

مجله دانش حسابداری / سال دوم / شماره ۵ / تابستان ۱۳۹۰ / صفحات ۷ تا ۳۰

پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و مقایسه آن با الگوهای سنتی

دکتر داریوش دموری*

دکتر داریوش فرید**

مرتضی اشهر***

تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۲۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۶

چکیده

هدف این تحقیق پیش‌بینی شاخص کل قیمت سهام با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان است تا فعالان بازار سرمایه و همچنین تصمیم‌گیرندگان کلان بتوانند از آن به منظور پیش‌بینی روند این بازار استفاده کنند. دوره نمونه‌گیری این پژوهش ده‌ساله و از تاریخ ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ در نظر گرفته شده است که در آن از شاخص کل قیمت سهام برای پیش‌بینی و همچنین الگوسازی و آزمون استفاده می‌شود. برای این منظور، ابتدا یک چارچوب هوشمند پیش‌بینی طراحی، و در ادامه از الگوریتم پرواز پرندگان و همچنین از الگوهای سنتی نمو هموار ساده، هلت وینترز، اتورگرسیون، میانگین متحرک و آریما برای پیش‌بینی استفاده شده است. نتایج تحقیق حاکی است که در میان الگوهای سنتی، آریما دارای بهترین برآورد است؛ همچنین در مقایسه الگو پرواز پرندگان با آریما مشخص شد که خطای برآورد این الگوی هوشمند نسبت به آریما بسیار کم است که می‌توان از آن به منظور پیش‌بینی‌های آینده شاخص کل قیمت سهام استفاده کرد.

* استادیار دانشگاه یزد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دکتری مدیریت مالی

** استادیار دانشگاه یزد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دکتری مدیریت مالی

*** کارشناس ارشد، دانشگاه یزد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، مدیریت بازرگانی گرایش مالی

نویسنده مسئول مقاله: داریوش دموری (E-mail: d.damoori@yazduni.ac.ir)

واژه‌های کلیدی: الگوریتم پرواز پرندگان، نمونه‌وار ساده، هلت ویترز، اتورگرسیون، میانگین متحرک و آریما.

مقدمه

بی‌تردید امروزه بیشترین مقدار سرمایه از طریق بازارهای بورس در تمام جهان مبادله می‌شود. به علاوه بازار بورس به عنوان ابزار سرمایه‌گذاری، هم برای سرمایه‌گذاران کلان و هم برای عموم مردم در دسترس است (مشیری و همکاران، ۱۳۸۴). بازارهای بورس نه تنها از عوامل کلان، بلکه از هزاران عامل دیگر نیز متأثر می‌شود. تعداد زیاد و ناشناخته بودن عوامل مؤثر بر بازار بورس، موجب عدم اطمینان در زمینه سرمایه‌گذاری شده است. روشن است که ویژگی عدم اطمینان، نامطلوب است و هم‌چنین برای سرمایه‌گذارانی که بازار بورس را به عنوان مکان سرمایه‌گذاری انتخاب کرده‌اند، این ویژگی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین به طور طبیعی تمام تلاش سرمایه‌گذار کاهش عدم اطمینان است و از این جهت پیش‌بینی بازار بورس یکی از ابزارهای کاهش عدم اطمینان است (وایت، ۱۹۸۸). از طرفی سرمایه‌گذاری در بورس بخش مهمی از اقتصاد را تشکیل می‌دهد؛ لذا موضوع پیش‌بینی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه‌ای نظیر کشور ما به منظور دارد مدیریت صحیح بورس اوراق بهادار برای رسیدن به توسعه پایدار اهمیت بسزایی دارد که تصمیم‌گیری در وضعیت نامطمئن را برای تصمیم‌گیران اجرایی بورس هموار می‌سازد (طلوعی و همکاران، ۱۳۸۶).

تاکنون روشهای متفاوتی به منظور الگوسازی و پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار ارائه شده است. عموماً این روشها به دو گروه کلی روشهای سنتی و روشهای هوشمند تقسیم می‌شود. بیشتر پژوهشگران در سالهای گذشته از روشهای سنتی برای پیش‌بینی شاخص کل استفاده کرده‌اند. با وجود اینکه بازار سهام سیستم غیرخطی است که در شرایط سیاسی، اقتصادی و روانشناسی فعالیت می‌کند، استفاده از روشهای سنتی برای تصمیم‌گیری صحیح، هم برای مدیران و هم سرمایه‌گذاران بسیار مشکل (افسر، ۱۳۸۴). با پیشرفت و توسعه روشهای غیرخطی همچون شبکه‌های عصبی^۱، شبکه‌های عصبی فازی، الگوریتم ژنتیک^۲ و الگوریتم پرواز پرندگان^۳ و ... می‌توان از این روشها برای پیش‌بینی

شاخص کل استفاده کرد. بنابراین، هدف این تحقیق، طراحی و ارائه یک الگوی پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان و کاهش خطای پیش‌بینی شاخص سهام با استفاده از این ابزار توانمند هوش مصنوعی است.

پیشینه و مبانی نظری تحقیق

مبانی نظری تحقیق

فرضیه بازار کارا^۴، که پیش‌بینی را بر اساس اطلاعات گذشته غیرممکن می‌داند، پژوهشگران و تحلیلگران را در پیش‌بینی بازار به دو گروه تقسیم کرده است. گروه اول معتقد به ایجاد روشهایی برای پیش‌بینی بازار هستند و گروه دوم پیش‌بینی را بر اساس فرضیه کارایی بازار غیرممکن می‌داند و اعتقاد دارند بازار کارا است و به محض اینکه اطلاعات جدیدی باشد بازار آن را جذب کرده، خودش را برطبق آن تصحیح می‌کند. در نتیجه فضایی برای پیش‌بینی بازار نیست. به علاوه آنها معتقدند که بازار بورس از فرایند قدم زدن تصادفی^۵ پیروی می‌کند و بهترین مقدار برای پیش‌بینی آینده مقدار امروز است. در ادبیات موضوع، روشهای گوناگونی برای پیش‌بینی بازار به وجود آمده است که می‌توان آنها را در چهار گروه طبقه بندی کرد: ۱- روشهای تحلیل فنی ۲- روشهای تحلیل بنیادی ۳- روشهای پیش‌بینی سری زمانی کلاسیک ۴- روشهای هوشمند.

تحلیلگران فنی یا نمودارگراها^۶ سعی در پیش‌بینی بازار با وسیله دنبال کردن الگوهای موجود در نمودار مربوط به داده‌های بازار دارند. اما تحلیلگران بنیادین با توجه به ارزش داخلی^۷ و سهم به پیش‌بینی اقدام می‌کنند؛ هم‌چنین در پیش‌بینی با سریهای زمانی کلاسیک، فرض بر این است که اندازه‌های آینده، سیر خطی اندازه‌های گذشته را می‌پیماید. در صورتی که روشهای هوشمند، الگوهای خطی و غیرخطی در داده‌های بازار را دنبال می‌کند تا بدین ترتیب فرایند مولد بازار را تقریب بزند (افسر، ۱۳۸۴).

