پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی
سال دوازدهم / شماره ۴۸ / زمستان ۱۳۹۹
صفحه ۱۲۱ تا ۱۴۷

برآورد اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)

ابراهیم نادری[۱]
علی اسماعیل‌زاده مقری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۹

چکیده

هدف این مقاله بررسی رفتار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام و عوامل تأثیرگذار بر آن، بر مبنای یک مدل هوشمند است. اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام یکی از معیارهای ارزیابی ریسک نقدشوندگی سهام و انتخاب سهام در پرتفولیوی سرمایه‌گذاری است. لذا این پژوهش با برآورد اثر متغیرهای مالی شرکت‌ها بر مقدار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام در قالب مدل غیرخطی و هوشمند کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) و مقایسه آن با مدل‌های خطی مرسوم، درصدد ارائه راهکاری جهت کاهش اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام پرتفولیوی سرمایه‌گذاری است. بر این اساس، از میان شرکت‌های پذیرفته شده در بورس اوراق بهادار تهران، ۱۲۹ شرکت انتخاب‌شده‌اند. نتایج پژوهش نشان‌دهنده آن است که نتایج برآوردی و تحلیلی مدل غیرخطی مبتنی بر الگوریتم ABC بهتر از مدل خطی مبتنی بر داده‌های پانل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام، الگوریتم زنبورعسل مصنوعی، مدل داده‌های پانل.

۱- گروه حسابداری، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲- گروه حسابداری ، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.. نویسنده مسئول. Alies35091@gmail.com

۱- مقدمه

یکی از مباحث مهم در بازارهای سرمایه که باید مورد توجه سرمایه‌گذاران اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی قرار گیرد، بحث انتخاب سبد سرمایه‌گذاری بهینه می‌باشد. در این رابطه، طبق تئوری‌های مالی، سرمایه‌گذاران با توجه به میزان ریسک و بازده پرتفولیوی سرمایه‌گذاری خود، اقدام به انتخاب بهترین سبد سرمایه‌گذاری می‌نمایند. معمولاً فرض بر این است که سرمایه‌گذاران ریسک‌گریز نسبی هستند و همواره در پی آن هستند که در اقلامی از دارایی‌ها سرمایه‌گذاری کنند که بیشترین بازده و کمترین ریسک را داشته باشند؛ اما هنگامی که شرایط و محدودیت‌های دنیای واقعی در نظر گرفته شود، مسئله پیچیده‌تر خواهد بود (طالبی، ۱۳۸۹). به طور مثال، یکی از عوامل مؤثر بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران، در کنار ریسک و بازده، قابلیت نقدشوندگی و در حقیقت ریسک نقدشوندگی پرتفولیوی سهام آنها می‌باشد. بدین منظور، اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام در بازار، به عنوان معیاری برای بررسی ریسک نقدشوندگی، در دهه‌های اخیر مورد توجه مالی رفتاری قرار گرفته است. شناخت عوامل تأثیرگذار بر رفتار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام، به یکی از چالش‌های ادبیات نوین مالی تبدیل شده است. بدین منظور چنان‌که در بخش بعد ملاحظه خواهیم نمود، اغلب پژوهشگران مالی از مدل‌های خطی برای بررسی اثر متغیرهای تأثیرگذار بر اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام هستند. از سوی دیگر، در سال‌های اخیر، استفاده از مدل‌های هوشمند و الگوریتم‌های فرا ابتکاری نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم پرندگان، الگوریتم مورچگان و اخیراً الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)، در ادبیات مالی به عنوان ابزاری نوین جهت مدل‌سازی و بهینه‌سازی مدل‌های نظری در حوزه تصمیم‌گیری در بازارهای سرمایه، به دلیل کارایی بیشتر، رواج یافته‌اند. لذا برای مدل‌سازی منعطف و غیرخطی و افزایش دقت تجزیه‌وتحلیل، مستلزم بررسی تأثیر عوامل بیشتر و بر اساس مدل‌های جدید است. با این توصیف استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)، جهت حداقل‌سازی مجموع مربعات خطای مدل و یافتن یک مدل غیرخطی ناپارامتریک، برای توضیح هرچه بهتر رفتار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام، نوآوری این مطالعه است. لذا هدف از این مقاله ارائه مدل بهینه جدید غیرخطی اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام در بازار سهام با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی زنبورعسل مصنوعی (ABC) است.

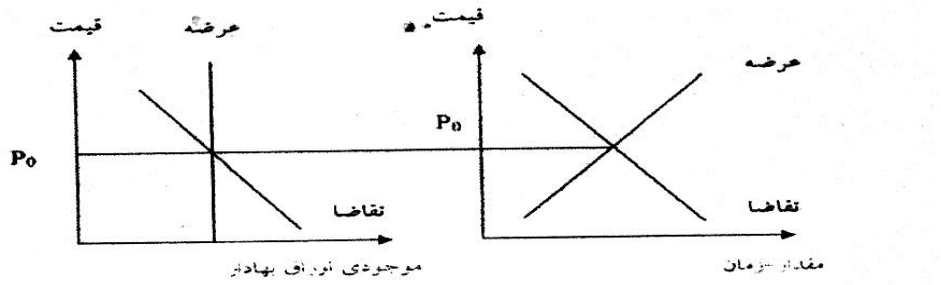
با این تفاسیر، در این مقاله، در بخش ۱، مبانی نظری اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام بیان شده و سپس در بخش ۲، مهمترین تحقیقات داخلی و خارجی و در بخش ۳، فرضیه‌ها ارائه شده‌اند. در ادامه، در بخش ۴، مدل‌های خطی (کلاسیک) و غیرخطی اختلاف قیمت

پیشنهادی خریدوفروش سهام مبتنی بر الگوریتم ABC آمده است. در بخش ۴، روش اجرای تحقیق و متدولوژی تحقیق شامل شیوه برآورد مدل خطی داده‌های پانل و مدل غیرخطی مبتنی بر الگوریتم ABC و همچنین معیارهای ارزیابی و مقایسه دو مدل ارائه شده‌اند. در نهایت، در بخش ۵، تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها و برآورد و مقایسه نتایج ارزیابی و تحلیل مدل‌ها و در بخش ۶ ارزشیابی نتایج و نتیجه‌گیری ارائه شده است.

۲- مروری بر مبانی نظری و تجربی

۲-۱- مبانی نظری اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش اوراق بهادار[1]

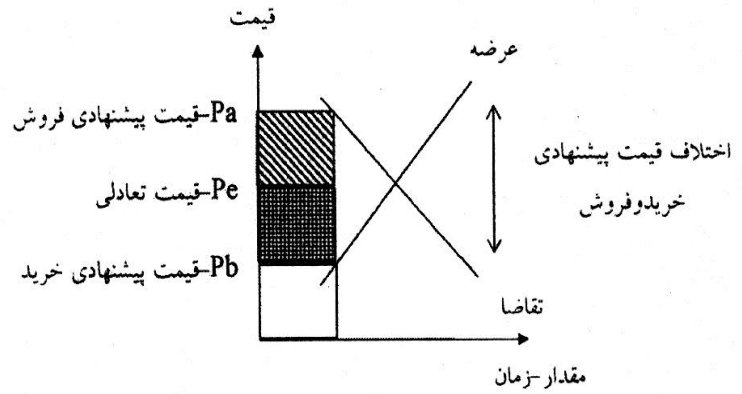
زمانی که اوراق بهادار انتشار می‌یابند، به موجودیت خود در بازار ادامه می‌دهند تا بازخرید شود یا به سررسید پرداخت برسند؛ اما برخی دیگر از انواع اوراق بهادار را عده‌ای فروخته و عده‌ای دیگر آن را خریداری می‌کنند؛ بنابراین، دو نوع بازار خواهیم داشت؛ نوع اول، بازاری است که برای تمام اوراق بهادار وجود دارد و نوع دوم، بازاری است که جریان خریدوفروش اوراق بهادار را طی زمان پیگیری می‌کند. در نمودار ۱ این دو بازار و نحوهٔ به تعادل رسیدن عرضه و تقاضا در آنها نشان داده شده است.



نمودار ۱: بازارهای گردشی و غیر گردشی برای یک دارایی مالی
(منبع: فدایی نژاد، ۱۳۷۸ و رسائیان، ۱۳۸۵)

نمودار سمت چپ که بازار موجودی را نشان می‌دهد، نمایانگر یک عرضه ثابت و تقاضایی به شکل اریب و رو به پایین، با توجه به قیمت اوراق بهادار می‌باشد. هر چه قیمت اوراق بهادار کمتر باشد، تقاضا برای آن بیشتر خواهد بود. نمودار سمت راست، بازار در جریان را در هر واحد نشان می‌دهد. اگر زمان یک روز باشد، این نمودار نمایانگر تقاضایی رو به پایین است. در این نمودار،

عرضه ثابت نخواهد بود و به صورت اریب و رو به بالا می‌باشد. تعادل در نمودار سمت چپ زمانی اتفاق می‌افتد که قیمت در سطح P_e باشد. در نمودار سمت راست، جریان عرضه و تقاضا در نقطه‌ای یکدیگر را قطع می‌کنند، آن نقطه جایی است که عرضه اوراق بهادار با تقاضای آن به تعادل رسیده است که این تعادل در نقطه P_e تشکیل شده است. اگر هر دو بازار به تعادل برسند، تعادل کلی ایجاد خواهد شد. در تعادل کلی قیمت اوراق بهادار در هر دو بازار یکسان خواهد بود.



