٩٦ بالاتر باشد، نشان‌دهنده ناکارایی بازار است؛ چرا که بزرگ بودن مقادیر t به صورت معنادار و قابل توجه، حاکی از تفاوت معنادار قیمت حاصل از مدل و قیمت بازار اختیار در فرمول معیار کارایی، بدون توجه به نوع آن است. برای آزمون فرضیه پژوهش، ١٤٣ آماره t مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور بر روی آماره‌های t، آزمون میانگین یک جامعه برای ارزیابی معناداری تفاوت میانگین آماره‌های مذکور با ١/٩٦ با نرم‌افزار SPSS اجرا شد (معادله ١٥).

$$t' = \frac{\bar{t} - 1.96}{s_t/\sqrt{n}} \qquad (15)$$

که در آن t'، مقدار آماره آزمون برای کل آماره آزمون‌های t، $\bar{t}$، میانگین کل آماره‌های t، s_t، انحراف معیار کل آماره‌های t محاسبه شده و n تعداد آماره‌های t مذکور استفاده شده (١٤٣) برای آزمون فرضیه است. برای سنجش پایایی فرضیه‌های پژوهش، دسته‌بندی‌های گوناگونی انجام شد که در جداول ٥ و ٦ مشاهده می‌شود. برای جلوگیری از کاهش داده‌ها در ارزیابی استحکام از داده‌های اصلی استفاده شد.

۴- یافته‌های پژوهش

١٤٣ آماره t محاسبه شده برای معیارهای مختلف کارایی و مدل‌های مختلف قیمت‌گذاری به عنوان نمونه آزمون فرضیه پژوهش استفاده شد. لذا جدول ٢ پارامترهای توصیفی را نشان می‌دهد.

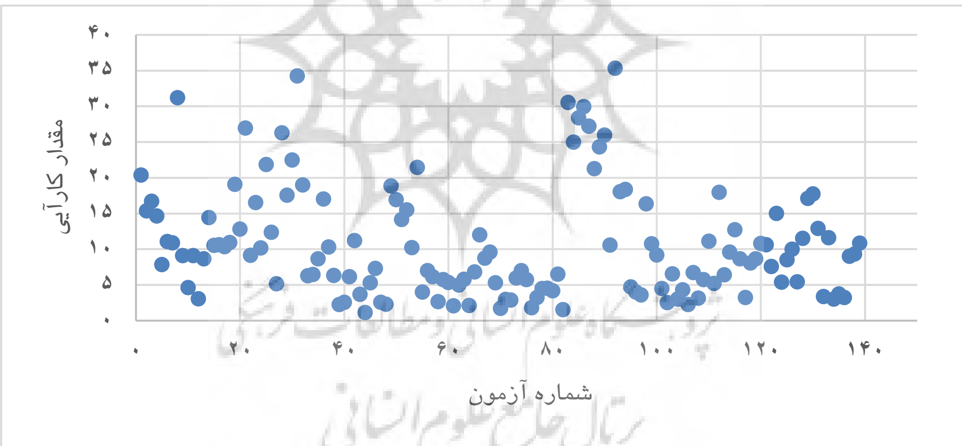
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

[1] Root Mean Square Percentage Error (RMSPE)

جدول ۲: تحلیل توصیفی مقادیر آماره t

تعداد	میانگین ناکارایی	انحراف معیار ناکارایی	چولگی	کشیدگی	کوچکترین	بزرگترین	تعداد بزرگ‌تر از ۱/۹۶
١٤٣	١٣/١١	١٦/١٤	٤/٠١	١٩/١٩	١/١٥	١٠٧/٠٨	١٣٩

طبق جدول، مقدار متوسط ١٤٣ آماره t حاصل شده، برابر ١٣/١١ است. با توجه به اینکه مقادیر t بزرگ‌تر از ١/٩٦، نشان‌دهنده ناکارایی بازار اختیارات است ، می‌توان ادعا کرد که در سطح توصیفی مقادیر آماره آزمون t به طور متوسط، بیانگر ناکارایی بازار اختیارات است. برای درک بهتر داده‌ها یکی از گزارش‌های دیگری که می‌تواند به این موضوع کمک کند، ترسیم نموداری آزمون‌های مختلف به لحاظ میزان کارایی است (شکل ۲). به دلیل حذف بخش بزرگی از واریانس، به دلیل بی‌مقیاس‌سازی در قالب آماره t و کاهش تعداد نمونه از ٦٤٠٩ به ١٤٣ در جدول ۳ تحلیلی توصیفی از معیارهای مختلف کارایی بدون بی‌مقیاس‌سازی با ٦٤٠٩ مشاهده گزارش شده است.



شکل ۲: توزیع پراکندگی مقادیر آماره t

جدول۳: تحلیل توصیفی معیارهای مختلف بدون بی‌مقیاس‌سازی

معیار کارایی	تعداد	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	کوچک‌ترین	بزرگ‌ترین
IVRMSE	٣٦٤	١/٦١	٢/٠٩	٢/٥٨	٨/٣٣	٠/٠٠١	١٤/٤٨
RMSE	٢٥٨٤	١٦/٠٤	٤٤/٣	١٠/٥	١٦٩/٠١	٠/٠٠٠١٦٣	١٠٥٥/٢
MRAE	١٢٢٦	٠/٧٢	٢/٦٨	١٢/٣١	٢١٣/٨١	٠/٠٠٠٢٨٣	٥٥/٤٤
MAE	١٢٧٦	١٨/٦٤	٤٠/٥٩	٦/٧٢	٦٤/٤٦	٠/٠٠٠١٠٤	٥٩٩
MPE	٦٧٢	٢٣/٣١	١٠٤/٢٥	٤/٣١	١٦/٨٢	٠/٠١	٦٢٥/٩١
ME	١٩٠	١٧١/٧١	٨٤٠/٢٤	٨/١٠	٧١/١٤	٠/٠٠٠١	٨٤٢٧/٢٤

طبق جدول ٣ میانگین مقادیر معیارهای ME، MPE، MAE و RMSE به ترتیب برابر ١٧١/٧١، ٢٣/٣١، ١٨/٦٤ و ١٦/٠٤ است که به طور متوسط بیشترین مقادیر به نسبت سایرین و نشانگر اعداد نسبتا بزرگی برای ناکارایی است. با این حال، میزان معناداری تفاوت میانگین کلیه این معیارهای کارایی با صفر باید مورد آزمون استنباطی واقع شود. برای آزمون فرضیه اول ١٤٣ آماره t با مقدار ١/٩٦ مقایسه و سپس درمورد معناداری این تفاوت تصمیم‌گیری شد (جدول ٤).