پیشینه تحقیق

با توجه به اهداف تحقیق و رویکردهای مطرح شده، ابتدا با مرور ادبیات موضوع دو بخش زیر ملاحظه می‌شود: ۱- تحقیقات خارجی، ۲- تحقیقات داخلی.

تحقیقات خارجی

در ذیلاً برخی از پژوهشهای مهم خارجی در زمینه پیش‌بینی با الگوریتم پرواز پرندگان و سایر الگوریتمهای هوشمند (غیر از الگوریتم پرواز پرندگان) در زمینه این تحقیق ارائه می‌شود. چانگ و همکارانش (۲۰۰۰) از این الگوریتمها ابتکاری^۸ شامل ژنتیک و سردکننده تدریجی^۹ برای انتخاب پرتفوی بهینه استفاده کردند که نتایج آن نشان داد که الگوریتم ژنتیک مناسبترین برای حداکثر بازده و کمترین مشکل انتخاب پرتفوی بهینه را است. در تحقیق دیگری که توسط لیونگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۱) انجام شد، بازده شاخص سهام تایوان با کاربرد شبکه‌های عصبی مختلف در مقایسه با روشهای فیلتر مورد پیش‌بینی قرار گرفت. متغیرهای ورودی شبکه در این پژوهش نرخ بهره اوراق قرضه دولتی، نرخ بهره بانک مرکزی، بازده شاخص سهام طی سه، شش و دوازده ماه قبل، تولید ناخالص ملی، شاخص صنعت و چندین متغیر اقتصادی دیگر بود و خروجی شبکه بازده شاخص سهام برای سه، شش و دوازده ماه بعدی پیش‌بینی شد.

برگیول اگیل^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی به پیش‌بینی بازار سهام استانبول با استفاده از شبکه‌های عصبی پرداختند. در این تحقیق آنها به بررسی نتایج پیش‌بینی انواع الگوهای شبکه عصبی و روشهای کلاسیک پرداختند که نتایج حاکی از برتری الگوهای عصبی نسبت به الگوهای خطی بوده است.

آرمانو^{۱۲} و همکاران (۲۰۰۵) با ترکیب الگوریتمهای ژنتیک و شبکه‌های عصبی به پیش‌بینی شاخص سهام پرداختند. در این تحقیق آنها رویکرد جدیدی را به منظور پیش‌بینی شاخص ارائه می‌کنند. اجزای الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی عرضه کننده اطلاعات مختلف است: متغیرهای ورودی، شاخص گذشته قیمت سهمها است که این شاخص به دو

دسته آموزش و است تقسیم می شود که با داده های آموزش الگوی پیش بینی برآش شده و با داده های آزمون الگو مورد ارزیابی قرار می گیرد. نتایج تحقیق توانایی بسیار این الگوی ترکیبی را برای پیش بینی نشان می دهد.

ماکوتو کوشینو^{۱۳} و همکاران (۲۰۰۶) از الگوریتم پرواز پرندگان برای انتخاب پرتفوی بهینه استفاده کردند. آنها برای این کار الگوریتم پرواز پرندگان را در مقابل الگوریتمهای ژنتیک و ذوب برای انتخاب پرتفوی بهینه به کار بردند که نتایج این تحقیق نشان داد که الگوریتم پرواز پرندگان دارای بهترین پرتفوی با بیشترین بازده و کمترین مشکل برای تابع هدف است.

دالاگونال، ون دنبرگ^{۱۴} (۲۰۰۹) برای مدیریت پرتفوی با استفاده از ارزش در معرض ریسک از الگوریتمهای ژنتیک و پرواز پرندگان استفاده کردند. در این تحقیق مشکل بهینه سازی، محدودیتهایی بود که فروش کوتاه مدت سهامها را مجاز می دانست. تابع هدف، مینیمم سازی برای ارزش در معرض ریسک و محدودیتهای شامل چندین مشکل بود. نتایج آزمایش نشان داد که الگوریتمها کاملاً قادر به یافتن جواب منطقی نزدیک به جواب بهینه هست؛ اما الگوریتم پرواز پرندگان بازده زودتری نسبت به ژنتیک به دست می دهد.

جدول شماره (۱): خلاصه ای از پیشینه تحقیقات خارجی با الگوریتمهای هوشمند

نویسنده	سال	الگوریتم هوش مصنوعی	کاربرد
چانگ و همکاران	۲۰۰۰	الگوریتم ژنتیک و ذوب	انتخاب پرتفوی بهینه
لیونگ و همکاران	۲۰۰۱	شبکه های عصبی	پیش بینی شاخص سهام
برگیول اگیل و همکاران	۲۰۰۳	شبکه های عصبی	پیش بینی بازار سهام
آرمانو	۲۰۰۵	الگوریتم ژنتیک و شبکه های عصبی	پیش بینی شاخص سهام
ماکوتو کوشینو و همکاران	۲۰۰۶	پرواز پرندگان (PSO)	انتخاب پرتفوی بهینه
دالاگونال و ون دنبرگ	۲۰۰۹	پرواز پرندگان (PSO) و ژنتیک (GA)	مدیریت پرتفوی با استفاده از ارزش در معرض ریسک
چیم	۲۰۰۹	پرواز پرندگان (PSO)	قیمت سهام و انتخاب پرتفوی بهینه

چیم^{۱۵} و همکاران (۲۰۰۹) یک الگوی تقلیدی الگوریتم پرواز پرندگان را برای کاربردهای محاسباتی مالی مورد استفاده قرار دادند. هدف آنها از این تحقیق پیش‌بینی سریهای زمانی قیمت سهام و تشکیل پرتفوی بهینه بود. نتایج این تحقیق ثابت کرد که قیمت سهام به صورت آشوب گونه نوسان دارد که با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان می‌توان به صورت ساختار، روشهای آموزش الگوریتم، روشهای آزمایش و ارزیابی الگوریتم پرندگان، الگویی را ارائه کرد که دارای کمترین خطای پیش‌بینی و دقت زیاد باشد. در جدول شماره یک خلاصه پژوهشهای خارجی آمده است.

پژوهشهای داخلی

با توجه به بررسی تحقیقات انجام گرفته مشخص شد تاکنون هیچ پژوهشی با الگوریتم پرواز پرندگان در بورس اوراق بهادار تهران صورت نگرفته است. اما برخی از تحقیقات مهم داخلی که در زمینه پیش‌بینی شاخص و قیمت سهام در بورس اوراق بهادار انجام شده است در اینجا ارائه می‌شود. بت‌شکن (۱۳۸۰) در پایان‌نامه ارشد به پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی پرداخت و آن را با الگوهای خطی پیش‌بینی مقایسه کرد. این پژوهش تنها با متغیر قیمت سهام گروه بهمن سری زمانی و با بهره بردن از شیوه‌های هوش مصنوعی به پیش‌بینی قیمت سهام پرداخت.