نمودار ۲: تفاوت قیمت پیشنهادی خریدوفروش
(فدایی نژاد، ۱۳۷۸ و رسائیان، ۱۳۸۵)

در نمودار ۲ نیز همچنان قیمت تعادلی برقرار می‌باشد اما در بازار واقعی این قیمت‌های معاملاتی است که مورد توجه قرار می‌گیرد. این قیمت‌ها، تفاوت پیشنهاد خریدوفروش بازار سازهاست. قیمتی که بازار ساز اوراق بهادار را می‌خرد، قیمت پیشنهادی خرید و قیمتی که با آن اوراق بهادار را می‌فروشد، قیمت پیشنهادی فروش نامیده می‌شود. اختلاف بین این دو قیمت، شکاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش خواهد بود. اگر بیشتر از یک بازارساز وجود داشته باشد، تفاوت بالاترین قیمت پیشنهادی خرید و پایین‌ترین قیمت پیشنهادی فروش را شکاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش بازار می‌نامند و نقطهٔ تعادلی جایی بین قیمت پیشنهادی خریدوفروش بازار قرار می‌گیرد. معامله زمانی رخ می‌دهد که بالاترین قیمت پیشنهادی خرید و پایین‌ترین قیمت پیشنهادی فروش برابر باشند. در یک بازار مالی سازمان‌یافته، نقش بازارسازان ایجاد جریان دو طرفه قیمت برای پیشنهاد خرید و پیشنهاد فروش در تمام شرایط می‌باشد. به طور خلاصه، بازارسازها مسئولیت تنظیم بازار را به عهده خواهند داشت و برای اجرای این وظیفه آنان باید موجودی

مناسبی از اوراق بهادار را داشته باشند تا بتوانند نوسانات قیمت‌ها را کنترل نمایند. نگهداری موجودی برای این افراد هزینه‌هایی در بر خواهد داشت که از طریق اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش اوراق بهادار، این هزینه‌ها را جبران می‌کنند. در نمودار ۲ درآمد بازارسازان به صورت هاشور زده نشان داده شده است. در واقع به بیان ریاضی می‌توان گفت که $(P_a-P_b)Q$ درآمد بازار سازان می‌باشد. هزینه‌ها و ریسک عملیات بازارسازها به ویژگی‌های خاصی از قبیل افت‌وخیز بازار و یا وسعت بازار[۲]، عمق بازار[۳] و انعطاف‌پذیری بازار[۴] بستگی دارد. در ضمن، ریسک عملیات بازار سازی به تعداد افرادی که بر اساس انگیزۀ اطلاعاتی و نه انگیزۀ نقدینگی اقدام به انجام مبادله می‌نمایند، بستگی دارد.

اگر در بازاری به حدّ کافی برای اوراق بهادار، حجم خریدوفروش به قیمت تعادلی وجود داشته باشد می‌توانیم بگوییم که این بازار دارای وسعت کافی می‌باشد و به عبارت دیگر، روان[۵] است. بازارهایی که تعداد خریداران و فروشندگان در آن کم است به بازارهای کم رمق[۶] معروف می‌باشند. نقدینگی اوراق بهادار به درجه روان بودن بازار بستگی دارد. شکاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش در یک بازار روان، کمتر از شکاف قیمت پیشنهادی در بازار کم رمق می‌باشد زیرا در بازارهای روان، حجم معاملات بالاتر و ریسک آن نیز کمتر است.

بازاری دارای عمق است که قیمت پیشنهادی خریدوفروش بازارساز نزدیک به قیمت تعادلی باشد که تغییرات قیمت در چنین بازاری غالباً پیوسته می‌باشد؛ اما در بازار کم عمق[۷] تغییرات به صورت جهشی و ناپیوسته می‌باشد. تغییر قیمت‌ها در بازارهای عمیق پایین‌تر از تغییر قیمت‌ها در بازارهای کم عمق می‌باشد؛ بنابراین ریسک بازارسازها در بازارهای عمیق کمتر از بازارهای کم عمق است. اگر بازار عمیق باشد اوراق بهادار نیز دارای قابلیت برگشت زیاد خواهد بود. (فدایی نژاد، ۱۳۷۸ و رسائیان، ۱۳۸۵).

عدم تقارن اطلاعاتی زمانی به وجود می‌آید که یک یا چند سرمایه‌گذار، اطلاعات خصوصی مربوط به ارزش شرکت را در اختیار دارند و افراد در مورد موضوعات واحد، به نتایج متفاوتی دست می‌یابند. در چنین شرایطی سرمایه‌گذاران ناآگاه یا کم‌اطلاع، نگران مبادله با سرمایه‌گذاران دارای اطلاعات خصوصی یا اطلاعات بیشتر هستند. (خوش‌طینت و یوسفی اصل (۱۳۸۷) و مرادزاده فرد و همکاران، (۱۳۹۲))

معیارهایی همچون شکاف میان قیمت خریدوفروش، حجم معاملات و نوسان قیمت سهام، برای عدم تقارن اطلاعاتی در نظر گرفته شده است (لئوزوورچیا[۸]، ۲۰۰۰). شکاف میان قیمت خریدوفروش مربوط به تفاوت میان قیمت پیشنهادی فروش و قیمت درخواستی خرید برای اوراق بهادار است. اگر عدم تقارن اطلاعاتی در بازار سرمایه وجود نداشته باشد، به این معناست که همه

سرمایه‌گذاران دارای اطلاعات یکسان هستند و شکاف میان قیمت خریدوفروش برابر صفر است. یک ارتباط مثبت میان عدم تقارن اطلاعاتی و تفاوت میان قیمت خریدوفروش وجود دارد؛ زیرا زمانی که عدم تقارن اطلاعاتی افزایش می‌یابد، شکاف میان قیمت خریدوفروش نیز افزایش می‌یابد. شکاف میان قیمت خریدوفروش به طور وسیعی برای اندازه‌گیری درجه کارایی بازار مورد استفاده قرار می‌گیرد. با کاهش عدم تقارن اطلاعاتی، تمایل به خریدوفروش اوراق بهادار و در نتیجه حجم معاملات افزایش خواهد یافت؛ به عبارت دیگر، یک رابطه منفی میان این دو معیار وجود دارد. نوسان قیمت سهام به عنوان تغییرات (یا انحراف معیار) بازده یک اوراق بهادار در یک دوره زمانی مشخص است. عموماً نوسانات نمایش‌دهنده عدم اطمینان یا ریسک در بازار سرمایه است. اگر عدم تقارن اطلاعاتی در بازار سرمایه پایین و بازار کارا باشد، نوسان قیمت سهام تمایل به کاهش دارد.

۳- پیشینه و تحقیق‌های مرتبط

۳-۱- مرور پیشینه پژوهش‌های داخلی

قائمی و وطن پرست (۱۳۸۴) به بررسی نقش اطلاعات حسابداری در کاهش عدم تقارن اطلاعاتی در بورس اوراق بهادار تهران پرداختند. آنها در پژوهش خود وجود عدم تقارن اطلاعاتی و تأثیر آن بر قیمت سهام و حجم معاملات را در ۲۱ روز قبل و بعد از اعلان سود برآوردی هر سهم شرکت‌ها مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که در طی دوره‌ی مورد مطالعه، عدم تقارن اطلاعاتی در بورس اوراق بهادار تهران بین سرمایه‌گذاران وجود داشته و این امر در دوره‌های قبل از اعلان سود به مراتب بیشتر از دوره‌های پس از اعلان می‌باشد.

رسائیان (۱۳۸۵) به بررسی رابطه میان اطلاعات مالی و اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام در بورس اوراق بهادار تهران پرداخت. نتایج این پژوهش بیانگر این مسئله است که مدلی که شامل کلیه متغیرهای مستقل می‌باشد، ۶۸ درصد تغییرات در اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام را اندازه‌گیری می‌کند.

احمدپور و رساییان (۱۳۸۸) در پژوهش خود، با استفاده از مدل داده‌های پانل (مدل خطی) و داده‌های آماری ۱۵۶ شرکت در دوره ۸۴-۱۳۸۱، به بررسی متغیرهای مؤثر بر اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش پرداخته و بدین نتیجه رسیدند که ارزش بازار شرکت دارای اثر منفی، ضعیف و معنی‌دار بر اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش در بین شرکت‌های بورسی منتخب می باشد.

رهنمای رودپشتی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداختند و نشان دادند با استفاده از الگوریتم ژنتیک می‌توان عملکرد بهتری نسبت به روش‌های سنتی به دست آورد.

رمضانی و یعقوبی (۱۳۹۳) مقاله‌ای تحت عنوان الگوریتم کیاتیک بهینه‌سازی پرندگان داشتند که در آنیک روش جدید بهینه‌سازی پرندگان بر اساس نگاشت آشوب ارائه دادند. هدف اصلی استفاده از این روش، بهبود سرعت همگرایی الگوریتم بود.

رضایی و راحتی (۱۳۹۳) مقاله‌ای تحت عنوان ترکیب الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته ارائه دادند و در پژوهش خود ترکیبی از دو تکنیک بهینه‌سازی ابتکاری به نام‌های الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرات استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که مقایسه کارایی الگوریتم ترکیبی بیشتر از الگوریتم ژنتیک و ازدحام ذرات است.

۳-۲- مرور پیشینه پژوهش‌های خارجی

مانسینی و اسپرانزا (۱۹۹۹) در پژوهشی تحت عنوان «الگوریتم‌های ابتکاری برای مسئله انتخاب سبدهای سهام دارای محدودیت حداقل مقادیر معامله»، نسبت به اصلاح مدل‌های انتخاب سبد سهام بهینه اقدام کردند. پژوهش آنها نشان داد که پیچیدگی محاسباتی بسیار زیاد مسئله می‌تواند از دستیابی به پاسخ‌های بهینه در مدت‌زمان معقول جلوگیری کند. آنها در اثبات ضرورت و مطلوبیت الگوریتم‌های ابتکاری، به این نتیجه رسیدند که مسئله انتخاب پرتفوی با حداقل مقادیر معاملاتی یک مسئله کاملاً غیرخطی می‌باشد.