جدول ۴: آزمون فرضیه اول

کارایی کل	تعداد مشاهدات	میانگین	انحراف معیار	مقدار آماره آزمون t	درجه آزادی	سطح معناداری
	١٤٣	١٣/١١	١٦/١٤	٨/٢٦	١٤٢	<٠/٠٠١

مقدار آماره آزمون ٨/٢٦ تفاوت معنادار میانگین آماره t در سطح جامعه از ١/٩٦ را نشان می‌دهد. مثبت بودن مقدار آماره آزمون t نیز بزرگ‌تر بودن آن را از ١/٩٦ تایید می‌کند. به عبارتی فرضیه خنثی دال بر برابری معنادار میانگین مقادیر آماره t با مقدار ١/٩٦ رد می‌شود. جدول ٥ و ٦ نتایج خروجی آزمون استواری فرضیه بر مبنای مدل قیمت‌گذاری با مقادیر واقعی معیارهای کارآیی را نشان می‌دهد. به منظور لحاظ کردن کلیه مشاهدات و عدم کاهش آن معیارهای مختلف کارآیی در این جداول گزارش شد اما جون مبنای تصمیم‌گیری در مررد تحلیل‌ها سطح معناداری است تفاوت مقایس معیارهای کارآیی مشکلی ایجاد نمی‌کند. در مورد مدل‌های قیمت‌گذاری، شاخص H، سال تحلیل، عمق ارزشمندی و نوع اختیار امریکایی یا اروپایی، نوع اختیار خرید و فروش، سررسید، نوع آزمون و نوع صنعت در همه شرایط سطح

معناداری از ۰/۱ کوچکتر و نشانه استحکام نتیجه فرضیه اصلی دال بر ناکارآیی بازار اختیارات است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتیجه آزمون فرضیه اصلی حاکی از آن بود که مقدار معیارهای کارایی غیر صفر و مثبت است. می‌توان ادعا کرد که تفاوت معناداری بین قیمت واقعی بازار اختیارات و قیمت حاصل از مدل در مطالعات گذشته وجود دارد. این مسئله، با فرض این که مدل‌ها فارغ از قیودشان و نوعشان می‌تواند قیمت اختیارات را به درستی تخمین بزند، می‌توان ادعا کرد که بازار اختیار معامله ناکاراست. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های تجربی باتاچاریا[1] (۱۹۸۰) [۷۹]، و وانگ و همکاران (۲۰۲۲) [٦٥] هماهنگ است. در مورد مدل‌های ناپارامتری نیز همانطور که پیش از این ذکر شد، باید گفت که شواهد و پژوهش‌ها حاکی از آن است که این مدل‌ها هم علیرغم انتظار، در قیمت‌گذاری اختیارات شکست خورده است. این نتیجه با پژوهش ویسوکی و و هرتزوگ و اسامه[2] (۲۰۱۹) [٦٧] تطابق دارد.

مشاهده شد که نتیجه آزمون فرضیه اول پژوهش، در آزمون‌های متعدد استواری با استحکام هر چه بیشتر تایید شد. این نتیجه با نتیجه آزمون فرضیه اول مطالعه فتحی و فاضلیان (۱٤۰۱) [۳۲]، مبنی بر نقض روابط قیمت‌گذاری بدون آربیتراژ و بنابراین ناکارایی بازار، هماهنگ است. لذا آنقدر مقادیر معیارهای کارایی بزرگ هست که بتوان ادعا کرد که بازار اختیار معامله به طور متوسط با توجه به کلیه پژوهش‌های مورد مطالعه گذشته ناکاراست. بدین معنا که براینـد کلیه شرایط موجود از جمله داده‌های مورد استفاده از بازارهای اختیار گوناگون و به طور خاص از بازار اختیارات کشورهای توسعه‌یافته، ویژگی‌های متمایز اختیارات از جمله دارایی‌های پایه متفاوت شامل نوسانات مختلف، زمان و مکان و غیره، حاکی از آن است که با وجود گسترش این بازارها در طی زمان، افزایش مطالعات و آگاهی در این زمینه و به تبع آن افزایش محبوبیت این بازارها و حتی با وجود ورود هوش مصنوعی به این بازارها به منظور بهبود آن‌ها به ویژه به جهت قیمت‌گذاری صحیح و دقیق در این بازارها، باز هم تاثیری در کارایی این بازار نداشته است و این موضوعی است که جای بحث و مطالعه بیشتر را به لحاظ آماری و علمی، می‌طلبد.

---

[1] Bhatacharia

[2] Herzog, B., & Osamah

مرزهای پژوهش، جز جدایی ناپذیر هر پژوهش علمی است. لذا این پژوهش نیز از این مسئله مستثنی نیست. نتایج به دلیل ماهیت فراتحلیلی برایندی از نتایج ارائه شده در مطالعات تجربی است. بنابراین ممکن است بر اساس پژوهشی تجربی نتیجه‌ای نه لزوما متضاد بلکه حتی متفاوت، حاصل شود. مقالاتی مورد فراتحلیل قرار گرفته که مجله منتشر کننده این مقالات در پایگاه اسکوپوس نمایه شده، دارای شاخص H بالا و رتبه اعتباری حداقل $Q3$ باشد. سال انتشار ۳۰ مقاله مورد استفاده به منظور فراتحلیل از سال ۲۰۰۳ تا سال ۲۰۲۲ است.دوره داده‌های مورد استفاده در مقالات منتخب به جهت تحلیل، از سال ۱۹۸۳ تا سال ۲۰۲۱ است. رویکرد این پژوهش در کارآیی بازار اختیارات رویکرد مبتنی بر مدل است و نتایج آن برای رویکرد مبتنی بر آربیتراژ قابل استفاده نیست. اختیاراتی خاص یا اختیارات عجیب و غریب مثل اختیارات آسیایی، اختیارات آب و هوا و دیگر مواردی از این قبیل مشمول این مطالعه نیستند.