افسر (۱۳۸۴) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد با موضوع الگوسازی پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی و روش ترکیبی به برتری شبکه‌های عصبی فازی به روشهای پیش‌بینی کلاسیک آمار خطی و غیرخطی رسید. مشیری و مروت (۱۳۸۴) به پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از الگوهای خطی و غیرخطی پرداختند. در این پژوهش شاخص کل بازدهی سهام تهران^{۱۶} با استفاده از داده‌های روزانه و هفتگی در بازه ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۲ و به‌کارگیری روشهای مختلف آریمای گارچ^{۱۷}، آرفیما^{۱۸} و شبکه‌های عصبی مصنوعی برآورد و پیش‌بینی شده است. مقایسه این

الگوها، الگوی شبکه‌های عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی‌های روزانه و هفتگی، الگوی برتر و با دقت بیشتر عنوان می‌کند.

طلوعی و حق‌دوست (۱۳۸۶) پژوهشی را تحت عنوان الگوسازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روشهای پیش‌بینی ریاضی انجام دادند. در این مقاله با بررسی کارکرد الگوهای شبکه عصبی و رگرسیون در حوزه داده‌های مرتبط با پیش‌بینی قیمت سهام به اندازه‌گیری خطاهای پیش‌بینی این دو روش پرداخته شد که نتایج تحقیق، دقت و خطای بسیار کم الگوی هوشمند شبکه‌های عصبی را تأیید کرد.

جمع‌بندی ادبیات

مرور ادبیات انجام شده بیانگر این است که در بورس اوراق بهادار تهران بیشتر از روشهای سنتی به منظور پیش‌بینی استفاده شده است. با توجه به اینکه برای استفاده از الگوهای سنتی باید از سریهای زمانی ساکن (ایستا) استفاده کرد و از آنجا که بیشتر سریهای زمانی اقتصادی غیر ایستا است، این الگوهای سنتی مشکل عمده‌ای برای پیش‌بینی دارد؛ هم‌چنین روشهای هوش مصنوعی مشکل عمده الگوهای سنتی را از نظر ایستایی در سریهای زمانی ندارد. با توجه به این مطالب در مورد الگوهای سنتی در این تحقیق یکی از الگوریتمهای توانمند هوش مصنوعی با نام الگوریتم پرواز پرندگان به عنوان ابزار اصلی پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار استفاده و نتایج پیش‌بینی آن با سایر الگوهای سنتی مربوط مقایسه می‌شود.

روش تحقیق

این تحقیق از حیث هدف، کاربردی و از حیث ماهیت تحلیلی-توصیفی است. برای جمع‌آوری مطالب مربوط به پیشینه تحقیق از شیوه کتابخانه‌ای نظیر کتابها، مقالات و هم‌چنین برای گردآوری داده‌های اطلاعات تحقیق از گزارشهای بورس اوراق بهادار و

سایت‌های اینترنتی استفاده شده است. روند الگوسازی و مقایسات طی یک روش هوشمند شش مرحله‌ای انجام می‌شود:

مرحله ۱، جمع‌آوری داده‌ها: در این مرحله شاخص کل بورس اوراق بهادار تهران از دوره «۱۳۸۷-۱۳۷۸» جمع‌آوری می‌شود. همچنین داده‌ها به دو بخش داده‌های آموزش و داده‌های آزمون تقسیم می‌شود.

مرحله ۲، آزمون سری زمانی: در این مرحله سری زمانی شاخص کل با استفاده از آزمونهای آماری به منظور ساکنی (ایستایی)^{۱۹} یا غیرساکنی بررسی می‌شود.

مرحله ۳، انتخاب بهترین الگوها: در این مرحله با توجه به آزمونهای آماری بهترین الگو انتخاب می‌شود.

مرحله ۴، اجرای الگوها: در این مرحله، الگوهای سنتی و هوشمند با استفاده از کامپیولرهای مربوط اجرا می‌شود.

مرحله ۵، پیش‌بینی با استفاده از داده‌های آزمون: در این مرحله با توجه به الگوهای به دست آمده از مرحله قبل به پیش‌بینی شاخص کل با الگوهای سنتی و هوشمند مربوط پرداخته، و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه می‌شود.

مرحله ۶، مقایسه نتایج پیش‌بینی و انتخاب بهترین روش: در این مرحله با مقایسه نتایج پیش‌بینی به دست آمده از مرحله قبل، الگوی برتر انتخاب، و الگوی برتر برای پیش‌بینی آینده معرفی می‌گردد.

فرضیه‌های پژوهش

فرضیه (۱): پیش‌بینی سری زمانی شاخص کل سهام با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان می‌تواند خطای برآورد شاخص کل را نسبت به روشهای سنتی بهبود بخشد.

فرضیه (۲): پیش‌بینی با الگوی هوشمند می‌تواند واریانس خطای پیش‌بینی را نسبت به روشهای سنتی بهبود بخشد.

فرضیه (۳): پیش‌بینی سری زمانی شاخص کل بورس با الگوی آریما نسبت به سایر روشهای سنتی بهترین جواب را دارد.

اهداف تحقیق

۱. طراحی الگو برای پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان
۲. بررسی الگوهای سنتی رایج برای پیش‌بینی شاخص
۳. طراحی چارچوب توانمند برای پیش‌بینی روند منطقی شاخص به منظور استفاده تصمیم‌گیرندگان کلان کشور در راستای توسعه اقتصادی.
۴. طراحی الگوی برای سرمایه‌گذاران به منظور کسب بازده بیشتر برای حداکثر کردن ثروت آنان

روشهای الگوسازی شاخص بورس

در این بخش، روشهای الگوسازی سنتی و هوشمند شاخص بورس توضیح داده می‌شود.

الگوهای سنتی

در این تحقیق از الگوهای سنتی نموهموار ساده، نموهموار هلت وینترز^{۲۰}، اتورگرسیون^{۲۱}، میانگین متحرک^{۲۲} و آریما^{۲۳} برای پیش‌بینی استفاده شده است (آذر، ۱۳۷۷). برای استفاده از این الگوها باید سری زمانی ساکن باشد. بنابراین سری زمانی باید با استفاده از روشهای سنجش ایستایی مورد آزمون قرار گیرد. در صورت ایستا بودن باید با استفاده از شیوه تغییر داده‌ها^{۲۴} سری را ایستا کرد و سپس به پیش‌بینی با این رویکردهای سنتی پرداخت (پانکراتز، ۱۹۸۳).

الگوریتم پرواز پرندگان^{۲۸}

حرکت توده‌ای^{۲۵} نوعی حرکت دسته جمعی هماهنگ است که معمولاً با استفاده از ارتباطات اندک موجود بین اعضای آن و اطلاعات محدود اعضا از وضعیت کل سیستم انجام می‌شود (مارتینز، ۲۰۰۷). الگوریتم پرواز پرندگان یکی از شیوه‌های محاسبات پویا است که بر پایه جمعیت اولیه استوار است. این الگوریتم با یک جمعیت از راه‌حلهای تصادفی مسئله، که به آنها ذره^{۲۶} گفته می‌شود، آغاز می‌شود. این روش نخستین بار در سال ۱۹۹۵ توسط ابرهارت و کندی ارائه شده است (کندی و ابرهارت، ۱۹۹۵). الگوریتم ابداعی، از شبیه‌سازی رفتار اجتماعی یک گروه از پرندگان در یافتن غذا الهام گرفته شده است.