کو، چن و هوآنگ (۲۰۰۱) در مقاله‌ای با عنوان «یک سیستم هوشمند پشتیبان تصمیم‌گیری معاملات سهام با بکارگیری و اجتماع الگوریتم‌های ژنتیک مبتنی بر شبکه عصبی فازی و شبکه عصبی مصنوعی»، به ایجاد سیستمی مشاوره‌ای در خصوص حفظ، فروش یا خرید سهام در بازار بورس مبادرت نمودند. ویژگی سیستم ایجاد شده، فراهم نمودن امکان کمی کردن متغیرهای کیفی دخیل در پیش‌بینی قیمت سهام است.

ادیسینگ (۲۰۰۸) در مقاله خود تحت عنوان انتخاب سبد سهام بر اساس شاخص قدرت مالی با بکارگیری تحلیل پوششی داده‌ها، از یک سری نسبت‌های مالی به منظور تخمین قدرت مالی شرکت‌ها و همبستگی این معیارها با بازده واقعی سهام، استفاده نمودند. نسبت‌های مالی به کار گرفته شده در این پژوهش در ۶ دسته قرار گرفته که در برگیرنده معیارهای سودآوری، معیارهای

کارایی عملیاتی، معیارهای نقدینگی، معیارهای اهرمی، معیارهای چشم‌انداز شرکت و معیارهای رشد می‌باشند.

چیم و همکارانش (۲۰۰۹) الگوریتم پرندگان را برای کاربردهای محاسباتی مالی مورد استفاده قرار دادند. هدف آن‌ها از این پژوهش، پیش‌بینی سری‌های زمانی قیمت سهام و تشکیل پرتفوی بهینه بود. نتایج این پژوهش ثابت کرد که قیمت سهام به صورت آشوب‌گونه نوسان دارد و با استفاده از روش‌های آموزش، آزمایش و ارزیابی الگوریتم پرندگان، می‌توان الگویی را ارائه کرد که دارای کمترین خطای پیش‌بینی و دقت بالا باشد.

چانگ و لی (۲۰۱۲) در مقاله‌ای موضوع انتخاب پرتفوی مناسبی از پروژه‌ها را بررسی کردند. کانون توجه آن‌ها بر حل این مشکل استوار بود که سازمان‌ها در به‌کارگیری منابع سرمایه‌ای با محدودیت روبرو هستند. با استفاده از الگوریتم کلونی زنبورعسل و هوش مصنوعی، فرایندی مقایسه‌ای در خصوص مسئله بهینه‌سازی در صنعت مورد بررسی صورت پذیرفت.

حجازی و همکاران (۲۰۱۴) از الگوریتم ABC، برای بهینه‌سازی الگوریتم حداقل مربعات ماشین دارای بردار پشتیبان (LSSVM)[۹] جهت پیش‌بینی قیمت روزانه سهام استفاده نمودند. در مقابل، از مدل LSSVM مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی ذرات (PSO)[۱۰] و تکنیک‌های ANN نیز استفاده نمودند. ایشان مدل پیشنهادی خود را با بیست مجموعه داده از بخش‌های مختلف در بازار سهام S&P500 آزمون نمودند. نتایج ارائه شده در این مقاله نشان می‌دهد که مدل ارائه شده مبتنی بر ABC از سرعت همگرایی سریع‌تر و دقت بیشتر در پیش‌بینی برخوردار است.

شاه و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهش خود با استفاده از یک مدل تلفیقی شبکه عصبی مصنوعی ANN و الگوریتم ABC (که برای بهینه‌سازی تابع معیار مدل ANN استفاده شده است)، اقدام به پیش‌بینی شاخص بورس عربستان نمودند و نتایج این پیش‌بینی را با سایر مدل‌های غیرخطی ناپارامتریک مقایسه نموده و بدین نتیجه رسیدند که مدل شبکه عصبی مبتنی بر بهینه‌سازی ABC دارای برازش و نتایج بهتری است.

۴- بیان مسئله و فرضیه‌ها

فرضیه اول: مدل غیرخطی مبتنی بر بهینه‌سازی با الگوریتم زنبورعسل مصنوعی (ABC) دارای نتایج بهتری نسبت به مدل خطی است.

فرضیه دوم: درصد سهام در دست دارند گانبلوک سهام، تعداد سهام کل شرکت، اهرم مالی و شاخص نقدشوندگی دارایی‌ها بیشترین تأثیر در افزایش اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام دارند.

فرضیه سوم: اندازه شرکت هیچ تأثیر معنی‌داری بر اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام شرکت ندارد.

۵- روش اجرای تحقیق

۵-۱- مدل‌سازی تجربی و روش پژوهش

۵-۱-۱- ارائه مدل غیرخطی اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام

به لحاظ نظری می‌توان مدل اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام را به صورت زیر بیان نمود:

$$BAS = f(X_i)$$

که BAS اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام بوده و تابعی از بردار متغیرهای اثرگذاری X است. شکل تجربی این تابع می‌تواند خطی یا غیرخطی باشد. مدل‌های مرسوم اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش که در مطالعات بخش قبل ارائه شدند، اغلب خطی هستند. یک نوآوری این مقاله ارائه یک فرم غیرخطی با استفاده از تبدیل فوریه است. این مدل‌سازی به دلیل افزایش همگنی سنجش متغیرها در فضای قطبی، از دقت بیشتری در تعیین ضرایب اثرگذاری متغیرهای X در تابع BAS برخوردار هستند.

در حالت مدل‌سازی خطی، همانطور که احمدپور و رساییان (۱۳۸۸)، بولن و همکاران (۲۰۰۲)، دادبه و همکاران (۲۰۱۳) و وانگ (۲۰۰۰) نشان دادند، می‌توان مدل خطی تابع فوق را به صورت رابطه ۱ ارائه نمود:

$$BAS_{it} = \alpha_{0i} + \sum_{j=1}^{J} \alpha_j X_{jit} + \varepsilon_{it} \qquad (1)$$

مدل ۱ یک مدل اقتصادسنجی رگرسیونی داده‌های پانل[11] است. i تعداد شرکت‌های نمونه و t اندیس زمان می‌باشد. j تعداد متغیر مستقل اثرگذار (در این مقاله ۱۵) است. α_i ها ضرایب مدل بوده که باید برآورد شوند. ε بردار جملات اختلال (که در نمونه به جملات پسماند e تبدیل می شوند). در مدل داده‌های پانل، تفاوت مدل برای مقاطع یا زمان به صورت اثرات ثابت و یا تصادفی[12] برآورد می‌شوند.

چنانچه می‌دانیم، بهترین مدل، مدلی است که به ازای هر دوره، هر متغیر مستقل و هر مقطع (در اینجا شرکت) ضریبی متفاوت داشته باشد. در داده‌های پانل علی‌رغم نیرومندی این مدل‌ها، امکان برآورد چنین مدل انعطاف‌پذیری، به دلیل محدودیت درجه آزادی مدل[۱۳]، وجود ندارد.
با این توصیف، مدل ۱ را می‌توان به صورت مدل غیرخطی ناپارامتریک رابطه ۲ ارائه نمود:

$$BAS_{it} = \sum_{j=0}^{J} (\alpha_{jit}) X_{jit} + \varepsilon_{it} \qquad (۲)$$

در این مدل، به تعداد شرکت‌ها و متغیرهای مستقل، ضریب α محاسبه می‌گردد. در ظاهر، مدل فوق یک مدل خطی است اما از آنجا که α_jها می‌توانند آزادانه برای هر مقطع (i) و حتی برای هر دوره (t) برآورد شوند، مدل فوق یک مدل ذاتاً غیرخطی ناپارامتریک محسوب می‌گردد. از آنجاکه هدف ما در این مقاله بررسی اثرات زمانی متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته نیست، ضرایب تنها برای شرکت‌ها و متغیرهای مستقل برآورد خواهند شد.

برای همگن نمودن متغیرها و قابلیت مقایسه ضرایب α_i با یکدیگر، از عملگر ریاضی لگاریتم مقادیر متغیرها (هم متغیر مستقل اثرگذار X_i و متغیر وابسته BAS) و یا از روش نرمال‌سازی بر مبنای روش نرمال استاندارد، استفاده می‌نمایند. از آنجا که عملگر لگاریتم مقادیر صفر و منفی را در بر نمی‌گیرد، در این مقاله از روش نرمال‌سازی استفاده شده است.

همانطور که از ادبیات اقتصادسنجی می‌دانیم، α_iها اغلب با استفاده از روش بهینه‌یابی مبتنی بر حداقل مربعات[۱۴] جملات اختلال (پسماند در نمونه) برآورد می‌شوند. یک نوآوری این مقاله استفاده از الگوریتم بهینه‌یابی ناپارامتریک کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) به جای روش بهینه یابی پارامتریک حداقل مربعات است. الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) یکی از جدیدترین و کارآمدترین روش‌های بهینه‌سازی مبتنی بر مبنای هوش تجمعی مصنوعی می‌باشد. روش مذکور این قابلیت را دارد که تعداد بیشتری از پارامترها را بدون توجه به درجه آزادی مدل برآورد نماید.
تابع هدف در اینجا همانند مدل خطی مجموع مربعات خطا (پسماند در نمونه) است که باید حداقل گردد؛ به عبارت دیگر، هدف عبارت است از:

$$\underset{\alpha_{ji}}{Min}: \quad ABC\ Cost\ Function = \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T} \varepsilon_{it}^2 \qquad (۳)$$

۵-۲- متغیرهای پژوهش

در این پژوهش، متغیر وابسته «درصد اختلاف نسبی قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام» است. این متغیر با استفاده از فرمول ۴ که در پژوهش‌های مختلفی همچون استل[۱۵] (۱۹۸۷)، مورس و آشمن[۱۶] (۱۹۸۳)، ونکاش و چیانگ[۱۷] (۱۹۸۶)، استل (۱۹۸۹)، ریان[۱۸] (۱۹۹۶) و بون۱۹ (۱۹۹۸) و برخی پژوهش‌های داخلی همچون قائمی و وطن‌پرست (۱۳۸۴) ورساییان (۱۳۸۵) به کار گرفته شده است، محاسبه می‌گردد:

$$BAS_{it} = \frac{AP - BP}{\frac{AP + BP}{2}} \qquad (۴)$$

که در فرمول ۴ داریم:

i=شرکت مورد بررسی،

t= دوره مورد بررسی،

BAS = اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش نسبی سهام،

AP = بهترین قیمت پیشنهادی فروش سهام شرکت i،

BP= بهترین قیمت پیشنهادی خرید سهام شرکت i.