جدول ۵: آزمون استواری فرضیه بر اساس مدل‌های قیمت‌گذاری با ٦٤۰۹ مقادیر معیارهای کارایی

معیار کارایی	نوع مدل (معناداری)	بازه‌شاخص H (معناداری)	سال تحلیل (معناداری)	عمق ارزشمندی (معناداری)	نوع اختیار ۱ (معناداری)	نوع اختیار ۲ (معناداری)	سررسید (معناداری)	نوع آزمون (معناداری)	نوع صنعت (معناداری)
IVRMSE	هوش مصنوعی*	[۳٤,٤۲) (۰/۰۰۲)	*۲۰۱۰	*<۰/۹۷	اروپایی*	خرید*	[۰,۲۱) (۰/۰۰۲)	درون نمونه*	کل*
	بلک‌شولز *						[۲۱,۱۸۰)*		
	توسعه بلک‌شولز *			-۱/۰۳ *۰/۹۷			[۰,۱۸۰)*		
	هستون *	[۲۸۸, ۵۵) *	*۲۰۲۰			فروش*	[۲۱,۱۰۹۵] *	برون نمونه*	
	پرش*			*> ۱/۰۳			[۰,۱۰۹۵] (۰/۰۰۲)		
	دیگر مدل‌ها*								
RMSE	هوش مصنوعی *	[۱,۳٤] *	*۲۰۰۰	*<۰/۹۷	آمریکایی *	خرید*	[۰,۲۱)*	درون نمونه*	کل*
	بلک‌شولز*						[۲۱,۱۸۰)*	برون نمونه*	
	بلک‌شولز توسعه‌یافته *						[۱۸۰,۱۰۹۵] *		
	هستون*	[٤۲,۵۵) *	*۲۰۱۰	-۱/۰۳ *۰/۹۷	اروپایی*	فروش*	[۰,۱۸۰)*		خاص*
	پرش*						[۲۱,۱۰۹۵] *		
	دیگر مدل‌ها *		*۲۰۲۰	*> ۱/۰۳			[۰,۱۰۹۵]*		

معیار کارایی	نوع مدل (معناداری)	بازه‌شاخص H (معناداری)	سال تحلیل (معناداری)	عمق‌ارزشمندی (معناداری)	نوع اختیار ۱ (معناداری)	نوع اختیار ۲ (معناداری)	سررسید (معناداری)	نوع آزمون (معناداری)	نوع صنعت (معناداری)
	نوسان تصادفی *	[۲۸۸, ۵۵)*							
MRAE	هوش مصنوعی *	[۱,۳٤] *	۲۰۰۰*	۰۱۳)<۰/۹۷ (۰/	آمریکایی *	خرید*	(۰,۲۱]*	درون نمونه*	کل*
	بلک‌شولز*						(۲۱,۱۸۰]*		
	توسعه‌بلک‌ش ولز(۰/۰۳٦)						[۱۸۰,۱۰۹۵]*		
	هستون*	[۳٤,٤۲)*	۲۰۱۰*	-۱/۰۳ *۰/۹۷			(۰,۱۸۰]*		
	پرش*				اروپایی*	فروش*	[۲۱,۱۰۹۵]*	برون نمونه *	خاص*
	دیگر مدل‌ها *	[۲۸۸, ۵۵)*		۱/۰۳ <*			[۰,۱۰۹۵]*		
	نوسان تصادفی *						(۰,۲۱]*		
MAE	هوش مصنوعی *	[۱,۳٤] *	۲۰۰۰*	*<۰/۹۷	آمریکایی *	خرید*	(۰,۲۱]*	درون نمونه *	کل*
							(۲۱,۱۸۰]*		
	بلک‌شولز*	[۳٤,٤۲) *		-۱/۰۳ *۰/۹۷			[۱۸۰,۱۰۹۵]*		
							(۰,۱۸۰]*		
	پرش*	[۲۸۸, ۵۵)*	۲۰۱۰*	۱/۰۳ <*	اروپایی*	فروش*	[۲۱,۱۰۹۵]*	برون نمونه *	خاص*
	دیگر مدل‌ها *						[۰,۱۰۹۵]*		
ME	هوش مصنوعی(۰۳/ ۰)	[۱,۳٤] ۰/۰۲۳))	۲۰۰۰) (۰/۰۲۷	۰۷۳)<۰/۹۷ (۰/	آمریکایی *	خرید*	(۰,۲۱]*	درون نمونه *	کل (۰/۰۰۵)
	بلک‌شولز*	[۳٤,٤۲) *	۲۰۱۰*	-۱/۰۳ /۰۰٦)۰/۹۷ (۰	اروپایی*	فروش*	[۰,۱۰۹۵]*	برون نمونه /۰۲۷) (۰	خاص*
		[۲۸۸, ۵۵) ۰/۰۲٤))		۱/۰۳ (۰/۰٦۲)<					