در هر مرحله از الگوریتم رفتار ذره به صورت ترکیب تصادفی از این سه امکان انتخاب می‌شود:

۱. پیروی از مسیر خود ذره
 ۲. برگشتن به بهترین مکان قبلی خودش
 ۳. رفتن به بهترین مکان قبلی یا فعلی ذرات گروه
- رفتار ذره در این الگوریتم به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود:

$$V_{i,t} = v_{i,t} + c_1 r_{1,t} (P_{i,t} - X_{i,t}) + c_2 r_{2,t} (P_{g,t} - X_{i,t}) \quad (1)$$

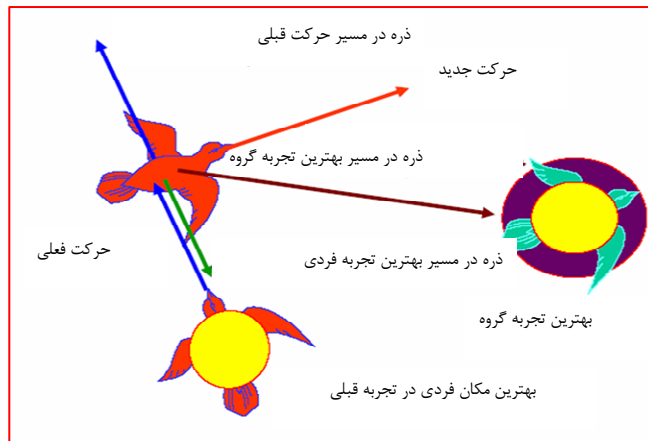
$$X_{i,t+1} = X_{i,t} + V_{i,t} \quad (2)$$

$X_{i,t}$: مکان ذره i ام در مرحله تکرار t ; $V_{i,t}$: میزان تغییر مکان ذره i ام در مرحله تکرار t
 $P_{i,t}$: بهترین مکان قبلی ذره i ام در مرحله تکرار t ; $P_{g,t}$: بهترین مکان بین تمام ذرات در مرحله تکرار t . C_1, C_2 : ضرایب ثابت؛ $r_{1,t}, r_{2,t}$: مقدار تصادفی بین (۰، ۱)

نمایش رفتار هر ذره در الگوریتم پرواز پرندگان و چگونگی انتخاب مسیر جدید آن در شکل (۱) نشان داده شده است (کندی، ۱۹۹۹). مراحل اجرای الگوریتم به ترتیب عبارت است از (کندی و مندرس، ۲۰۰۲؛ هات و همکاران، ۱۹۹۸؛ هرماندز و همکاران، ۲۰۰۷):

- مرحله ۱: تعیین مکان و سرعت اولیه ذرات به طور تصادفی
مرحله ۲: محاسبه مقدار تابع هدف برای هر ذره i با توجه به مکان هر ذره
مرحله ۳: مقایسه مکان فعلی ذره i ام با بهترین مکان همان ذره
مرحله ۴: تشخیص موفقترین ذره همسایه و بهترین مکان ذرات گروه تا این مرحله از جستجو
مرحله ۵: تغییر سرعت و مکان ذره مطابق با روابط (۱) و (۲) و بازگشت به مرحله ۲

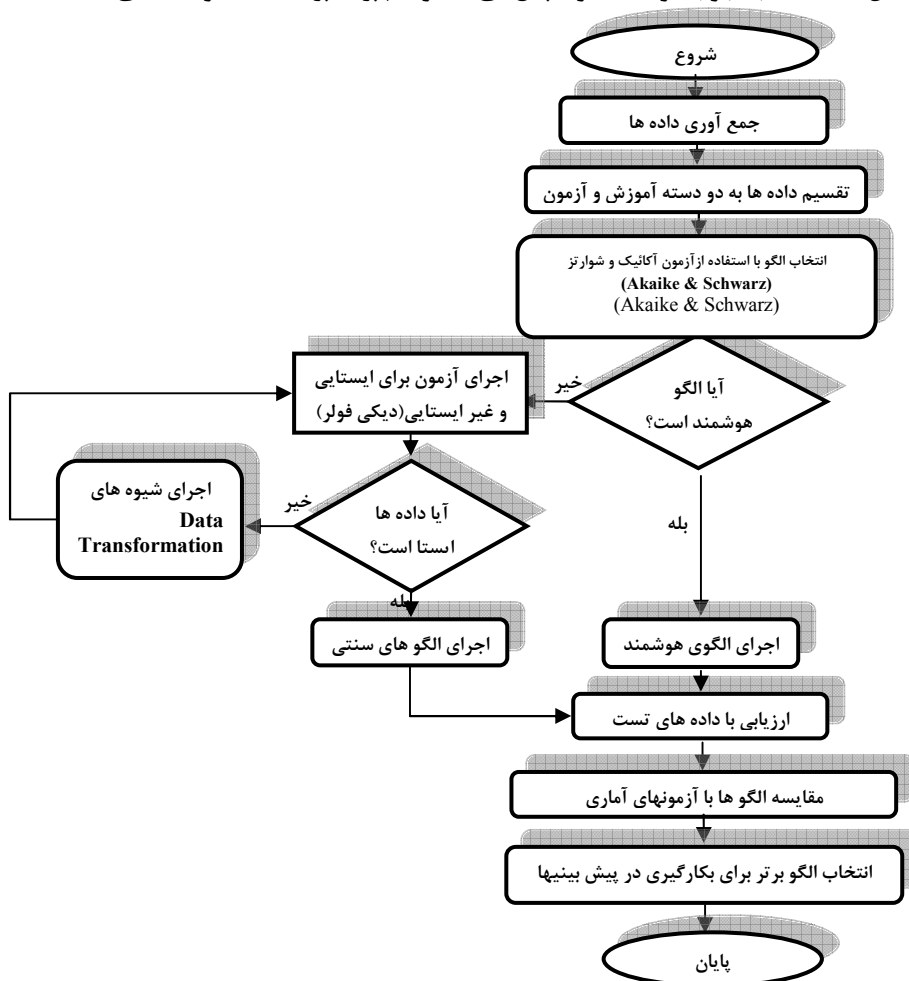
شکل شماره (۱): نمایش رفتار هر ذره در الگوریتم پرواز پرندگان (وطن خواه، ۱۳۸۸)



طراحی و اجرای الگو

بنابر اهمیت موضوع و دقت پیش‌بینی برای طراحی و اجرای الگو، یک چارچوب پیش‌بینی طراحی شده است. شکل (۲) این چارچوب پیش‌بینی را به طور کامل نشان می‌دهد. با توجه به چارچوب طراحی شده بعد از جمع‌آوری داده‌ها آنها به دو دسته آموزش^{۲۷} و آزمون^{۲۸} تقسیم‌بندی می‌شود که از ۸۰٪ داده‌ها برای آموزش الگو و از ۲۰٪ باقیمانده برای آزمون الگو استفاده شده است.