از ارقام به دست آمده میانگین روزانه سهام به دست می‌آید و در نهایت برای روزهای مختلف میانگین‌گیری می‌شود و رقم نهایی در تحلیل آماری برای سال مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این بخش، متغیرهایی که در پژوهش مورد استفاده قرار گرفته‌اند را ارائه می‌دهیم. در مراحل ابتدایی پژوهش و پیش از انتخاب متغیرهای مستقل مناسب، متغیرهای مستقل عبارت بودند از: میانگین تعداد دفعات انجام معاملات روزانه، میانگین گردش روزانه سهام، میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام، آخرین قیمت، تغییرپذیری قیمت (نوسانات قیمت)، اندازه شرکت (حجم دارایی‌های شرکت)، اهرم مالی، نسبت جاری، درصد سهام در دست دارندگان بلوک سهام، نسبت وجوه نقد به کل دارایی‌ها، رتبه نقدشوندگی، نسبت قیمت به سود خالص هر سهم (P/E)، تعداد سهام کل شرکت، حجم مبنا و ارزش ویژه؛ اما همانطور که در بخش بعد اشاره خواهیم نمود، با استفاده از آماره‌های t، F و معیار نیکویی برازش R^2 تعدیل‌شده، متغیرهای مستقل ذیل انتخاب شده‌اند.

۱) میانگین گردش روزانه سهام (DTS)[۲۰]: میانگین نسبت تعداد سهام دادوستد شده در هر روز بر میانگین موزون تعداد سهام منتشره شرکت.

۲) میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام (*RTV*)[۲۱]: میانگین سالانه حجم ریالی معاملات در هر روز برای سال مورد نظر.
۳) آخرین قیمت (*CP*)[۲۲]: میانگین سالانه آخرین قیمت روزانه هر سهم شرکت.
۴) رتبه نقدشوندگی (*LR*)[۲۳]

$$X_{14} = \frac{1}{\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\frac{1}{L_3}+\frac{1}{L_4}+\frac{1}{L_5}+\frac{1}{L_6}} \qquad (۵)$$

عددی است که میزان نقد شدن یک سهم در بازار را نشان می‌دهد. برای محاسبه این نسبت از مقادیری همچون تعداد خریداران (L_1)، تعداد دفعات معامله‌شده (L_2)، تعداد روزهای معامله‌شده (L_3)، تعداد سهام معامله‌شده طی دوره (L_4)، حجم معاملات طی دوره (L_5) و میزان ارزش روز (L_6) استفاده می‌شود. پس از محاسبه فرمول فوق برای هر شرکت یک ضریب محاسبه و سپس با مرتب کردن آن برای شرکت‌ها بر اساس بیش‌ترین ضریب، اولین رتبه و رتبه‌های بعدی محاسبه می‌شود.

۵) نسبت قیمت به سود خالص هر سهم (*PE*)
۶) تعداد سهام کل شرکت (*NS*)
۷) ارزش ویژه (*NV*): نسبت حقوق صاحبان سهام بر تعداد سهام شرکت.

۵-۳- مدل‌سازی داده‌های پانل

با توجه به معادله ۱ می‌توان دریافت که نوع داده‌های مورد استفاده به صورت داده‌های تابلویی می‌باشند که از ادغام داده‌های سری زمانی و مقطعی به وجود می‌آیند، لذا مدل اقتصادسنجی به کار رفته در برآورد مدل مذکور، مدل رگرسیون داده‌های پانل است. داده‌های تابلویی برای افزایش حجم نمونه و دستیابی به نتایج بهتر، بسیار مفید هستند. البته برای برآورد مدل بر اساس داده‌های تابلویی، روش‌های متفاوتی ارائه شده‌اند که بنا به مورد و هدف مطالعه قابلیت کاربرد دارند. این روش‌ها را در زیر به طور مختصر بررسی می‌نماییم.

۵-۳-۱- رگرسیون ادغام شده[۲۴] (رگرسیون مقید معمولی):

مدل رگرسیونی پانل در این مقاله را می‌توان به صورت رابطه ۶ نمایش داد:

$$Y_{it} = \alpha + X_{it}\beta + u_{it,} \quad u_{it} \sim N(0, \sigma_u)$$

$$X'_{it} = [x_{1it}x_{2it} \dots x_{kit}] \quad (۶)$$
$$\beta' = [\beta_1\beta_2 \dots \beta_k]$$

اندیس i و t نیز به ترتیب نمایانگر مقطع (استان/شرکت) و زمان هستند. در مدل فوق ضرایب و عرض از مبدأ برای کلیه مقاطع یکی در نظر گرفته می‌شود و می‌توان این مدل را با تکنیک حداقل مربعات معمولی برآورد نمود. در حقیقت این مدل یک مدل کاملاً مقید است.

۵-۳-۲- رگرسیون اثرات ثابت[۲۵]

اما در اغلب موارد، ممکن است عرض از مبدأ و ضرایب از مقطعی به مقطع دیگر و یا از زمانی به زمان دیگر متفاوت باشند. در این صورت از مدل اثرات ثابت استفاده می‌کنند. این مدل را می‌توان به صورت رابطه ۷ نمایش داد:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + Z_i\alpha + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}, z_i 1, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\varepsilon) \quad (۷)$$
$$u_{it} = \varepsilon_{it}, z \quad = 0, u_{it} \sim N(0, \sigma_u)$$

Z_i نشان‌دهنده اثرات مشاهده نشده‌ای است که به X_{it} وابسته بوده و در صورت یکی نبودن نمایانگر آن است که ضریب عرض از مبدأ برای هر شرکت، در طول زمان ثابت بوده اما در مقطع متفاوت می‌باشند. در حقیقت هر شرکت دارای ویژگی‌های منحصربه‌فرد نسبت به شرکت دیگر است. تخمین این مدل با روش حداقل مربعات معمولی موجب دستیابی به پارامترهای تورش‌دار و ناسازگار می‌گردد. لذا در این مدل از روش حداقل مربعات با متغیرهای مجازی (LSDV) استفاده می‌کنند. در حقیقت برای بیان وجود و یا عدم وجود صفت مورد نظر (چه در مقطع و چه در زمان) از متغیرهای مجازی استفاده می‌نمایند.

۵-۳-۳- مدل اثرات تصادفی[۲۶]

اگر چه کاربرد مستقیم روش LSDV ممکن است، اما این مدل می‌تواند از لحاظ درجه آزادی پرهزینه باشد. از طرفی می‌توان گفت که ورود متغیرهای مجازی به دلیل فقدان اطلاعات و دانش ما درباره مدل حقیقی می‌باشند. برخی معتقدند که می‌توان این فقدان دانش و اطلاعات را در جمله اختلال بیان نمود. این رهیافت ما را به مدل اثرات تصادفی هدایت می‌کند. بنابراین معادله ۷ را می‌توان به صورت رابطه ۸ بیان نمود:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + u_{it}$$
$$u_{it} = \alpha_i + \varepsilon_{it}, \varepsilon_{it} \sim N(0, \sigma_\delta), \alpha_i \sim N(0, \sigma_\alpha) \quad (۸)$$

به جای آنکه فرض کنیم α_i ثابت است، فرض می‌کنیم که متغیری تصادفی با مقدار میانگین α و خطای معیار σ_α است. به دلیل وجود همبستگی بین مشاهدات سری زمانی هر مقطع، بایستی از روش حداقل مربعات تعمیم‌یافته (GLS) استفاده کرد.