معیار کارایی	نوع مدل (معناداری)	بازه‌شاخص H (معناداری)	سال تحلیل (معناداری)	عمق(زنشمندی) (معناداری)	نوع اختیار ۱ (معناداری)	نوع اختیار ۲ (معناداری)	سررسید (معناداری)	نوع آزمون (معناداری)	نوع صنعت (معناداری)
MPE	هوش مصنوعی *	[۲۸۸, ۵۵)*	۲۰۱۰*	<۰/۹۷*	اروپایی (۰/۰۰۵)	خرید*	[۲۱,۱۸۰)*	درون نمونه *	کل*
	بلک‌شولز*			۱/۰۳- ۰/۹۷*			[۱۸۰,۱۰۹۵)*		
	پرش*			۱/۰۳ <*	اروپایی*	فرو*	[۰,۱۸۰)*		
	دیگر مدل‌ها *						[۰,۱۰۹۵]*		

* سطح معناداری کوچکتر از یک هزارم (۰/۰۰۱)

جدول ۶: آزمون استواری فرضیه بر اساس مدل‌های قیمت‌گذاری با ٦٤٠٩ مقادیر معیارهای کارایی

معیار کارایی	نوع دارایی پایه (معناداری)	توسعه‌یافتگی (معناداری)	نوع قیمت (معناداری)	تواتر زمانی (معناداری)	طول زمان(معناداری)	نوع نوسان (معناداری)
IVRMSE	شاخص سهام*	توسعه‌یافته*	پیشنهادی خرید فروش*	روزانه*	[۰,۲۰) (۰/۰۰۲)	ضمنی*
	ارز دیجیتال(۰/۰۰۲)				[۴۰,٦۰)*	
			پایانی (۰/۰۰۲)	هفتگی*	[٦۰,۸۰)(۰/۰۰۲)	تصادفی*
	شاخص نوسان VIX*				[۱۰۰,۳۸۸)*	
RMSE	شاخص سهام*	توسعه‌یافته*	پیشنهادی خرید فروش*	روزانه*	[۰,۲۰)*	نوسان ضمنی*
	سهام*				[۲۰,٤۰)*	گارچ*
					[٤۰,٦۰)*	توابع نوسان قطعی*
	ارز دیجیتال*	در حال توسعه*	پایانی*	هفتگی*	[٦۰,۸۰)*	نوسان تاریخی*
	قرارداد آتی*				[۱۰۰,۳۸۸)*	تصادفی*
MRAE	شاخص سهام*	توسعه‌یافته*		روزانه*	[۰,۲۰)*	ضمنی*
	سهام*					گارچ*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معیار کارایی	نوع دارایی پایه (معناداری)	توسعه‌یافتگی (معناداری)	نوع قیمت (معناداری)	تواتر زمانی (معناداری)	طول زمان(معناداری)	نوع نوسان (معناداری)
			پیشنهادی خرید فروش*		(۲۰,٤۰]*	نوسان قطعی (۰/۰۰۳)
	ارز دیجیتال*	در حال توسعه*			(٤۰,٦۰]*	تاریخی*
			پایانی*		(٦۰,۸۰]*	
	قرارداد آتی*				(۱۰۰,۳۸۸]*	تصادفی*
MAE	شاخص سهام*	توسعه‌یافته*	پیشنهادی خرید فروش*	روزانه*	(۰,۲۰]*	ضمنی*
					(۲۰,٤۰]*	گارچ*
	ارز دیجیتال*	در حال توسعه*			(٤۰,٦۰]*	توابع نوسان قطعی*
					(٦۰,۸۰]*	تاریخی*
	شاخص سهام*		پایانی*		(۱۰۰,۳۸۸](۰/۰۰۵)	تصادفی*
	سهام*					
ME	شاخص سهام(۰/۰۰۵)	توسعه‌یافته (۰/۰۲۷)	پیشنهادی خرید فروش *	روزانه(۰/۰۰۵)	(۰,۲۰] (۰/۰۰۵)	تاریخی (۰/۰۰۵)
	سهام*	در حال توسعه*	پایانی (۰/۰۲۳)		(۲۰,٤۰] (۰/۰۲٤)	
MPE	شاخص سهام*	توسعه‌یافته*	پیشنهادی خرید فروش*	روزانه*	(٤۰,٦۰]*	ضمنی*
						توابع نوسان قطعی*
						تصادفی*

با توجه به ناکارا بودن بازار اختیارات به سیاست‌گذاران در همه کشورها توصیه می‌شود که در راستای کارایی و بهبود عملکرد این بازارها، سیاست‌ها و راهکارهای لازم را اتخاذ کنند. به شورای عالی بورس توصیه می‌شود که اقدامات و سیاست‌های لازم را در راستای ارتقای بازار مشتقات به ویژه بازار اختیار معامله اتخاذ کند. توصیه می‌شود مشارکت‌کنندگان بازار، تصمیمات خویش را با در نظر گرفتن این نکته که بازار اختیارات ناکاراست، اتخاذ کنند. به دلیل ناکاراییفرصت‌های آربیتراژ در این بازارها وجود دارد. لذا به معامله‌گران بازار اختیارات به ویژه آربیتراژگران توصیه می‌شود که این فرصت‌ها را شناسایی و از این فرصت‌های آربیتراژ تا حد امکان استفاده کنند؛ تا علاوه بر کسب سود، منجر به حذف آن‌ها و کارایی بازار اختیارات به نفع همه مشارکت‌کنندگان این بازارها شوند. به پژوهشگران آتی پیشنهاد می‌شود بررسی کنند که چرا با وجود پژوهش‌های متعدد ارائه مدل‌های گوناگون قیمت‌گذاری، گسترش سواد مالی و توسعه بازارهای مالی و زیرساخت‌های آن، همچنان هم پژوهشگران و هم کاربران بازار اختیارات در قیمت‌گذاری صحیح و دقیق این قراردادها ناکام مانده‌اند. بررسی شود که چرا با وجود پیشرفت‌ها و کاربردهای چشمگیر مدل‌های هوش مصنوعی در همه عرصه‌های علمی، این مدل‌ها در عرصه مالی و در قیمت‌گذاری اختیارات شکست خورده است.