شکل شماره (۲): چارچوب هوشمند الگوی پیش‌بینی با الگوریتم پرواز پرندگان و الگوهای سنتی



انتخاب الگو با استفاده از آزمون آکائیک و شوارتز

معیار اطلاعات شوارتز^{۲۹}، معیار انتخاب الگو در میان یک دسته الگوهای پارامتریک با تعداد عوامل مختلف است که توسط گیدون شوارتز^{۳۰} (۱۹۷۸) مطرح شده است. هم‌چنین، معیار اطلاعات آکائیک^{۳۱} توسط هیرات سوگو آکائیک^{۳۲} تحت نام یک معیار اطلاعات^{۳۳} در سال ۱۹۷۱ توسعه یافت و در سال ۱۹۷۴ پیشنهاد شد (آکائیک، ۱۹۷۴). با توجه به آزمون شوارتز و آکائیک انجام گرفته توسط نرم افزار استتا^{۳۴}، مشخص شد که هر داده با

داده پنج روز گذشته ارتباط معناداری دارد. آزمونهای شوارتز و آکائیک پنج تأخیر زمانی^{۳۵} را برای سری زمانی شاخص برآورد کرد که این برآورد در جدول (۲) آورده شده است (ال، ۱۹۹۲).

جدول شماره (۲): برآورد تأخیر زمانی با آزمون آکائیک شوارتز

AIC	SBIC	P-Value	df	تأخیر زمانی
۵۰۲۸/۱۹	۵۰۴۸/۱۹	-	-	۰
۵۲۵۲/۱۰	۵۲۹۲/۱۰	۰۰۰/۰	۱	۱
۳۳۱۹/۱۰	۳۳۸/۱۰	۰۰۰/۰	۱	۲
۳۱۹۴/۱۰	۳۲۷۵/۱۰	۰۰۰/۰	۱	۳
۳۱۹۳/۱۰	۳۲۹۴/۱۰	۱۲۰/۰	۱	۴
*۳۱۱۷/۱۰	*۳۲۳۸/۱۰	۰۰۰/۰	۱	۵

اجرای آزمون ایستایی و مانایی

با توجه به نتایج آزمون دیکی فولر^{۳۶} مشخص شد که سری زمانی داده‌های شاخص بورس اوراق بهادار تهران مانا است. با استفاده از شیوه تغییر داده‌ها مشخص شد که این سری ساکن از مرتبه اول است (اگر قدر مطلق آماره محاسباتی از قدر مطلق اندازه‌های بحرانی بزرگتر باشد، فرضیه مبتنی بر ساکن بودن سری زمانی رد نمی‌کنیم) که این اندازه‌ها در جدولهای (۳) و (۴) آورده شده است (اندازه‌های بحرانی^{۳۷} در سطح ۹۵٪ محاسبه شده است) (گجراتی، ۱۳۸۵).

جدول شماره (۳): نتایج آزمونهای ایستایی و مانایی

آزمون	آماره محاسباتی	مقدار بحرانی
دیکی فولر	-۱/۱۶۱۷۳۶	-۳/۴۳۵۶

جدول شماره (۴): نتایج آزمونهای ایستایی و مانایی بعد از شیوه تغییر داده‌ها

آزمون	آماره محاسباتی	مقدار بحرانی
دیکی فولر	-۱۷/۷۷۳۱۳	-۳/۴۳۵۶

اجرای الگوهای سنتی

با استفاده از نرم افزار اسپاس، ضرایب الگوهای نموموار ساده، هلت وینترز، اتورگرسیون، میانگین متحرک و آریما برآورد شد. با توجه به اینکه آزمون آکائیک و شوارتز پنج تأخیر زمانی را تأیید کرد از اتورگرسیون، میانگین متحرک و آریما مرتبه پنج برای پیش‌بینی استفاده می‌شود که این ضرایب به شرح زیر است:

جدول شماره (۵): ضرایب برآورد شده الگوهای نموموار ساده و هلت وینترز

ضرایب الگوها	α	β
نموموار ساده	۰/۹۸۶	-
هلت وینترز	۹۹۳۴/۰	۲/۰

جدول شماره (۶): ضرایب برآورد شده الگوی اتورگرسیون و میانگین متحرک مرتبه پنج

ضرایب	مقدار ثابت	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
برآورد AR(5)	۳۹۸/۱	۱۹۴/۰	۱۷۱/۰	۰۰۳/۰	۲۸۸/۰	۱۸۲/۰
برآورد MA(5)	۹۵۴/۰	۱۵/۰-	۰۷۴/۰	۴۱۸/۰	۴۳/۰	۰۹۷/۰

جدول شماره (۷): ضرایب برآورد شده الگوی ARIMA(5,1,5)

ضرایب	AR(5)	MA(5)
Y_{t-1}	۱۶۸/۰	۲۲۹/۰
Y_{t-2}	۰۰۶/۰-	۰۹۶/۰-
Y_{t-3}	۳۲۵/۰	۴۶۳/۰
Y_{t-4}	۰۵۶/۰-	۰۷۷/۰-
Y_{t-5}	۴۰۶/۰-	۴۲۱/۰

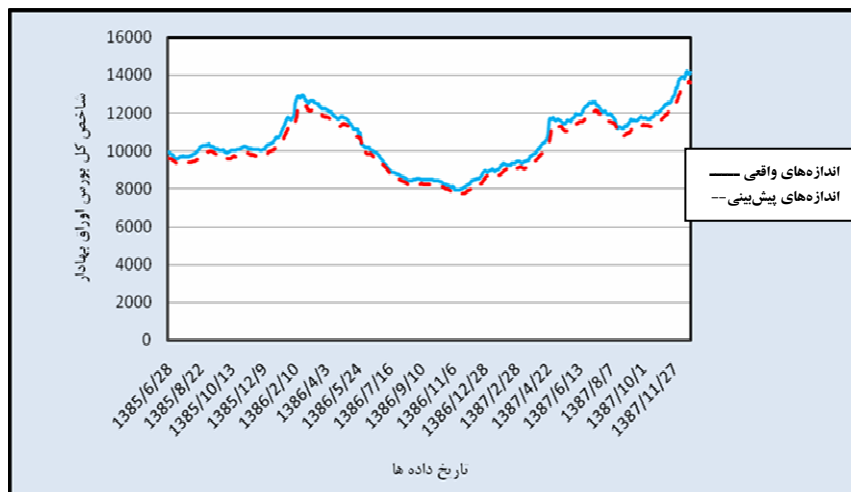
با توجه به ضرایب این جدولها پیش‌بینی با الگوهای سنتی صورت پذیرفت و خطای پیش‌بینی آنان محاسبه شد. جدول زیر، الگوی پیش‌بینی را به همراه خطای آنان نشان می‌دهد.