قبل از آن‌که به تخمین معادلات بپردازیم، بایستی مدل مناسب و شیوه تخمین آن انتخاب گردد. برای انتخاب مدل از بین سه مدل فوق ابتدا از آزمون رگرسیون مقید، استفاده کرده و مشخص می‌نماییم که از روش حداقل مربعات معمولی باید استفاده کرد یا LSDV (و یا GLS). در حقیقت با این آزمون می‌توانیم تشخیص دهیم که ضرایب در مقطع یا زمان تغییر می‌کنند و یا خیر. بنابراین می‌توان فرض صفر و فرض مقابل را به صورت زیر طرح‌ریزی نمود:

$$H_0 : \alpha_1 = \ldots = \alpha_n = 0 \quad \Rightarrow OLS$$
$$H_1 : \alpha_i \neq \alpha_j \quad \Rightarrow FE \text{ or } RE$$

این آزمون نظیر آزمون متغیر مجازی است و یک آزمون رگرسیون مقید می‌باشد. آماره آن به صورت رابطه ۹ است:

$$F_{(n-k),(nt-n(k+1))} = \frac{(RSS_R - RSS_U)/(n-1)k}{RSS_U/(nt-n(k+1))} \quad (۹)$$

که در این تابع n تعداد شرکت‌ها، t طول دوره و k تعداد پارامترها است. در ادامه در صورت عدم پذیرش فرض صفر آزمون فوق، بایستی به آزمون این موضوع بپردازیم که مدل مورد نظر باید با اثرات ثابت باشد یا با اثرات تصادفی. برای این آزمون از آزمون هاسمن (۱۹۷۸) استفاده می‌کنیم. در مدل اثرات تصادفی فرض اساسی آن است که $E(\varepsilon_{it}|X_{it}) = 0$ است. این بدان معنی است که ارتباطی بین جزء اختلال مربوط به عرض از مبدأ (و یا سایر ضرایب) و متغیرهای توضیحی وجود ندارد و آنها از یکدیگر مستقل هستند. در غیر این صورت با مشکل ناسازگاری ضرایب رگرسیون تعمیم‌یافته مواجه خواهیم شد که در آن صورت بهتر است از مدل اثرات ثابت استفاده شود. فرض صفر این آزمون عبارت است از:

$$H_0 : Plim\hat{q} = 0, \quad (\hat{q} = \alpha_{GLS} - \alpha_{LSDV}) \quad (۱۰)$$

که α_{LSDV} و α_{GLS} به ترتیب ضرایب حاصل از روش‌های اثرات ثابت و اثرات تصادفی (مدل رگرسیونی تعمیم‌یافته) می‌باشند. در صورت برقراری فرض صفر، به‌کارگیری GLS یا LSDV پارامترهایی را نتیجه می‌دهند که حد احتمال آنها یکی است. ولی معمولاً اثرات ثابت به کار می‌رود، زیرا که علاوه بر سازگاری دارای واریانس کمتری می‌باشد (کاراتر است). هاسمن فرضیه فوق را با استفاده از تابع نمونه‌ای از نوع والد به صورت رابطه ۱۱ آزمون کرد:

$$W = \hat{q}'[VaR(\hat{q})]^{-1}\hat{q} \sim \chi^2_{Rank(Var(\hat{q}))} \qquad (۱۱)$$

در صورت عدم پذیرش فرض صفر، روش اثرات ثابت سازگار و اثرات تصادفی ناسازگار بوده و لذا بایستی از مدل اثرات ثابت استفاده کرد.

۵-۳-۴- انتخاب متغیرهای مستقل در مدل خطی داده‌های پانل

برای انتخاب متغیرهای مستقل مناسب از آماره‌های t و F و معیار خوبی برازش $\overline{R}^2$ بهره می‌گیریم. شیوه کار بدین صورت است که ابتدا کلیه متغیرهای مستقل را در مدل به کار برده و سپس متغیری که کمترین آماره t دارد را حذف می‌کنیم. این کار را تا جایی ادامه می‌دهیم که اولاً کلیه ضرایب متغیرهای مستقل در سطح ۱۰٪ معنی‌دار بوده و ثانیاً در صورت حذف هر متغیر مستقل باقی‌مانده از مدل، معیار $\overline{R}^2$ و F به شدت کاهش یابند.

۵-۴- الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)

یک روش برای بهینه‌سازی یک سیستم مبتنی بر ریاضیات استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری از جمله الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC)[۲۷] است. در حقیقت، در این مقاله، به جای بهینه‌سازی حداقل مربعات در مدل خطی، از بهینه‌سازی ناپارامتریک بر مبنای الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی (ABC) برای برآورد اثر هر متغیر مستقل بر متغیر وابسته، استفاده می‌شود.

الگوریتم کلونی زنبورهای مصنوعی (ABC) یک الگوریتم جستجو است که رفتار گروه‌های زنبورعسل را در جستجوی مواد غذایی با الهام از طبیعت شبیه‌سازی می‌کند. کارابوگا[۲۸] (۲۰۰۵). این الگوریتم توسط محققان مختلف استفاده شده و عملکرد آن تأیید شده است. کارابوگاوباستورک[۲۹] (۲۰۰۷). از این روش برای بهینه‌سازی کارکردهای عددی استفاده کرده و آن را با الگوریتم‌های بهینه‌سازی حرکت تجمعی ذرات (PCA)[۳۰] و ژنتیکی مقایسه کرده و نتیجه گرفتند که الگوریتم ABC عملکرد بهتری دارد. پژوهشگران متعددی از الگوریتم ABC برای حل

مشکلات بهینه‌سازی استفاده نموده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که این الگوریتم عملکرد بهتری دارد. رحمانی[۳۱] (۲۰۱۹).

در این الگوریتم، متغیرها به عنوان یک منبع غذایی در نظر گرفته می‌شوند. مقدار شهد منبع غذایی بیانگر احتمال یا میزان برازش[۳۲] راه‌حل (مقدار تابع به ازای راه‌حل) است. هر منبع غذایی فقط توسط زنبورعسل کارگر استخراج می‌شود؛ به عبارت دیگر، تعداد زنبورهای کارگر در اطراف کندو با تعداد منابع غذایی برابر است. این الگوریتم شامل سه گروه زنبورهای کارگر[۳۳]، ناظر[۳۴] و پیشاهنگ[۳۵] است. در ابتدا، مجموعه‌ای از منابع غذایی به طور تصادفی انتخاب می‌شوند. زنبورهای کارگر به آنها مراجعه کرده و مقدار شهد را محاسبه می‌کنند. سپس زنبورها به کندو برمی‌گردند و اطلاعات را با دیگران، یعنی زنبورهای ناظر به اشتراک می‌گذارند. در مرحله دوم، پس از تبادل اطلاعات، هر زنبور کارگر به یک منبع سفر می‌کند. بر اساس اطلاعات بصری به دست آمده از محیط، آنها می‌توانند یک منبع جدید را در مجاورت منبع انتخاب شده از قبل، انتخاب کنند. این بدان معنی است که بسته به رنگ و نوع گل، زنبورعسل تصمیم می‌گیرد که به آن منبع برود یا منبع جدیدی را انتخاب کند. در مرحله سوم، با توجه به اطلاعاتی که از رقص زنبورهای کارگر بر روی منبع غذایی، به دست می‌آید، زنبورهای ناظر طیف وسیعی از منابع غذایی را بر اساس شهد آنها ترجیح می‌دهند. هنگامی که یک منبع به پایان می‌رسد یا رها می‌شود، منبع جدیدی که به طور تصادفی توسط زنبورهای پیشاهنگ کشف شده است، جایگزین منبع قبلی می‌گردد. این چرخه تا زمان تحقق الزامات تکرار می‌شود. در این مدل، در هر چرخه، حداکثر یک زنبورعسل پیشاهنگ وجود دارد و تعداد زنبورهای کارگر با ناظر برابر است. الگوریتم ABC با اولین جمعیت پاسخ‌های تصادفی شروع می‌شود. با تکرار روند، پاسخ‌های تصادفی سعی در بهبود دارند و اولین جمعیت بر اساس معادله ۱۲ ایجاد می‌شود:

$$X_{ij} = X_j^{min} + rand(0,1)(X_j^{min} - X_j^{min}) \qquad (۱۲)$$

که SN اندازه جمعیت اولیه و $j = 1,2,\dots,D$ است و D و DDD وتع تعدادارامترها (در اینجا ضرایب متغیرها-a) است ؛X_j^{min}کران پایین و X_j^{max} کران بالای پارامترهای مسئله است. $rand(0,1)$ تولیدکننده عدد تصادفی یکنواخت بین صفر و یک است.

عملکرد هر زنبور به شرح زیر است:

۸) زنبور کارگر

در مرحله زنبور کارگر، هر زنبور کارگر در جستجوی راه‌حل‌هایی در مجاورت راه‌حل موجود در حافظه خود است، یعنی در این مرحله برای هر X_{ij} (راه‌حل‌های موجود در حافظه)، یک محیط (منبع غذایی) جدید (v_{ij}) مطابق با معادله ۱۳:

$$v_{ij} = x_{ij} + \emptyset_{(i,j)}(x_{ij} - x_{kj}) \qquad (۱۳)$$

که k=1, 2, 3,…, SN، یک محدوده برای جمعیت است و به طور تصادفی انتخاب می‌شود. $\emptyset_{(i,j)}$یک عدد تصادفی در بازه [-1,1] است که رفتار تصادفی برای منابع غذایی جدید و یا پاسخ‌های جدید در اطراف یک منبع یا پاسخ قبلی را کنترل می‌کند. در پایان، با انتخاب حریصانه بر اساس اولویت بین x_{ij} و v_{ij}، هرکدام که باکیفیت‌تر باشند انتخاب می‌شوند. معیار اولویت‌بندی از معادله ۱۴ محاسبه می‌شود:

$$Fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1+f(x_i)} & if \quad f(x) \geq 0 \\ 1 + f(x_i) & if \quad f(x) < 0 \end{cases} \qquad (۱۴)$$

که $f(x_i)$ مقدار تابع هدف ($\sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{T}\varepsilon_{it}^2$) برای راه‌حل است. پس از اتمام مراحل جستجو، زنبورهای مخاطب اطلاعات را ارزیابی می‌کنند و با یک احتمال متناسب با کیفیت شهد منابع غذایی (راه‌حل به دست آمده)، یکی از منابع غذایی را انتخاب می‌کنند. احتمال رابطه از معادله ۱۵ به دست می‌آید.