۶- منابع

[۱] Moidian, H., Khadivar, A. & Rahimian, S. (۲۰۲٤). Evaluation of Big Data Maturity in Iranian Public Universities, *Management Research in Iran*, ۲۸(٤), pp. ۲۳-٤٤. [in Persian]

[۲] Jalali S., Rostamy, A. A. A., & Seifoddini, J. (۲۰۲٤). Identification and Prioritization of Banks' Efficiency Evaluation Indicators Using Factor Analysis and Fuzzy Delphi Method , *Management Research in Iran*, ۲۷(۳), pp. ۱-۲۸. [in Persian]

[۳] Tuckman, B., (۲۰۱٦). Derivatives: understanding their usefulness and their role in the financial crisis. *Journal of Applied Corporate Finance*, pp. ۲۸(۱), ٦۲-۷۱. https://doi.org/۱۰,۱۱۱۱/jacf.۱۲۱٥۹

[٤] Bhagwat, S., Omre, R. (۲۰۱۲). Development of financial derivatives market in India and its position in global financial crisis. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, ۳(۱۲), pp. ۱-۱٥.

[٥] Zakirul Huda, M. (۲۰۲۱). Analysing currency options market downturn during global financial crisis (۲۰۰۷-۲۰۱۰). PhD thesis, Murdoch University.

[٦] Tian, L. (۲۰۰٥). Research on necessity of the establishment of financial derivative market in China, The Journal of American Science, ۱(۱), pp. ۸۷-۹۰.

[٧] Wang, J., Kang, H., Xia, F., & Li, G. (٢٠١٨). Examining the equilibrium relationship between the Shanghai ٥٠ Stock Index Futures and the Shanghai ٥٠ (ETF) options markets. *Journal of Emerging Markets Finance and Trade*, ٥٤(١١), pp. ٢٥٥٧-٢٥٧٦. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/١٥٤٠٤٩٦X.٢٠١٨,١٤٨٣٨٢٤
[٨] Brunetti, M., & Torricelli, C. (٢٠٠٧). The internal and cross market efficiency in index option markets: an investigation of the Italian market. *Journal of Applied Financial Ecconomics*, ١٧(١), pp. ٢٥-٣٣. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠٩٦٠٣١٠٠٥٠٠٤٦١٧١٠
[٩] He, X.J., & Lin, S. (٢٠٢١). A fractional Black-Scholes model with stochastic volatility and European option pricing. *Expert Systems with Applications*, ١٧٨(٢), pp. ١-٨. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.eswa.٢٠٢١,١١٤٩٨٣
[١٠]Fathi, S., Fazelian, Z. (٢٠٢٤). Efficiency of the options market and arbitrage strategy: a meta-analysis, *International Journal of Emerging Mrkets*, Ahead of print, Ahead of print. https://doi.org/١٠,١١٠٨/IJOEM-٠٦-٢٠٢٢-٠٩٣٥
[١١]Misra, D., & Chaudhary, C. R. (٢٠١٩). Assessment of arbitrage opportunities in options markets using Put-Call futures parity: Evidence from India. *International Journal of Management*, ٩(٦), pp. ٣٥٨-٣٧٨.
[١٢]Acharya, V., & Bisin, A. (٢٠١٠). Counterparty risk externality: centralized versus over-the-counter markets. *Journal of Economic Theory*, ١٤٩(١), pp. ١٥٣-١٨٩. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jet.٢٠١٣,٠٧,٠٠١
[١٣]Yaghoubi, A., Fazli, S. (٢٠٢٢). Proposing a model to forecast the efficiency of bank branches under uncertainty conditions based on SDEA-PCA approach and Monte Carlo simulation, *Modern Research in Decision Making*, ٦(٤), pp. ١-٣٣. [in Persian]
[١٤]Kazmi, K. (٢٠٢٣). A second order numerical method for the time-fractional Black-Scholes European option pricing model. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, ٤١٨, ١١٤٦٤٧. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.cam.٢٠٢٢,١١٤٦٤٧
[١٥]Wu, J., Wang, Y., Zhu, M. Zheng, H., & Li, L. (٢٠٢٣). Exotic option pricing model of the Black-Scholes formula: A proactive investment strategy. *Frontiers in Physics*, ١١, p. ١٢٠١٣٨٣. https://doi.org/١٠,٣٣٨٩/fphy.٢٠٢٣,١٢٠١٣٨٣
[١٦]Chauhan, A., & Gor, R. (٢٠٢١). Black-Scholes option pricing model and its relevancy in Indian options market: a review. *IOSR Journal of Economics and Finance*, ١٢(١), pp. ١-٧. https://www.doi.org/١٠,٩٧٩٠/٥٩٣٣-١٢٠١٠٢٠١٠٧
[١٧]He, T., Coolen, F. P. A., & Coolen-Maturi, T. (٢٠١٩). Nonparametric predictive inference for European option pricing based on the Binomial Tree model. *Journal of the Operational Research Society*, ٧٠(٢), pp. ١٦٩٢-١٧٠٨. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠١٦٠٥٦٨٢,٢٠١٨,١٤٩٥٩٩٧
[١٨]Zanger, D. Z. (٢٠١٣). Quantitative error estimates for a least-squares Monte-Carlo algorithm for American option pricing. *Finance and Stochastics*, ١٧(٣), pp. ٥٠٣-٥٣٤. https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s٠٠٧٨٠-٠١٣-٠٢٠٤-٩

[١٩]Kalantari, R., Shahmorad, S. (٢٠١٩). A stable and convergent finite difference method for fractional Black-Scholes model of American put option pricing. *Computational Economics*, ٥٣(١), pp. ١٩١-٢١٣. https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s١٠٦١٤-٠١٥-٩٤٨٣-x

[٢٠]Nagendran, R., Venkateswar, S. (٢٠١٤). Validating Black-Scholes model in pricing Indian stock call options. *Journal of Applied Finance & Banking*, ٤(٣), pp. ٨٩-١٠١.