جدول شماره (۸): خطاهای پیش‌بینی الگوهای سنتی برای ارزیابی عملکرد

خطاها	^{۳۸} MAD	^{۳۹} MSE	^{۴۰} RMSE	^{۴۱} MAPE
نموهموار ساده	۵۷۹۲/۸۷۰	۸۹/۱۱۹۰۱۷۷	۹۵۲۷/۱۰۹۰	۲۴۵۸۹۷/۸
هلت وینترز	۱۶۶۸/۶۶۰	۶۴۷/۶۴۸۹۳۷	۵۶۶۶/۸۰۵	۳۴۰۵۸۵/۶
اتورگرسیون	۷۷۳/۱۷۲۳	۳۰۵۹۴۵۷	۱۳/۱۷۴۹	۳۲۷۷۳/۱۶
میانگین متحرک	۳۹۸/۱۴۰۳	۲۰۵۲۰۳۶	۴۹۳/۱۴۳۲	۲۷۷۶۹/۱۳
آریمای	۹۰۸۸/۳۸۲	۹/۱۶۴۱۹۲	۲۰۷۳/۴۰۵	۶۱۱۱۰۳/۳

همان‌طور که در جدول شماره ۸ مشخص است از بین الگوهای سنتی الگوی آریمای کمترین خطا را دارد. بنابراین در میان الگوهای سنتی، الگوی آریمای بهترین برآورد را در پیش‌بینی شاخص به وجود آورده است. شکل (۳) نشان‌دهنده برآورد الگوی آریمای است.

شکل شماره (۳): مقایسه بین اندازه‌های واقعی و پیش‌بینی شده الگوی (۵) ARIMA، ۱، ۵



اجرای الگوریتم پرواز پرندگان

پیاده‌سازی الگوریتم پرواز پرندگان توسط کدهای نوشته شده به صورت M-File نرم‌افزار مطلب^{۴۲} به انجام رسیده است (کینک و همکاران، ۲۰۰۲). لازم به ذکر است که تابع هدف این الگوریتم به صورت زیر تعریف شده است:

$$\min f(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |E_{actual} - E_{forecasted}| / E_{actual} \quad (3)$$

که در آن n تعداد کل مشاهدات و E_{actual} مقدار واقعی $E_{forecasted}$ مقدار پیش‌بینی شده شاخص است. به این ترتیب الگوریتم پرواز پرندگان در جهت کاهش اختلاف بین مقدار پیش‌بینی شده و مقدار واقعی حرکت می‌کند. جدول زیر ضرایب تخمین زده شده را با الگوریتم پرواز پرندگان نشان می‌دهد.

جدول شماره (۹): عوامل تخمین زده شده توسط پرواز پرندگان

α_6	α_5	α_4	α_3	α_2	α_1	ضرایب
۳	۵۶۷۴۳/۰	۹۸۵۳/۰-	۵۷۸۳/۰	۳۶۹۸/۱-	۳۲۴۵/۲	برآورد

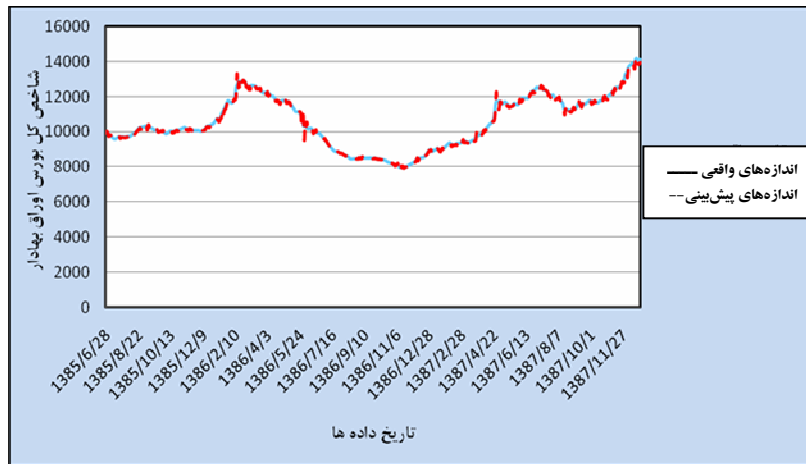
همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود با استفاده از ضرایب به دست آمده و الگوی ارائه شده، پیش‌بینی صورت پذیرفت و خطای پیش‌بینی با اندازه‌های واقعی محاسبه شد که این خطاها عبارت است از:

جدول شماره (۱۰): خطاهای پیش‌بینی الگوریتم پرواز پرندگان

MAPE	RMSE	MSE	MAD	روش پیش‌بینی
۹۳۶۵۲۶/۰	۱۰۴۹/۱۳۶	۵۵/۱۸۵۲۴	۴۶۰۷۳/۹۸	الگوی پرواز پرندگان

شکل (۴) مقایسه بین اندازه‌های پیش‌بینی شده توسط الگوریتم پرواز پرندگان و اندازه‌های واقعی صورت گرفته شده را نشان می‌دهد.

شکل (۴): مقایسه بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده با الگوریتم پرواز پرندگان



مقایسه الگوهای سنتی و هوشمند

با توجه به پیش‌بینی‌های صورت گرفته توسط الگوهای سنتی و هوشمند می‌توان با مقایسه بین خطاهای پیش‌بینی، الگوی برتر را انتخاب نمود و ارزیابی دقیقتری از الگوی برتر داشت. در جدول (۱۱) معیار ارزیابی عملکرد محاسبه شده برای تک‌تک الگوها آورده شده است تا بتوان الگوی برتر را انتخاب کرد.

جدول شماره (۱۱): خطاهای پیش‌بینی تمام الگوها برای ارزیابی عملکرد

MAPE	RMSE	MSE	MAD	خطاها	الگوهای پیش‌بینی
۹۳۶۵۲۶/۰	۱۰۴۹/۱۳۶	۵۵/۱۸۵۲۴	۴۶۰۷۳/۹۸		الگوریتم پرواز پرندگان
۶۱۱۱۰۳/۳	۲۰۷۳/۴۰۵	۹/۱۶۴۱۹۲	۹۰۸۸/۳۸۲		آریما
۳۲۷۷۳/۱۶	۱۳/۱۷۴۹	۳۰۵۹۴۵۷	۷۷۳/۱۷۲۳		اتورگرسیون
۲۷۷۶۹/۱۳	۴۹۳/۱۴۳۲	۲۰۵۲۰۳۶	۳۹۸/۱۴۰۳		میانگین متحرک
۳۴۰۵۸۵/۶	۵۶۶۶/۸۰۵	۶۴۷/۶۴۸۹۳۷	۱۶۶۸/۶۶۰		هلت وینترز
۲۴۵۸۹۷/۸	۹۵۲۷/۱۰۹۰	۸۹/۱۱۹۰۱۷۷	۵۷۹۲/۸۷۰		نموهموار ساده

همان طور که در جدول شماره ۱۱ مشاهده می‌شود، خطای MAPE برای پرواز پرندگان برابر ۰/۹۳۶۵۲۶ است که این مقدار در برابر MAPE الگوهای سنتی بسیار ناچیز است. از سوی دیگر خطای الگوی پرواز پرندگان نسبت به بهترین الگوی سنتی یعنی آریما، که خطای MAPE آن برابر ۳/۶۱۱۱۰۳ است، دقیقاً ۲۸۵/۶٪ بیشتر است که این درصد بیانگر دقت بسیار زیاد برای این الگوی هوشمند است. هم‌چنین واریانس MAPE الگوها در جدول شماره ۱۲ آورده شد است.

جدول شماره (۱۲): واریانس خطای MAPE برای الگوهای پیش‌بینی

الگوی پیش‌بینی	نموموار ساده	هلت وینترز	اتورگرسیون	میانگین متحرک	آریما	پرواز پرندگان
واریانس	۲۳۱۸/۳۸	۱۲۹۰/۱۹	۳۱۰۰۲/۱	۴۰۵۹۷۲/۲	۰۰۸۲۵۷/۱	۸۶۴۵۳۲/۰
MAPE						

با توجه به اندازه‌های جدول (۱۱) مشاهده می‌شود که مقدار واریانس خطا برای الگوی هوشمند نسبت به بهترین الگوی سنتی بسیار ناچیز است و خطای بهترین الگوی سنتی یعنی آریما ۱۶/۶۲۴۶٪ از الگوی هوشمند بیشتر است.

بررسی نتایج مبتنی بر آزمون فرضیه‌ها

جمع‌بندی نتایج تحقیق به شرح زیر است:

۱. با توجه به میزان خطای پیش‌بینی، الگوی آریما نسبت به سایر الگوهای سنتی دارای بهترین جواب است که این الگو مناسبترین الگوی سنتی پیش‌بینی شد.
۲. واریانس خطای الگوی آریما در میان سایر الگوهای سنتی کمتر است، که این واریانس بیانگر پراکندگی کمتر خطاهای پیش‌بینی در این الگو است.
۳. میزان خطای پیش‌بینی با الگوریتم پرواز پرندگان از لحاظ چهار معیار ارزیابی عملکرد نسبت به روشهای سنتی نموموار هلت وینترز، اتورگرسیون، میانگین متحرک،

آریما، برتری دارد. هم‌چنین الگوریتم پرواز پرندگان خطای برآورد پیش‌بینی را $۲۸۵/۶\%$ نسبت به بهترین الگو سنتی (آریما) ارتقا داده است.

۴. از سوی دیگر واریانس خطا برای الگوی هوشمند پرواز پرندگان بسیار کم است که این مقدار در برابر بهترین الگوی سنتی یعنی آریما $۱۶/۶۲۴۶\%$ کمتر است؛ لذا پراکندگی خطای پیش‌بینی برای این الگوی هوشمند بسیار کم است که بیانگر انطباق زیاد پیش‌بینی بر داده‌های واقعی است.

با توجه به نتایج ذکر شده، فرضیه اول پیش‌بینی سری زمانی شاخص کل سهام با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان می‌تواند خطای برآورد شاخص کل را نسبت به روشهای سنتی بهبود بخشد؛ هم‌چنین فرضیه دوم پیش‌بینی با الگوی هوشمند می‌تواند واریانس خطای پیش‌بینی را نسبت به روشهای سنتی بهبود بخشد و فرضیه سوم پیش‌بینی سری زمانی شاخص کل بورس با الگوی آریما نسبت به سایر روشهای سنتی دارای بهترین جواب است.

نتیجه‌گیری

از آنجا که عملکرد بورس توسط شاخص کل قیمت سهام سنجیده می‌شود، شاخص کل در توسعه اقتصادی تأثیر بسزایی خواهد داشت. در این تحقیق از الگوهای سنتی نمونه‌وار ساده، هلت وینترز، اتورگرسیون، میانگین متحرک و آریما و هم‌چنین از الگوی هوشمند پرواز پرندگان برای پیش‌بینی شاخص کل بورس اوراق بهادار استفاده شده است. در این پژوهش از آزمون دیکی فولر برای سنجش ایستایی و هم‌چنین از آزمون آکائیک و شوارتز برای سنجش تأخیر زمانی استفاده شده است. نتایج تحقیق بیانگر این است که الگوریتم پرواز پرندگان خطای پیش‌بینی را نسبت به بهترین الگوی سنتی یعنی آریما بسیار بهبود بخشد. از سوی دیگر واریانس خطای پیش‌بینی برای این الگوی هوشمند نسبت به بهترین الگوی سنتی (آریما) بسیار کم است که نشان‌دهنده دقت بسیار بالای این الگوی هوشمند در پیش‌بینی شد. با توجه به پیشینه تحقیقات داخلی تا کنون هیچ پژوهشی با این الگوی هوشمند در بازار بورس اوراق بهادار انجام نگرفته است اما در مقایسه الگوریتم پرواز پرندگان در زمینه پیش‌بینی شاخص قیمت سهام، این الگو نسبت به سایر الگوهای

هوشمند شبکه‌های عصبی، شبکه‌های عصبی فازی استفاده شده در پیشینه تحقیقات داخلی توانسته خطای پیش‌بینی را بهبود بخشد. بنابراین این الگو در حال حاضر برآورد کننده دقیقتری نسبت به شبکه‌های عصبی و شبکه‌های عصبی فازی است.

پیشنهادهای کاربردی

با توجه به اینکه اطلاعات در بورس اوراق بهادار کلید سودآوری است، پیش‌بینی روند شاخص کل قیمت سهام، اطلاعات بسیار مهم و مفیدی را از وضعیت روند بازار سرمایه در اختیار سرمایه‌گذاران و هم‌چنین مدیران بورس و تصمیم‌گیرندگان کلان کشور قرار می‌دهد. بنابراین پیشنهادهای کاربردی به صورت زیر ارائه می‌شود:

۱. فعالان بازار سرمایه با استفاده از این الگوی هوشمند می‌توانند شاخص کل قیمت سهام را پیش‌بینی، و با مشخص شدن روند شاخص برای خرید و یا فروش سهمهای خود تصمیم‌گیری کنند تا به حداکثر بازدهی دست یابند که هدف اصلی آنهاست. هم‌چنین مدیران شرکتهای سرمایه‌گذاری با توجه به مأموریت خود، که حداکثر کردن ثروت سهامداران است با پیش‌بینی روند آینده بازار می‌توانند با تصمیم‌گیری بهینه بازدهی شرکت خود را افزایش دهند.

۲. از آنجا که بورس اوراق بهادار مانند دماسنج اقتصادی است، مدیران بورس اوراق بهادار و هم‌چنین تصمیم‌گیرندگان اقتصادی کشور با استفاده از این الگوی هوشمند می‌توانند روند شاخص را پیش‌بینی کنند و با تشخیص این روند استراتژیهای لازم را در جهت رشد اقتصادی در پیش گیرند تا سرمایه‌گذاران با اطمینان خاطر در بورس اوراق بهادار سرمایه‌گذاری کنند و به دنبال آن توسعه اقتصادی حاصل شود.

پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده

الف - کاربرد در بورس

با توجه به اینکه الگوریتم پرواز پرنده‌گان، روشی بسیار توانمند با دقت زیاد در امر پیش‌بینی است، پیشنهاد می‌شود فعالان بازار سرمایه و تصمیم‌گیرندگان کلان کشور از آن

در پیش‌بینی قیمت سهم شرکتهای موجود در بورس اوراق بهادار و همچنین پیش‌بینی سایر شاخصها مانند شاخص قیمت و بازده (TEDPIX)، شاخص صنایع (Industrial Index) و شاخص بازده نقدی (TEDIX) استفاده کنند.

ب- کاربرد در زمینه‌های اقتصادی

الگوریتم پرواز پرندگان، روش دقیقی برای پیش‌بینیهای موضوعات اقتصادی است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد در سایر موضوعات مانند نرخ ارز، طلا، نفت و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

ج- کاربرد در زمینه تحقیقات حسابداری

از جمله مواردی که می‌توان در تحقیقات حسابداری از الگوریتم پرواز پرندگان استفاده کرد عبارت است از: پیش‌بینی جریانهای نقدی آینده و بحران مالی شرکتها.

یادداشتها

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1- Neural Network (NN) | 2- Genetic Algorithm (GA) |
| 3- Particle Swarm Optimization (PSO) | 4- Efficient Market Hypothesis |
| 5- Random Walk | 6- Chartist |
| 7- Intrinsic Value | 8- Meta Heuristics |
| 9- Simulated Annealing Algorithm (SA) | 10- Leung |
| 11- Birgul Egeil | 12- Armano |
| 13- Makoto Koshino | 14- Dallagonal and Van den berg |
| 15- Chiam | 16- TEPIX |
| 17- Garch | 18- ARFIMA |
| 19- Stationary | |
| 20- Hoelt-Winters Exponential Smoothing Forecasting Method | |
| 21- Auto Regressive (AR) | 22- Moving Average (MA) |
| 23- Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) | |
| 24- Data Transformation | 25- Swarm Motion |
| 26- Particle | 27- Train data |
| 28- Test data | |
| 29- Schwarz Bayesian information criterion (SBIC) | |
| 30- Gideon | 31- Akaike's Information Criterion |
| 32- Hirotugu Akaike | 33- An Information Criterion (AIC) |
| 34- Stata | 35- Lag |
| 36- Moving Average (MA) | 37- Critical Value |
| 38- Mean Absolute Deviations | 39- Mean Square Errors |
| 40- Root Mean Square Errors | 41- Mean Absolute Percentage Errors |
| 42- Matlab | |

منابع و مأخذ

- آذر، عادل و مومنی، منصور. (۱۳۷۷). *آمار و کاربرد آن در مدیریت*. تهران: انتشارات سمت، ج دوم، ص. ۳۶۵-۳۲۲.
- افسر، امیر. (۱۳۸۴). *الگوسازی پیش‌بینی شاخص قیمت سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی فازی و روش ترکیبی*. تهران: *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تربیت مدرس.
- بت‌شکن، محمود. (۱۳۸۰). *پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی - فازی و مقایسه آن با الگوهای خطی پیش‌بینی*، تهران: *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه تهران.
- طلوعی، عباس و حق‌دوست، شادی. (۱۳۸۶). *الگوسازی پیش‌بینی قیمت سهام با استفاده از شبکه عصبی و مقایسه آن با روش‌های پیش‌بینی ریاضی، پژوهشنامه اقتصادی*، ص. ۲۵۲-۲۳۷.

- گجراتی، دامودار. (۱۳۸۵). *مبانی اقتصاد سنجی*، ترجمه: ابریشمی، تهران. انتشارات دانشگاه تهران، چ چهارم، ص. ۹۰۷-۹۶۳.
- مشیری، سعید و مروت، حبیب. (۱۳۸۴). پیش‌بینی شاخص کل بازدهی سهام تهران با استفاده از الگوهای خطی و غیرخطی.
- وطن‌خواه، رامین. (۱۳۸۸). کنترل و بهینه‌سازی حرکت دسته‌ای یک توده رابیندهکی به وسیله روش‌های الهام گرفته از طبیعت، تهران: *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه صنعتی شریف.
- Armano, G., marchesi, A., and Murru, A. (2005). A hybrid genetic-neural architecture for stock indexes forecasting. *Information sciences*, pp. 3-33.
- Chang, T., Meade, N., Beasley, J., and Sharaiha, Y. (2000). Huristics For Cardinality Constrained Portfolio Optimisation. *Comput Operation Research*, pp. 1271-1302.
- Chiam, S., Tan, K., and Mamun, A. (2009). A memetic model of evolutionary PSO for computational finance applications. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, pp 3695-3711.
- Dallagnol, V., Vandenberg, F., and Mous, L. (2009). Portfolio Management Using Value at Risk: A comparison between Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization. *International of Intelligent System*, Vol. 24 pp 729-766.
- Egeci, B., Ozturan, M., and Badur, B. (2003). *Stock Market Prediction Using Artificial Neural Networks*. Bogazici University.
- Fourie, P. C., & Groenwold, A. A. (2002). The particle swarm optimization algorithm in size and shape optimization. *Struct. Multidisc. OPT*, Vol. 23 pp. 259-267.
- Haupt, R., & Haupt, S. E. (1998). *Practical Genetic Algorithm*. John Wiley & Sons
- Hernández, A., Muñoz, A., Villà E., & Botello, S. (2007). COPSO: Constrained Optimization via PSO Algorithm. *Centro de Investigación en Matemáticas, Guanajuato*, Technical Report of the Computer Sciences Department, México.
- Hirotagu, A. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Contro*, Vol. 19 pp 716-723.
- Kennedy, J. (1999). Small Worlds and Mega-Minds: Effects of Neighborhood Topology on. *Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation*, pp. 1934-1938.
- Kennedy, j., and Eberhart, R. (1995). Particle Swarm Optimization. *IEEE: International Conference on Neural Network*, pp. 1942-1948.
- Kennedy, J., and Mendes, R. (2002). Population Structure and Particle Swarm Performance. *Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation, CEC02*, pp. 1671-1676.
- Kiink, T., Vesterstroem, J. S., and Riget, J. (2002). Particle Swam Optimization with Spatial Particle Extension. *Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation*, pp. 1474-1479.

- Koshino, M., Murata, H., and Kimura, H. (2007). Improved Particle Swarm Optimization and Application To Portfolio Selection. *Electronics and Communications in Japan*, Vol. 90.
- L., B. (1992). The little bootstrap and other methods for dimensionality selection in regression: X-fixed prediction error. *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 87 pp 738-754.
- Leung, M. T., Chen, A. S., and Daouk, H. (2001). application of neural networks to an emerging financial market: forecasting and trading the taiwan stock index. www.ssrn.com.
- Martinez, S., Cortes, j., and Bullo, F. (2007). Motion coordination with distributed information. *IEEE Control Systems Magazine*, Vol. 27, pp 75–88
- Pankratz, A. (1983). *Forecasting with univariate Box–Jenkins models: concepts and cases*. John Wiley & Sons .
- White, h. (1988). Economic prediction using neural network: The case of IBM daily stock returns. *IEEE International conference on Neural Networks, San Deigo*, Vol. 2, pp. 451-458.