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{i=1}^{SN} fit_i} \qquad (۱۵)$$

۹) زنبورعسل ناظر

زنبورعسل ناظر به طور تصادفی یک راه‌حل را انتخاب می‌کند و مطابق معادله ۱۳ به دنبال یک محیط پیرامونی برای راه‌حل انتخاب شده است. مطابق فرمول ۱۴، راه‌حل واجد شرایط‌تر انتخاب می‌شود. برای جلوگیری از به دام افتادن در بهینه محلی، راه‌حلی که مقدار تابع آن (شهد آن) کمتر از مقدار معینی باشد، کنار گذاشته شد. زنبورهای کارگری که مسئول راه‌حل‌های انتخاب شده هستند، به زنبورهای پیشاهنگ تبدیل می‌شوند. با استفاده از یک جستجوی تصادفی مطابق با معادله ۱۲، یک راه‌حل جدید انتخاب شده و جایگزین راه‌حل معادل در حافظه می‌شود. عدد مقدار راه‌حل حذف شده معادل صفر در نظر گرفته می‌شود. در هر الگوریتم بهترین پاسخ حفظ می‌شود. مراحل اصلی اجرای الگوریتم کلونی زنبورعسل مصنوعی را می‌توان به شرح زیر بیان کرد:

- مقداردهی اولیه
- ارزیابی جمعیت

- چرخه = ۱
- تکرار
- تولید راه‌حل جدید توسط زنبورهای کارگر با استفاده از معادله ۱۳ و ارزیابی آن
- ارزیابی راه‌حل‌های جدید و قدیمی با استفاده از معادله ۱۴
- محاسبه مقدار احتمال راه‌حل‌ها با استفاده از معادله ۱۵
- برای هر زنبورعسل ناظر، یک راه‌حل جدید با استفاده از معادله ۱۳ تهیه می‌شود و احتمالاً مقدار آن محاسبه می‌شود.
- ارزیابی راه‌حل‌های قدیمی و جدید با استفاده از معادله ۱۴
- تعیین حد برای زنبورعسل پیشاهنگ و مشخص نمودن این‌که آیا راه‌حل باید رها یا پیگیری شود.
- خلاصه‌سازی پاسخ‌ها
- چرخه = چرخه +۱
- ادامه دادن تا زمانی که چرخه برابر با MCN شود.

در فرآیند بهینه‌سازی باید حدود بالا و پایین حوزه جستجوی تابع نیز تعیین گردد که در این مقاله دامنه [0,0/1] انتخاب شده است. از طرف دیگر پاسخ‌های اولیه تصادفی که در الگوریتم زنبورعسل همان تعداد زنبورهای اولیه است، برابر عدد ۲۰۰ انتخاب شده و حد انتخاب زنبورهای طلایه‌دار در فرآیند بهینه‌سازی زنبورعسل نیز برابر ۳۰ انتخاب گردیده است. این حدود به صورت تجربی انتخاب شده‌اند.

۵-۵- معیارهای ارزیابی پیش‌بینی مدل‌ها

۱) میانگین مجذور خطا (MSE)[۳۶]

از آنجا که قصد مقایسه نتایج خروجی پیش‌بینی دو مدل آماری را داریم، از دو مدل از معیارهای میانگین مجذور خطا (MSE) و جذر میانگین مجذور خطا (RMSE)[۳۷] و تجزیه آن استفاده می نماییم. میانگین مجذور خطای پیش‌بینی از رابطه ۱۶ محاسبه می‌شود:

$$MSE = E\left[(\widehat{BAS} - BAS)^2\right] \quad ; \quad RMSE = \sqrt{MSE} \qquad (۱۶)$$

۲) میانگین مطلق خطا (MAE)[۳۸] و میانگین مطلق درصد خطا (MAPE)[۳۹]

$$MAE = E\left[\left|\widehat{BAS} - BAS\right|\right] \qquad (۱۷)$$

$$MAPE = 100E\left[\left|\frac{\widehat{BAS} - BAS}{BAS}\right|\right] \qquad (۱۸)$$

دو معیار اول به مقیاس متغیر وابسته بستگی دارند. این دو معیار باید به عنوان معیارهای نسبی برای مقایسه پیش‌بینی‌های مدل‌های مختلف استفاده شوند و هرچه کوچکتر باشند، توانایی پیش‌بینی آن مدل با توجه به آن معیار بهتر است. معیار MAPE در مقیاس ثابت است.

- تجزیه MSE

اگر چه معیار MSE یا همان RMSE برای مقایسه مدل‌های مختلف با یکدیگر به کار می‌رود اما اگر در بازه (۱ و ۰) به نسبت‌های تورش[۴۰]، واریانس[۴۱] و کوواریانس[۴۲] خطا تفکیک شود، معیار مناسب‌تری برای بررسی قدرت توضیح‌دهندگی و پیش‌بینی مدل ارائه خواهد داد:

الف- نسبت سنجش تورش: بیان می‌دارد که میانگین پیش‌بینی چقدر از میانگین داده‌های واقعی دور است. در حقیقت این معیار درصد خطای سیستماتیک را در پیش‌بینی مدل نمایش می‌دهد.

ب- نسبت واریانس: بیان می‌کند که واریانس پیش‌بینی چقدر از واریانس داده‌های واقعی دور است. این بخش خطای گذرا (تصادفی) و غیر سیستماتیک را نمایش می‌دهد.

ج- نسبت کوواریانس: به ما می‌گوید که خطای باقیمانده پیش‌بینی که در دو معیار بالا نیست، در مدل ما چقدر است.

اگر پیش‌بینی یک مدل "خوب" باشد، نسبت تورش و واریانس باید اندک باشند به طوری که بیشتر خطا باید بر روی نسبت کوواریانس متمرکز شود. در حقیقت، زمانی که نسبت تورش زیاد است، بدان معنا است که میانگین پیش‌بینی‌های مدل عملکرد ضعیفی در ردیابی میانگین متغیر وابسته دارد پیندیک[۴۳] ورابین فیلد[۴۴] (۱۹۹۸).

۶- تجزیه‌وتحلیل یافته‌های پژوهش

در این بخش، داده‌های آماری مربوط به ۱۲۹ شرکت که نمونه آماری را تشکیل داده‌اند، برای دوره زمانی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۸۶، مورد پردازش قرار گرفته است تا زمینه تحلیل داده‌ها و برقراری ارتباط بین متغیرها به منظور آزمون فرضیه‌های تحقیق فراهم شود. داده‌های متغیر وابسته و متغیرهای مستقل از منابع قابل اتکا همچون صورت‌های مالی شرکت‌ها و وب‌سایت بورس اوراق بهادار تهران استخراج شده‌اند.

محاسبات اولیه بر روی داده‌های جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گرفته است. سپس از نرم‌افزارهای Matlab،Eviews و Excelبرای برآورد و تحلیل مدل‌ها استفاده شده است.

۶-۱- مقایسه و ارزیابی مدل‌های خطی و غیرخطی

همانگونه که در بخش قبل اشاره شد، در مدل‌های داده‌های پانل، به ازای هر متغیر یک ضریب برآورد می‌شود و در صورتی که بخواهیم به ازای هر متغیر مستقل و هر شرکت (و یا هر دوره

زمانی) یک ضریب برآورد نماییم، با مشکل کاهش شدید درجه آزادی مواجه می‌شویم. با این توصیف در این بخش، به مقایسه نتایج برآورد مدل مبنی بر الگوریتم ABC و مدل داده‌های پانل خواهیم پرداخت. فرایند آزمون‌ها و برآورد مدل داده‌های پانل در این مقاله مطابق با بخش (۵-۳) بوده است. با توجه به انجام آزمون‌های F (اثرات ثابت) و هاسمن (اثرات تصادفی) مدل انتخابی مدل خطی داده‌های پانل با اثرات تصادفی است.

مناسب‌ترین شیوه برای ارزیابی و مقایسه دو مدل استفاده از پیش‌بینی درون نمونه‌ای است. بدین منظور، با استفاده از دو مدل، برای ۶ دوره انتهایی نمونه به طور مجزا، اقدام به پیش‌بینی نموده‌ایم. نتایج معیارهای ارزیابی دو مدل در جدول ۱ آمده است. همانگونه که از جدول ۱ مشخص است، عملکرد دو مدل در سه معیار RMSE، MAE و MAPE تقریباً مشابه هستند. آنچه موجب می‌گردد تا مدل غیرخطی مبتنی بر ABC برتر از مدل خطی باشد، نسبت تورش و نسبت واریانس است. چنانچه در بخش قبل بیان شد، هر دو معیار، درصد خطای سیستماتیک مدل‌ها در پیش‌بینی متغیر وابسته را نشان می‌دهند. به عبارت بهتر، نتایج ارزیابی مدل غیرخطی مبتنی بر الگوریتم ABC، اگرچه در معیارهای MAE و RMSE به ترتیب نسبتاً بهتر و بدتر از مدل خطی است لیکن دارای خطای سیستماتیک بسیار کمتری نسبت به مدل خطی است.

جدول ۱- نتایج مقایسه‌ای مدل غیرخطی با الگوریتم ABC و مدل خطی داده‌های پانل

مدل	دوره پیش‌بینی	MAE	MAPE	MSE			
				RMSE	Bias Prop.	Var Prop.	Cov. Prop.
الگوریتم ABC	۹۶-۱۳۹۱	۰/۰۰۸۷	۴۰/۳۱	۰/۰۱۲۹	۰/0025	۰/۰۴۲۶۲	۰/95488
	۹۶-۱۳۹۲	۰/۰۰۹۱	۳۸/۵۵	۰/۰۱۳۵	۰/۰۰۱۷	۰/۰۸۱۸	۰/۹۱۶۵
	۹۶-۱۳۹۳	۰/۰۰۹۱	۳۳/۴۴	۰/۰۱۴	۰/۰۰۲۶	۰/۰۸۷۹	۰/۹۰۹۵
	۹۶-۱۳۹۴	۰/۰۰۹۲	۳۳/۵۷	۰/۰۱۴۶	۰/۰۱۰۲	۰/۰۹۸۶	۰/۸۹۱۲
	۹۶-۱۳۹۵	۰/۰۰۹۵۵	۳۳/۸۹	۰/۰۱۴۹۸	۰/۰۰۴۸	۰/۰۹۹۷	۰/۸۹۵۵
	۹۶-۱۳۹۶	۰/۰۰۸۸	۳۵/۹۴	۰/۰۱۳۹	۰/۰۲۵۶	۰/۰۳۹۹	۰/۹۳۴۵
مدل خطی داده‌های پانل	۹۶-۱۳۹۱	۰/۰۰۹۲	۴۳/۸۲	۰/0110	۰/2531	۰/2906	۰/4563
	۹۶-۱۳۹۲	۰/۰۰۹۴	۳۸/۴۳	۰/۰۱۱۲	۰/۳۹۱	۰/۱۷۸۸	۰/۴۳۰۲
	۹۶-۱۳۹۳	۰/۰۰۹۷	۳۰/۹۸	۰/۰۱۱۶	۰/۴۰۶۷	۰/۱۵۱۳	۰/۴۴۲
	۹۶-۱۳۹۴	۰/۰۱۰۲	۳۱/۴۹۹	۰/۰۱۲۲	۰/۴۰۵۷	۰/۱۲۵	۰/۴۶۹۳
	۹۶-۱۳۹۵	۰/۰۱۰۵۶	۳۱/۳۶	۰/۰۱۲۶	۰/۴۱۰۸	۰/۱۰۱۲	۰/۴۸۸
	۹۶-۱۳۹۶	۰/۰۱۰۳	۳۲/۸۵	۰/۰۱۲۵	۰/۳۹۱۵	۰/۲۰۶۹	۰/۴۰۱۶