[٢١]Vohra, S., Fabozzi, F. J. (٢٠١٩). Effectiveness of developed and emerging market FX options in active currency risk management. *Journal of International Money and Finance*, ٩٦(١), pp. ١٣٠-١٤٦. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jimonfin.٢٠١٩,٠٤,٠٠٥

[٢٢]Velmurugan, P. S., & Madathil, J. C. (٢٠١٩). Efficiency of gold option contracts in India. *Journal of Commerce and Accounting Research*, ٨(٤), pp. ٧٢-٧٨. https://dx.doi.org/١٠,٢١٣٩/ssrn.٣٣٦٠٢٠٩

[٢٣]Chai, T., & Draxler, R. R. (٢٠١٤). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, ٧, pp. ١٢٤٧-١٢٥٠. https://doi.org/١٠,٥١٩٤/gmd-٧-١٢٤٧-٢٠١٤

[٢٤]Hossain, A. B. M. S., Noushin, M. T., Hasan, K. (٢٠١٩). A comparison of the Black-Scholes option pricing model and its alternatives. *The Dhaka University Journal of Science*, ٦٧(٢), pp. ١٠٥-١١٠. http://dx.doi.org/١٠,٣٣٢٩/dujs.v٦٧i٢,٥٤٥٨١

[٢٥]Abdullazade, Z. (٢٠١٩). Theory and implementation of Black-Scholes and Binomial options pricing models. *SSRN Electronic Journal*, ٨(٧٥), ١٦. https://dx.doi.org/١٠,٢١٣٩/ssrn.٣٤٩٥٢٥٥

[٢٦]Borenstein, M. Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., Rothstein, H. R. (٢٠٠٩). *Introduction to Meta-Analysis. West Sussex*, United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd

[٢٧]Rosenthal, R. & Dimatteo, M. R. (٢٠٠١). Meta-analysis: Recent development in quantitative methods of literature review. *Annual Review of Psychology*, ٥٢, pp. ٥٩-٨٢. https://doi.org/١٠,١١٤٦/annurev.psych.٥٢,١,٥٩

[٢٨]Talaie, H. (٢٠٢٤). Evaluating the barriers to adopting circular economy and industry ٤,٠ in the home appliance industry using interpretive structural modeling and structural equation modeling, *Modern Research in Decision Making*, ٩(٢), pp. ٩٩-١٢٨. [in Persian]

[٢٩]Mohanti, D., & Priyan, P. K. (٢٠١٤). An empirical test of market efficiency of Indian index options market using the Black-Scholes model and dynamic hedging strategy. *Paradigm*, ١٨(٢), pp. ٢٢١-٢٣٧. https://doi.org/١٠,١١٧٧/٠٩٧١٨٩٠٧١٤٥٥٨٧٠٩

[٣٠]Dixit, A., Yadav, S. S., & Jain, P. K. (٢٠٠٩). Violation of lower boundary condition and market efficiency: an investigation into the Indian options market.

Journal of Derivatives & Hedge Funds, ١٥(١), pp. ٣-١٤. https://doi.org/١٠,١٠٥٧/jdhf.٢٠٠٨,٣٠
[٣١]Li, S., & Alfay, E. (٢٠٠٦). Evidence on the arbitrage efficiency of SPI index futures and options markets. *Asia-Pacific Financial Markets*, ١٣(١), pp. ٧١-٩٣. https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s١٠٦٩٠-٠٠٧-٩٠٣٥-z
[٣٢]Fathi, S., Fazelian, Z. (٢٠٢٢). A Meta-Analysis of the Efficiency of Options Market and the Arbitrage Strategies, *Financial Research Journal*, ٢٤(٣), pp. ٣٢٩-٣٥٢. https://doi.org/١٠,٢٢٠٥٩/frj.٢٠٢٢,٣٣٤٣٧٣,١٠٠٧٢٦٥[in Persian]
[٣٣]Hull, C. (٢٠٠٣). Fund*amentals of Financial Engineering and Risk Management*, Translate : Sayyah, S. and SalehAbadi, A. Tehran : Rayaneh Pardaz. [in Persian]
[٣٤]Park, H., Kim, N., & Lee, J. (٢٠١٤). Parametric models and non-parametric machine learning models for predicting option prices: empirical comparison study over KOSPI ٢٠٠ index options. *Expert Systems with Applications*, ٤١(١١), pp. ٥٢٢٧-٥٢٣٧. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.eswa.٢٠١٤,٠١,٠٣٢
[٣٥]Liu, X., Cao, Y., Ma, C., & Shen, L. (٢٠١٩). Wavelet-based option pricing: an empirical study. *European Journal of Operational Research*, ٢٧٢(٣), pp. ١١٣٢-١١٤٢. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.ejor.٢٠١٨,٠٧,٠٢٥
[٣٦]Black, F., & Scholes, M. (١٩٧٣). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, ٨١(٣), pp. ٦٣٧-٦٥٤. https://doi.org/١٠,١٠٨٦/٢٦٠٠٦٢
[٣٧]Carr, P., & Wu, L. (٢٠١٦). Analyzing volatility risk and risk premium in option contracts: A new theory. *Journal of Financial Economics*, ١٢٠(١), ١-٢٠. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jfineco.٢٠١٦,٠١,٠٠٤
[٣٨]Heston, S. L. (١٩٩٣). A closed solution for options with stochastic volatility, with application to bond and currency options. *Review of Financial Studies*, ٦(٢), pp. ٣٢٧-٣٤٣. https://doi.org/١٠,١٠٩٣/rfs/٦,٢,٣٢٧
[٣٩]Bakshi, G., Cao, C., & Chen, Z. (١٩٩٧). Empirical performance of alternative option pricing models. *The Journal of Finance*, ٥٢(٥), pp. ٢٠٠٣–٢٠٤٩. https://doi.org/١٠,١١١١/j.١٥٤٠-٦٢٦١,١٩٩٧.tb٠٢٧٤٩.x
[٤٠]Dubofsky, D. (١٩٩٢).*Options and Financial Futures*. New York: McGraw-Hill Inc.
[٤١]Zaboronski, P. C. O., Zhang, K., Clifford, P., & Wang, Y. (٢٠١٠). Pricing options using Trinomial Trees. Available at: https://warwick.ac.uk/fac/sci/maths/people/staff/oleg_zaboronski/fm/Trinomial_Tree_٢٠٠٩.pdf, Downloaded on: Sep. ٣. ٢٠٢٣.
[٤٢]Jang, H., & Lee, J. (٢٠١٩). Generative Bayesian neural network model for risk-neutral pricing of American index options. *Quantitative Finance*, ١٩(٤), pp. ٥٨٧-٦٠٣. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/١٤٦٩٧٦٨٨,٢٠١٨,١٤٩٠٨٠٧
[٤٣]Pagnottoni, P. (٢٠١٩). Neural network models for Bitcoin option pricing. *Frontiers in Artificial Intelligence*, ٢(٣), pp. ١-٩. https://doi.org/١٠,٣٣٨٩/frai.٢٠١٩,٠٠٠٠٥