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۶-۲- تحلیل نتایج مدل غیرخطی الگوریتم ABC

در جداول ۲ و ۳ نتایج پیش‌بینی و محاسبات مدل غیرخطی آمده است. در جدول ۲، ۲۰ شرکت با کمترین مقدار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام ارائه شده است. همانگونه که از جدول ۲ مشاهده می‌شود، شرکت‌های سایپادیزل، صنعتی دریایی، سیمان سپاهان، سیمان شمال، سر. پارس توشه، سر. بوعلی، داده‌پردازی ایران، فنرسازی خاور، سرما آفرین و پگاه خراسان در رتبه یک تا ۱۰ دارای کمترین اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام هستند. نکته حائز اهمیت این که برای ۲۰ شرکت با کمترین مقدار BAS، از بین متغیرهای مستقل، بیشترین تأثیر مربوط به متغیر میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام (RTV) بوده است.

برای بررسی بیشتر، تعداد شرکت‌هایی که بیشترین تأثیر را از متغیرهای مستقل پذیرفته‌اند، در جدول ۳ ارائه شده است. بر اساس این جدول، متغیرهای میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام (RTV)، نسبت قیمت به سود خالص هر سهم (PE)، رتبه نقدشوندگی (LR) و میانگین گردش روزانه سهام (DTS) بیشترین تأثیر را بر مقدار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام (BAS) شرکت‌های تحت بررسی را داشته‌اند. این در حالی است که در مدل خطی ، میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام (RTV)، میانگین گردش روزانه سهام (DTS)، تعداد سهام کل شرکت (NS) و ارزش ویژه (NV) بیشترین تأثیر را بر متغیر وابسته (BAS) دارند.

با این توصیف و بر اساس جدول ۳، می‌توان فرضیات مطرح شده در ابتدای مقاله را بررسی نمود:

فرضیه اول: بر اساس نتایج بخش (۶-۲) مدل غیرخطی مبتنی بر بهینه‌سازی با الگوریتم زنبورعسل مصنوعی (*ABC*) دارای نتایج بهتری نسبت به مدل خطی است. لذا این فرضیه تأیید می‌گردد.

فرضیه دوم: ضرایب درصد سهام در دست دارند گانبلوک سهام، تعداد سهام کل شرکت و اهرم مالی در مدل خطی، به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده و نتیجتاً در مدل غیرخطی نیز انتخاب نشده‌اند. همچنین رتبه نقدشوندگی دارایی‌ها نیز چه در مدل خطی و چه غیرخطی دارای بیشترین تأثیر بر متغیر وابسته *BAS* نبوده و لذا فرضیه دوم پذیرفته نمی‌شود.

فرضیه سوم: مشابه با فرضیه دوم، ضریب اندازه شرکت (حجم دارایی‌های شرکت) به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده و نتیجتاً در مدل غیرخطی نیز انتخاب نشده است و لذا اثر این متغیر معادل صفر در نظر گرفته شده است. لذا این متغیر هیچ تأثیر معنی‌داری بر اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام شرکت‌های نمونه ندارد و بنابراین فرضیه سوم پذیرفته می‌شود در عوض تعداد سهام کل شرکت (*NS*) و ارزش ویژه (*NV*) دارای کمترین تأثیر در مدل غیرخطی بر متغیر وابسته *BAS* هستند.

جدول ۲- نتایج پیش‌بینی ۲۰ شرکت اول با کمترین مقدار شکاف قیمت پیشنهاد خریدوفروش (BAS)

رتبه	BAS-ABC	نام شرکت	BAS-Panel Data	نام شرکت
1	1/374%	سایپا دیزل	1/630%	لیزینگ ایران
2	1/467%	صنعتی دریایی	1/658%	سر. پارس توشه
3	1/600%	سیمان سپاهان	1/674%	سر. توسعه صنعتی ایران
4	1/671%	سیمان شمال	1/709%	صنعتی دریایی
5	1/675%	سر. پارس توشه	1/717%	سر. گروه بهشهر
6	1/771%	سر. بوعلی	1/733%	داروسازی کوثر
7	1/774%	داده‌پردازی ایران	1/741%	نوسازی و ساختمان تهران
8	1/819%	فنرسازی خاور	1/776%	داده‌پردازی ایران
9	1/831%	سرما آفرین	1/821%	آبسال
10	1/835%	پگاه خراسان	1/822%	سر. بوعلی
11	1/838%	کیمیدارو	1/833%	پاکسان
12	1/860%	سیمان داراب	1/833%	سر. توکا فولاد
13	1/868%	سر. توسعه صنعتی ایران	1/859%	حمل‌ونقل توکا
14	1/887%	داروسازی کوثر	1/863%	عمران و توسعه فارس
15	1/929%	نوسازی و ساختمان تهران	1/867%	موتورسازان تراکتور
16	1/934%	لیزینگ ایران	1/872%	لاستیک سهند
17	1/952%	عمران و توسعه فارس	1/878%	سیمان سپاهان
18	1/959%	ایران دارو	1/881%	کاشی سعدی
19	1/977%	سر. گروه بهشهر	1/885%	کربن ایران
20	1/990%	پاکسان	1/886%	سیمان هگمتان

منبع: یافته‌های پژوهشگر

جدول ۳- نتایج مدل غیرخطی با الگوریتم ABC: تعداد شرکت‌ها با بیشترین تأثیر از متغیرهای مستقل

ردیف	نام متغیر	تعداد شرکت
۱	آخرین قیمت (CP)	16
۲	میانگین گردش روزانه سهام (DTS)	20
۳	رتبه نقدشوندگی (LR)	20
۴	تعداد سهام کل شرکت (NS)	15
۵	ارزش ویژه (NV)	14
۶	نسبت قیمت به سود خالص هر سهم (PE)	22
۷	میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام (RTV)	22
۸	جمع	129

منبع: یافته‌های پژوهشگر

۷- بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله، ابتدا مبانی نظری اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام بیان شد و سپس در بخش بعد، مهمترین تحقیقات داخلی و خارجی مرتبط ارائه شدند. در ادامه، در بخش ۴، مدل‌های خطی (کلاسیک) و غیرخطی اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام مبتنی بر الگوریتم ABC ارائه شدند. در بخش ۵، متدولوژی تحقیق شامل شیوه برآورد مدل خطی داده‌های پانل و مدل غیرخطی مبتنی بر الگوریتم ABC و همچنین معیارهای ارزیابی و مقایسه دو مدل ارائه شدند. در نهایت، در بخش انتهایی اقدام به برآورد و مقایسه نتایج ارزیابی، تحلیل مدل‌ها و بررسی فرضیات پژوهش شده است.

بر اساس تحلیل نتایج در بخش ۶، اولاً؛ مدل غیرخطی مبتنی بر بهینه‌سازی با الگوریتم زنبورعسل مصنوعی (ABC) دارای نتایج بهتری نسبت به مدل خطی است (تأیید فرضیه اول). ثانیاً؛ طبق مدل غیرخطی، متغیرهای میانگین حجم ریالی معاملات روزانه سهام (RTV)، نسبت قیمت به سود خالص هر سهم (PE)، رتبه نقدشوندگی (LR) و میانگین گردش روزانه سهام (DTS) بیشترین تأثیر را بر مقدار اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام (BAS) شرکت‌های تحت بررسی را داشته‌اند (عدم پذیرش فرضیه دوم). ثالثاً؛ ضریب اندازه شرکت (حجم دارایی‌های شرکت) به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده و نتیجتاً در مدل غیرخطی نیز انتخاب‌نشده است و لذا اثر این متغیر معادل صفر در نظر گرفته شده است. لذا این متغیر هیچ تأثیر معنی‌داری بر اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام شرکت‌های نمونه ندارد و در عوض تعداد سهام کل شرکت (NS) و ارزش ویژه (NV) دارای کمترین تأثیر در مدل غیرخطی بر متغیر وابسته BAS هستند (پذیرش فرضیه سوم).

فهرست منابع

۱) احمدپور، احمد و امیر رسائیان، (۱۳۸۵)، "بررسی رابطه اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام با نوسان‌های بازده سهام و ارزش بازار شرکت در بورس اوراق بهادار تهران"، فصلنامه پژوهش‌ها و سیاست‌های اقتصادی، شماره ۵۱، صص ۹۲-۷۵.

۲) حجازی، رضوان، میرحسین موسوی و مریم دانشورمفرد، (۱۳۹۴)، "اثر بازار، نقدشوندگی و تکانه بر تغییرات عمده قیمت سهام"، فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، دوره ۷، شماره ۲۶، صص ۱-۱۹.

۳) خوش‌طینت، محسن و فرزانه یوسفی‌اصل، (۱۳۸۷)، "رابطه بین تقارن و عدم تقارن اطلاعاتی با محافظه‌کاری"، مطالعات تجربی حسابداری مالی، شماره ۲۰، صص ۵۹-۳۷.

۴) دارایی، رؤیا و ربابه کریمی راسته کناری، (۱۳۹۳)، "موانع موجود در تعیین قیمت سهام به روش شبکه عصبی مصنوعی"، فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، دوره ۶، شماره ۲۲، صص ۲۹-۶۵.

۵) رسائیان، امیر، (۱۳۸۵)، "رابطه اطلاعات مالی اختلاف قیمت پیشنهادی خریدوفروش سهام در بورس اوراق بهادار تهران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و اقتصادی و دارایی، دانشگاه مازندران.

۶) رضایی، وحید و وحید راحتی، (۱۳۹۳)، "ترکیب الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای حل مسائل بهینه‌سازی پیوسته"، اولین کنفرانس ملی ریاضیات تبریز، کارشناسی ارشد علوم کامپیوتر، دانشکده ریاضی سیستان و بلوچستان.

۷) رمضانی، فرهاد و مهدی یعقوبی، (۱۳۹۳)، "الگوریتم کیاتیک بهینه‌سازی پرندگان"، کنفرانس ملی مهندسی نرم‌افزار ایران، دانشگاه آزاد مشهد.

۸) رهنمای رود پشتی، فریدون، کاظم چاوشی و ابراهیم صابر، (۱۳۹۳)، "بهینه‌سازی پرتفوی متشکل از سهام صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک بورس اوراق بهادار تهران با رویکرد الگوریتم ژنتیک"، فصلنامه دانش سرمایه‌گذاری، (۸۶).

۹) طالبی، آرش، (۱۳۸۹)، "انتخاب و بهینه‌سازی سبد سهام با استفاده از روش‌های فرا ابتکاری و مقایسه‌ی آن با سبدهای تشکیلی خبرگان و تازه‌کارها در بازار بورس اوراق بهادار تهران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مدیریت دانشگاه صنعتی شاهرود.

۱۰) قائمی، محمدحسین و محمدرضا وطن‌پرست، (۱۳۸۴)، "بررسی نقش اطلاعات حسابداری در کاهش عدم تقارن اطلاعاتی در بورس اوراق بهادار تهران"، فصلنامه بررسی‌های حسابداری و حسابرسی، (۴۱)، صص ۸۵-۱۰۵.

۱۱) مرادزاده فرد، مهدی، رؤیا دارایی و رامین شامعلی زاده، (۱۳۹۳)، "یکپارچه‌سازی تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت ارائه مدل پیش‌بینی قیمت سهام"، فصلنامه پژوهش‌های حسابداری مالی و حسابرسی، دوره ۶، شماره ۲۴، صص ۸۹-۱۰۲.

۱۲) مرادزاده فرد، مهدی، مرتضی عدل‌زاده، مریم فرجزاده و صدیقه عظیمی، (۱۳۹۲)، "عدم اطمینان اطلاعاتی، عدم تقارن اطلاعاتی و فرصت‌های رشد"، فصلنامه مطالعات تجربی حسابداری مالی، شماره ۳۹، صص ۱۴۵-۱۲۵.

13) Bollen, N., T. Smith, and Whaley. (2004), "Modeling the Bid-Ask Spread: Measuring the Inventory-Holding Premium", Journal of Financial Economics, No. 72, PP. 97-141.

14) Boone, J. (1998), "Oil and Gas Reserve Value Disclosures and Bid-Ask Spreads", Journal of Accounting and Public Policy, No. 17, PP. 55-84.

15) Chang, P.T. & Lee, J. H. (2012), "A Fuzzy DEA & Knapsack Formulation Integrated Model for Project Selection", Computer & Operation Research, No. 39, PP. 112-125.

16) Chiam, S, Tan, K, & Mamun, A. (2009), "A Mimetic Model of Evolutionary PSO for Computational Finance Applications", Expert System with Applications, Vol. 1, No. 36, PP. 369-371.

17) Dadbeh, F., Abednazari, M. & Mogharebi, N. (2013), "A Study of Information Asymmetry Using Bid-Ask Spread on Firm Value: Evidence from Tehran Stock Exchange", International Research Journal of Applied and Basic Sciences. Vol. 4 (9), Internet Publication.

18) Edirisinghe, NCP & X Zhang .(2008), "Portfolio Selection under DEA-based Relative Financial Strength Indicators: Case of US Industries", Journal of the Operational Research Society, No.59.

19) Ghaemi, M H and Vatanparast, M R. (2005), "Investigating the Role of Accounting Information in Reducing Information Asymmetry in Tehran Stock Exchange", Quarterly Journal of Accounting and Auditing Reviews, (41), PP. 85-105. (in Persian)

20) Hegazy, O., Soliman, O. S. & Salam, M. A. (2014), "LSSVM-ABC Algorithm for Stock Price prediction", International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT) – Vol. 7 No. 2, PP. 81-92.

21) Khoshtinat, M. and Yousefi Asl, F. (2009), "The Relation between Informaion Symmetry and Information Asymmetry and Conservatism", Journal of Emipirical Research in Accounting, (20), PP. 37-59. (in Persian)

22) Kuo, Chen and Hwang. (2001), "Artificial Neural Network: Applications in Financial Distress Prediction and Foreign Exchange Trading", Gold Coast, QLD: Wilberto.

23) Leuz, C. andVerrecchia, R.E. (2000), "The Economic Consequences of Increased Disclosure", Journal ofAccountingResearch, Vol. 38, PP. 91-124.

24) Morse, D., Ushman, N. (1983), "The Effect Information Announcements on Market Microstructure", The Accounting Review, Vol. 58, PP. 247-258.
25) Pindyck, R. S. & Rubinfeld, D. L. (1998), "Econometric Models and Economic Forecasts", 4th edition, New York: McGraw-Hill.
26) R Mansini, M.G Speranza. (1999), "Heuristic Algorithms for the Portfolio Selection Problem with Minimum Transaction Lots", European Journal of Operational Research, No. 114, PP. 219–233.
27) Rahnamai Roodpooshti, F, Chavoshi, Kazem and Saber, E. (2014), "Optimization of Portfolio Consisting of Shares of Tehran Stock Exchange Mutual Funds with the Approach of Genetic Algorithm", Investment Knowledge Quarterly, (86). (in Persian)
28) Ramezani, F,and Yaghoubi, M. (2014), "KYATIC Bird Optimization Algorithm", National ConferenceIran Software Engineering. Mashhad Azad University. (in Persian)
29) Rasaiian, A. (2006), "Relationship of Financial Information of the Bid-Ask Spread in Tehran Stock Exchange", Thesis of Master of Science (MSc) in Economics and Finance, Mazandaran University. (in Persian)
30) Rezaei, V., and Rahati, V. (2014), "Combining Genetic Algorithms and Particle Convergement Optimization for Solving Continuous Optimization Problems", The First National Conference on Mathematics of Tabriz. Senior Science Computer, Faculty of Mathematics, Sistan and Baluchestan. (in Persian)
31) Ryan, H. (1966), "The Use of Financial Ratios as Measures of Deter-minants of Risk in the Determination of the Bid-Ask Spread", Journal of Financial and Strategic Decisions, PP. 33-40.
32) Shah, H. Tairan, N., Garg, H. & Ghazali, R. (2018), "a Quick Gbest Guided Artificial Bee Colony Algorithm for Stock Market Prices Prediction", Symmetry, Vol. 10, 292.
33) Stoll, H. (1978), "The Supply of Dealer Services in Securities Markets", Journal of Finance, PP. 1133-1151
34) Stoll, H.(1989), "Inferring the Components of the Bid-ask Spread, Theory and Empirical Tests" The Journal of Financial, No. 44, PP. 115-134.
35) Talebi, M H. (2011), "Selection and Optimization of Stock Portfolio Using Innovative Methods and Comparing it to the Portfolios of Experts and Newcomers of Tehran Stock Exchange" Thesis of Master of Science, Management Faculty of industrial University of Shaahroud (in Persian)
36) Venkatesh, P. and R. Chiang. (1986), "Information Asymmetry and the Dealer's Bid-ask Spread: A Case Study of Earnings and Dividend announcements", The Journal of Finance, No. 41, PP. 1089-1102.

یادداشت‌ها

[1] Bid-Offer Spread or Bid-Ask Spread
[2] Breadth Of Market
[3] Depth Of Market
[4] Resilience
[5] Breadth
[6] Thih
[7] Shallow
[8] Leuz & Verrecchia
[9] Least Square Support Vector Machine
[10] Particle Swarm Optimization
[11] Panel Data
[12] Fixed or Random Effects
[13] Degree of Freedom
[14] Least Squares
[15] Stoll
[16] Morse & Ushman
[17] Venkatesh & Chiang
[18] Ryan
[19] Boone
[20] Daily Turnover of Shares
[21] Rate Transaction Volume
[22] Current Price
[23] Liquidity Rank
[24] Pooled Regression
[25] Fixed Effects
[26] Random Effect
[27] Artificial Bee Colony Algorithm
[28] Karaboga
[29] Basturk
[30] Genetic and Particle Cumulative Algorithms
[31] Rahmani et.al
[32] Fitness
[33] Worker
[34] Observer
[35] Scout
[36] Mean Square Error
[37] Root Mean Square Error
[38] Mean Absolute Error
[39] Mean Absolute PercentageError
[40] Bias Proportion
[41] Variance Proportion
[42] Covariance Proportion
[43] Pindyck
[44] Rubinfeld