[٤٤]Almeida, C., Fan, J., Freire, G., & Tang, F. (٢٠٢٢). Can a machine correct option pricing models?. *Journal of Business & Economic Statistics*, ٤١(٣), pp. ٩٩٥-١٠٠٩. https://doi.org/١٠,١٠٨٠/٠٧٣٥٠٠١٥,٢٠٢٢,٢٠٩٩٨٧١
[٤٥]Merton, R. C. (١٩٧٣). Theory of rational option pricing. *The Bell Journal of Economics and Management Science*, ٤(١), pp. ١٤١-١٨٣. https://doi.org/١٠,٢٣٠٧/٣٠٠٣١٤٣
[٤٦]Smith, J. r., & Clifford, W. (١٩٧٦). Option pricing: a review. *Journal of Financial Economics*, ٣(١-٢), pp. ٣-٥١. https://doi.org/١٠,١٠١٦/٠٣٠٤-٤٠٥X(٧٦)٩٠٠١٩-٢
[٤٧]Zulfiqar, N., Gulzar, S. (٢٠٢١). Implied volatility estimation of Bitcoin options and the stylized facts of option pricing. *Financial Innovation*, ٧(١), pp. ٦٧-٩٣. https://doi.org/١٠,١١٨٦/s٤٠٨٥٤-٠٢١-٠٠٢٨٠-y
[٤٨]Dumas, B., Fleming, J., Whaley, R. E., ١٩٩٨. Implied volatility functions: empirical tests. *The Journal of Finance*, ٥٣(٦), pp. ٢٠٥٩-٢١٠٦. https://doi.org/١٠,١١١١/٠٠٢٢-١٠٨٢,٠٠٠٨٣
[٤٩]Corrado, C. J., Su, T. (١٩٩٦). Skewness and kurtosis in S&P ٥٠٠ index returns implied by option prices. *Journal of Financial Research*, ١٩, pp. ١٧٥-١٩٢. https://doi.org/١٠,١١١١/j.١٤٧٥-٦٨٠٣,١٩٩٦.tb٠٠٥٩٢.x
[٥٠]Lewis, A. L. (٢٠٠٠). *Option Valuation under Stochastic Volatility with Mathematica Code*. Amsterdam, Netherlands: Finance Pr.
[٥١]Luo, Q., Jia, Z., Li, H., & Wu, Y. (٢٠٢٢). Analysis of parametric and non-parametric option pricing models. *Heliyon*, ٨(١١), e١١٣٨٨. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.heliyon.٢٠٢٢.e١١٣٨٨
[٥٢]Heston, S. L., & Nandi, S. (٢٠٠٠). A closed-form GARCH option valuation model. *The Review of Financial Studies*, ١٣(٣), pp. ٥٨٥-٦٢٥.
[٥٣]Christoffersen, P., Heston, S., & Jacobs, K. (٢٠٠٩). Review of the shape and term structure of the index option smirk: Why multifactor stochastic volatility models work so well. *Management Science*, ٥٥(١٢). pp. ١٩١٤-١٩٣٢. https://doi.org/١٠,١٢٨٧/mnsc.١٠٩٠,١٠٦٥
[٥٤]Raei, R., FallahTalab, H. (٢٠١٣). Application of Monte Carlo simulation and random walk process in predicting value at risk, *Financial Engineering and Security Management*, ٤(١٢), pp. ٧٥-٩٢. [in Persian]
[٥٥]Barone-Adesi, G., & Whaley, R. E. (١٩٨٧). Efficient analytic approximation of American option values. *The Journal of Finance*, ٤٢(٢), pp. ٣٠١-٣٢٠. https://doi.org/١٠,١١١١/j.١٥٤٠-٦٢٦١,١٩٨٧.tb٠٢٥٦٩.x
[٥٦]Merton, R. C. (١٩٧٦). Option pricing when underlying stock returns are discontinuous. *Journal of Financial Economics*, ٣(١-٢), pp. ١٢٥-١٤٤. https://doi.org/١٠,١٠١٦/٠٣٠٤-٤٠٥X(٧٦)٩٠٠٢٢-٢
[٥٧]Monajemi, S. A., Abzari, M., Shavazi, A. R. (٢٠٠٩). Modeling of Stock Price Forecasting in Stock Exchange Market, using Fuzzy Neural Networks and Genetic Algorithms, *Quarterly Journal of Quantitative Economics*, ٦(٣), ١-٢٦. https://doi.org/١٠,٢٢٠٥٥/jqe.٢٠٠٩,١٠٦٩٧ [in Persian]

[٥٨]Jang, J. H., Yoon, J., Kim, J., Gu, J., & Kim, H. Y. (٢٠٢١). DeepOption: a novel option pricing framework based on deep learning with fused distilled data from multiple parametric methods. *Information Fusion*, ٧٠(٣), pp. ٤٣-٥٩. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.inffus.٢٠٢٠,١٢,٠١٠
[٥٩]Kim, H. G., Kwon, S. J., Kim, J. H., & Huh, J. (٢٠٢١). Pricing exotic options with flow-based generative networks. *Applied Soft Computing Journal*, Article in press. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.asoc.٢٠٢٢,١٠٩٠٤٩
[٦٠]Du, Z., Wang, M., & Xu, Z. (٢٠١٩). *On estimation of Value-at-Risk with recurrent neural network. Second International Conference on Artificial Intelligence for Industries*, California, USA.
[٦١]Sanchez, E., Shibata, T., & Zadeh, L. A. (١٩٩٧). *Genetic Algorithms and Fuzzy Logic Systems: Soft Computing Perspectives.* Singapore: World Scientific Publishing Co (WSPC).
[٦٢]Rincy, T., & Gupta, R. (٢٠٢٠). Ensemble learning techniques and its efficiency in machine learning: A survey. *2nd International Conference on Data, Engineering and Applications (IDEA*), Bhopal, India.
[٦٣]Suthaharan, S. (٢٠١٦). Support vector machine: Machine Learning Models and Algorithms for Big Data Classification. Boston, USA: Springer.
[٦٤]Ivașcu, C. F. (٢٠٢١). Option pricing using machine learning. *Expert Systems With Applications*, ١٦٣, pp. ١١٣٧٩٩. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.eswa.٢٠٢٠,١١٣٧٩٩
[٦٥]Wang, M., Zhang, Y., Qin, C., Liu, P., & Zhang, Q. (٢٠٢٢). Option pricing model combining ensemble learning methods and network learning structure. *Mathematical Problems in Engineering.* ٢٠٢٢(٤), pp. ١-١١. https://doi.org/١٠,١١٥٥/٢٠٢٢/٢٥٩٠٩٤٠
[٦٦]Wysocki, M., & Slepaczuk, R. (٢٠٢٢). Artificial neural networks performance in WIG٢٠ index options pricing. *Entropy*, ٢٤(١), pp. ١-١٩. https://doi.org/١٠,٣٣٩٠/e٢٤٠١٠٠٣٥
[٦٧]Herzog, B., & Osamah, S. (٢٠١٩). Reverse engineering of option pricing: an AI application. *International Journal of Financial Studies*, ٧(٤), pp. ٦٨-٩٥. http://dx.doi.org/١٠,٣٣٩٠/ijfs٧٠٤٠٠٦٨
[٦٨]Willmott, C. J. & Matsuura, K. (٢٠٠٥). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, ٣٠, pp. ٧٩–٨٢.
[٦٩]Hodson, T. O. (٢٠٢٢). Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not. *Copernicus Publications*, ١٥(١٤), pp. ٥٤٨١-٥٤٨٧. https://doi.org/١٠,٥١٩٤/gmd-١٥-٥٤٨١-٢٠٢٢
[٧٠]Christoffersen, P., & Jacobs, K. (٢٠٠٤). The importance of the loss function in option valuation. *Journal of Financial Economics*, ٧٢(٢), pp. ٢٩١-٣١٨. https://doi.org/١٠,١٠١٦/j.jfineco.٢٠٠٣,٠٢,٠٠١
[٧١]Nasiri, K., Askarzadeh, G. (٢٠٢٣). comparative analysis of efficiency in Black Scholes model and the binomial tree in call options in tehran stock exchenge,

Financial Engineering and Securities Manamgement, ۱٤(٥٤), pp. ۲٥-٤۲. [in Persian]
[۷۲]Amiri, M. (۲۰۲۱). Option contracts pricing using Black-Schoules, Bons and Binomial (Case study: Gold coin option contracts in the Iran Commodity Market, *Security Exchang Journal*, ۱۳(٥۰), pp. ۱٤۱-۱۷۰. [in Persian]
[۷۳]Dastranj, E., SahebiFard, H., AbdolbaghiAtaabadi, A. and Hejazi, S. R. (۲۰۲۰). Power option pricing Under Heston model (Evidences of Tehran stock exchange), *Investment Knowledge*, ۹(۳۳), pp. ۲٤۱-۲٥۷. [in Persian]
[۷٤]Nabavi, C. S. A., BahramZadeh, R. (۲۰۰۸)). Examining the efficiency of Levi process in options pricing, *Security Analycis Financial Knowledge*, ۱۱(۳۸), pp. ۱۱۷-۱۲۷. [in Persian]
[۷٥]Umeorah, N., Mashele, P., Agbaeze, O., & Mba, J. C. (۲۰۲۳). Barrier options and Greeks: modeling with neural networks. *Axioms*, ۱۲(٤), pp. ۱-۲۲. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/axioms۱۲۰٤۰۳۸٤
[۷٦]Ilt¨uzer, Z. (۲۰۲۲). Option pricing with neural networks vs. Black-Scholes under different volatility forecasting approaches for BIST ۳۰ index options. *Borsa Istanbul Review*, ۲۲(٤), pp. ۷۲٥-۷٤۲. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.bir.۲۰۲۱,۱۲,۰۰۱
[۷۷]Huang, Z., Duan, Z. & Wu, X. (December, ۲۰۲۰). Tests of CBOE options market efficiency and arbitrage opportunities based on options pricing mathematical models. *Management Science Informatization and Economic Innovation Development Conference* (MSIEID), Guangzhou, China. https://doi.org/۱۰,۱۱۰۹/MSIEID٥۲۰٤٦,۲۰۲۰,۰۰۰٤۱
[۷۸]Azar, A., Momeni, M. (۲۰۲۲). *Statistics and its Appication in Management: Statistical Analysis*, Tehran: SAMT [in Persian]
[۷۹]Bhattacharya, M. (۱۹۸۰). Empirical properties of the Black-Scholes formula under ideal conditions. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, ۱٥(٥), pp. ۱۰۸۱-۱۱۰٥. https://doi.org/۱۰,۲۳۰۷/۲۳۳۰۱۷۳

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی