مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال دهم، شماره دوم (پیاپی ۳۷)، تابستان ۹۲، ص ص ۴۹-۳۵
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

توسعه‌ی مدلی ترکیبی هوشمند برای پیش‌بینی بازار سهام تهران

رضا حافظی[۱]، جمال شهرابی[۲*]، اسماعیل هداوندی[۳]

۱-کارشناسی ارشد مهندسی آینده پژوهی، دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک)، دانشکده مدیریت، علم و فناوری

۲- استاد و عضو هیات علمی دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک)، گروه صنایع

۳- دانشجوی دکتری دانشگاه امیرکبیر (پلی تکنیک)، گروه صنایع

۱، ۲- پژوهشکده مطالعات آینده

رسید مقاله: ۸ آذر ۱۳۹۱

پذیرش مقاله: ۲۷ فروردین ۱۳۹۲

چکیده

اخیراً مساله‌ای که توجه زیادی را به خود جلب کرده، پیشرفت فزآینده بازارهای پولی و مالی می‌باشد. هم‌اکنون یکی از اهداف اصلی گردانندگان بازارهای پولی و مالی این است که هر کسی، با هر سلیقه و هر مقدار و انتخاب هر نوع دارایی بتواند وارد این بازارها شده؛ فرصت‌های مناسب سرمایه‌گذاری را تشخیص دهد و در صورت تشخیص صحیح بتواند سود مناسبی کسب نماید. در توسعه و به‌کارگیری یک مدل پیش بینی، یکی از مسایل مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد دقت آن‌ها در مدل کردن روندهای آشوبناک و غیرخطی موجود در اکثر سیستم‌هاست. امروزه مدل‌های هوش مصنوعی از قبیل شبکه‌های عصبی مصنوعی، منطق فازی و الگوریتم‌های ژنتیک به دلیل توانمندی بالایی که در مدل کردن مسایل پیچیده مهندسی و سیستم‌های غیرخطی دارند به موضوع رایج تحقیقات در حوزه‌های مختلف تبدیل شده‌اند. در همین راستا با توجه به رویکرد سیستم‌های هوشمند در پیش‌بینی بازارهای مالی مدل ترکیبی هوشمند بَت- عصبی ارایه داده شدکه نتایج حاصل از پیش بینی دو نماد بیمه آسیا و مخابرات ایران در بازار بورس تهران نشان داد این مدل با دقت بالاتری نسبت به مدل های مقایسه‌ای ژنتیک عصبی و... عمل می‌کند.

کلمات کلیدی: مدل ترکیبی هوشمند، پیش بینی، بازار بورس تهران، شناسایی تاخیر زمانی، شبکه عصبی، الگوریتم بَت.

۱ مقدمه

همواره بشر در تلاش بوده تا بر مبنای جهان آفرینش الگویی طراحی نموده که بتواند حوادث گذشته را توجیه و به وسیله آن رویدادهای آینده را پیش‌بینی نماید. اما به دلیل عظمت خلقت و ظرافت‌های موجود در آن، در طول سال‌های متمادی بشر فقط بر اساس نیازها و تخصص‌های خویش توانسته تنها بخشی از این جهان پیچیده را به

* عهده دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: jamalshahrabi@aut.ac.ir

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

صورت کیفی و یا کمی الگوسازی نموده؛ به تحلیل آن بپردازد. از این‌روست که مدل‌سازی در حوزه‌های مختلف از جمله ریاضیات، فیزیک، مهندسی، اقتصاد، مالی و ... اهمیت پیدا کرده است. اما پیچیدگی جهان آفرینش و مخلوقات خداوندی به قدری است که این الگوها و مدل‌های ساخته شده به دست بشر نتوانسته پاسخگوی ظرافت‌های موجود در آن‌ها باشد. به همین دلیل برخی از مدل‌ها آن‌قدر کلی هستند که به جزییات و نکات ظریف اشاره نکرده‌اند و بعضی تجربی و فاقد دلایل و مستندات محکم استدلالی می‌باشند و یا برخی از این مدل‌ها تنها در شرایط خاصی جوابگوی مسایل‌اند.

پیش بینی فرآیند تصویر سازی عملکرد آینده بر مبنای داده‌های تاریخی است که در حوزه‌های مختلف از جمله مهندسی مالی [۱]، صنعت توریسم [۲]، مدیریت و بازاریابی [۳] و انرژی [۴] مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در توسعه و به‌کارگیری یک مدل پیش‌بینی، یکی از مسایل مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد؛ دقت آن‌ها در مدل کردن روندهای آشوبناک و غیر خطی موجود در اکثر سیستم‌هاست. امروزه مدل‌های هوش مصنوعی از قبیل شبکه‌های عصبی مصنوعی، منطق فازی و الگوریتم‌های ژنتیک به دلیل توانمندی بالایی که در مدل کردن مسایل پیچیده مهندسی و سیستم‌های غیرخطی دارند به موضوع رایج تحقیقات در حوزه‌های مختلف تبدیل شده‌اند [۵]. مطالعات فراوانی وجود دارند که در آن‌ها مقایسه روش‌های هوشمند و روش‌های کلاسیک آماری از جمله ARIMA و ... در مدل‌سازی مسایل پیش‌بینی انجام گرفته است و نتیجه‌ی آن‌ها دقت بالاتر روش‌های هوشمند در مسایل پیش‌بینی است [۶، ۷]. یکی از متداول‌ترین مدل‌های هوشمند که در مسایل پیش‌بینی به‌کار می‌رود؛ شبکه‌های عصبی مصنوعی است که به دلیل اینکه دارای قابلیت بالایی در به دست آوردن توابع غیرخطی چند متغیره می‌باشند؛ برای استفاده در مسایلی که از چندین پارامتر مختلف به صورت پیچیده و ناشناخته تاثیر می‌گیرند؛ به رویکردی غالب در این زمینه تبدیل شده‌اند.

۲ مروری بر ادبیات موضوع

در این بخش به مروری اجمالی بر ادبیات موضوع در حوزه‌ی پیش‌بینی و پیش‌بینی بورس می‌پردازیم.

۲-۱ ادبیات موضوع در حوزه‌ی پیش بینی

تکنیک‌های سنتی و معمول که در زمینه پیش‌بینی استفاده می‌شوند؛ روش‌های آماری از قبیل رگرسیون چند متغیره، مدل‌های سری‌های زمانی از قبیل میانگین متحرک، هموارسازی نمایی و باکس- جنکینز می‌باشند که در تحقیقات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۸-۱۰].

در تحقیقات فوق، کارایی مدل‌های استفاده شده برای داده‌هایی که دارای روندهای ساده می‌باشند؛ اثبات شده است. اما در دنیای واقعی، روابط میان متغیرهای تاثیرگذار بر قیمت سهام و روندهای موجود در سری زمانی قیمت سهام همیشه غیرخطی بوده؛ دارای روندی آشوبناک می‌باشد. اخیراً با توسعه تکنیک‌های هوش مصنوعی، مدل‌های مختلفی ارایه شده که نسبت به روش‌های سنتی عملکرد بهتری از خود نشان داده‌اند. مدل‌های شبکه عصبی از معمول‌ترین این مدل‌ها می‌باشند. بعد از آموزش یک مدل شبکه عصبی می‌توان از آن در پیش بینی قیمت سهام در آینده استفاده کرد.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

در مدلی که توسط لاورنس ارایه گردیده از شبکه‌های عصبی جهت پیش‌بینی قیمت استفاده شده است [۱۱]. این مقاله پیمایشی بر کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی قیمت بازارهای سهام می‌باشد. قابلیت شبکه‌های عصبی در شناسایی الگوهای سیستم‌های غیر خطی و نامنظم، توانایی مناسبی در راستای به کارگیری جهت پیش‌بینی قیمت سهام به مدل بخشیده است. در این مقاله تکنیک‌های متداول پیش‌بینی قیمت از جمله روش‌های پیش‌بینی فنی، اصول گرا و رگرسیون بیان و با شبکه‌های عصبی مقایسه شده است.

در سال‌های اخیر، رویکرد غالب در مساله‌ی پیش‌بینی، استفاده از مدل‌های ترکیبی هوش مصنوعی بوده. ثابت شده است که این مدل‌ها انعطاف‌پذیری بیشتری داشته و توانایی کشف الگوهای غیرخطی موجود در داده‌ها را با قدرت بیشتری دارا می‌باشند.

آیکن و همکاران، از یک مدل ژنتیک – عصبی که در آن از الگوریتم ژنتیک برای به دست آوردن پارامترهای شبکه عصبی استفاده شده برای پیش‌بینی ۳ ماهه صورت‌های مالی خزانه‌داری آمریکا استفاده کرده‌اند [۱۲]. آن‌ها به این نتیجه رسیده‌اند که مدل ترکیبی فوق توانایی پیش‌بینی دقیق‌تری نسبت به شبکه‌های عصبی دارد.

۲-۲ ادبیات موضوع در حوزه‌ی پیش بینی بورس

پیش‌بینی‌کنندگان بازار بورس بر توسعه رویکردهایی به منظور پیش‌بینی/ پیش‌گویی ارزش شاخص‌ها یا قیمت سهام و دستیابی به سود بالا با استفاده از استراتژی‌های مناسب تمرکز دارند [۱۳]. ایده‌ی اصلی موفقیت در نیل به این هدف، استفاده از حداقل داده ورودی و مدل‌های غیرپیچیده است.

بابا و همکارانش با ترکیب الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی، یک سیستم پشتیبان از تصمیم را برای پیش بینی شاخص‌های سهام بورس توکیو توسعه داده‌اند. در مدل ارایه شده از الگوریتم ژنتیک برای به دست آوردن پارامترهای شبکه عصبی استفاده شده است [۱۴].

کائو و همکاران، یک شبکه عصبی – فازی بر پایه الگوریتم ژنتیک برای فرموله کردن پایگاه دانش سیستم فازی ارایه داده‌اند که توانایی در نظر گرفتن اثرات فاکتورهای کیفی را بر قیمت سهام دارا می‌باشد [۱۵]. آن‌ها مدل پیشنهادی‌شان را برای پیش‌بینی شاخص بازار بورس تایوان به کار برده‌اند و نتایج حاصل از مدل ترکیبی ارایه شده از دقت بیشتری نسبت به مدل‌های شبکه عصبی برخوردار است. ما نیز در این مقاله از شبکه‌های عصبی به منظور پیش‌بینی قیمت سهام استفاده کردیم.

از این‌رو که عملکرد شبکه‌ی عصبی مستقیماً به نحوه‌ی عملکرد الگوریتم آموزش وزن‌های شبکه بر می‌گردد و بدین سبب که الگوریتم پس انتشار خطا در آموزش شبکه عصبی در فضایی آشوبناک هم‌چون بورس کارایی حداکثری ندارد [۱۶]، در ادبیات موضوع در سال‌های اخیر اغلب مشاهده شده که از الگوریتم‌های بهینه-سازی و تکاملی در بروز رسانی وزن‌های شبکه عصبی استفاده می‌گردد [۱۳]. دوسکن و همکاران (۲۰۰۵)، هداوندی و همکاران (۲۰۱۰) از الگوریتم ژنتیک برای آموزش [۱، ۱۷] و چن و همکاران (۲۰۰۵)، از الگوریتم پرواز پرندگان برای بهینه‌سازی استفاده کردند [۱۸].

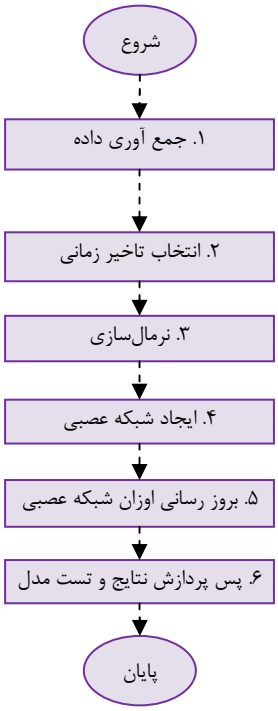
[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

در سال ۲۰۱۰ ، یانگ الگوریتمی فراابتکاری با الهام از پرواز خفاش ارایه کرد و در این مقاله نشان داد که این روش نوین در مقایسه با روش‌هایی همچون الگوریتم ژنتیک و الگوریتم پرواز پرندگان عملکرد بهتری دارد [۱۹]. این الگوریتم با توجه به دارا بودن پارامترهایی هم‌چون سرعت حرکت و فرکانس جستجو و توانایی به‌روزرسانی مقادیر آن‌ها در هر دور اجرا، با استناد به مقاله‌ی یاد شده تلفیقی از چند شیوه بهینه‌سازی می‌باشد.

با استناد به نتایج مقاله یانگ که در فوق ذکر شد و مقاله خان و ساهای که بر توانایی الگوریتم بَت در آموزش شبکه عصبی صحه نهادند [۲۰]، در این مقاله از الگوریتم بَت (خفاش) برای آموزش وزن‌های شبکه عصبی استفاده و شبکه‌ای بَت- عصبی تشکیل شده است.

۳ مدل ترکیبی هوشمند پیشنهادی

در راستای پیش بینی بازار بورس تهران، پژوهش حاضر در هفت گام متوالی به شرح ذیل انجام پذیرفته است:



شکل ۱. مراحل انجام پژوهش

در ادامه به توضیحی پیرامون هر گام می‌پردازیم.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

۳-۱جمع‌آوری داده

در این مرحله داده‌های مربوط به دو نماد مخابرات ایران و بیمه آسیا، به منظور مطالعه‌ی موردی از سایت بورس اوراق بهادار تهران استخراج شدند که در جدول (۱) و (۲) می‌توانید اطلاعات مربوط به این داده را مشاهده کنید.

جدول ۱. اطلاعات مربوط به نمادها در مطالعه موردی

نماد	از تاریخ	تا تاریخ	تعداد
مخابرات ایران	۹۰/۱/۱۷	۹۲/۱/۱۷	۴۵۴
بیمه آسیا	۹۰/۱/۱۷	۹۲/۱/۱۰	۲۴۶

مشخصه‌های مورد بررسی از قرار زیر می‌باشند:

جدول۲. مشخصه‌های ورودی و انتخاب شده

حجم	ارزش	تعداد	قیمت ابتدا	بیشترین قیمت	کمترین قیمت	میانگین قیمت

۳-۲ انتخاب تاخیر زمانی

گاهی در اخبار اقتصادی می‌شنویم که اتفاقات پیش آمده در عرصه‌ی اقتصاد ناشی از بروز فعلی در گذشته بوده؛ بدین معنا که بسیاری از شاخص‌های اقتصادی اثر تغییرات خود را به صورت آنی به بازار تحمیل نمی‌کنند؛ بلکه با گذشت زمانی از لحظه وقوع اثر منفی یا مثبت خود را اعمال می‌نمایند. لذا شناسایی تاخیر زمانی اثر مشخصه‌ها از مطلوبیت بالایی برخوردارست. در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار متلب به شناسایی تاخیرهای زمانی پرداختیم.

روش کار بدین صورت بوده که برای هرمشخصه در تقابل با مشخصه هدف، ده تاخیر زمانی قبل و بعد از زمان تطبیقی صفر (زمانی‌که تاخیری وجود ندارد) را در نظر گرفتیم و همبستگی متقابل آن‌ها را برای هر مرحله از تاخیر محاسبه نمودیم.

این شیوه علاوه بر شناسایی تاخیرهای زمانی در شناسایی مشخصه‌های مرتبط و هم‌راستا با مشخصه هدف بر اساس میزان همبستگی آماری آن‌ها نیز به ما یاری می‌رساند. رابطه‌ی محاسبه همبستگی متقابل در فضای گسسته به صورت زیر می‌باشد:

$$(f\ *g)[n]=\sum_{m=-\infty}^{\infty} f^{*}(m).g(n+m) \qquad (۱)$$

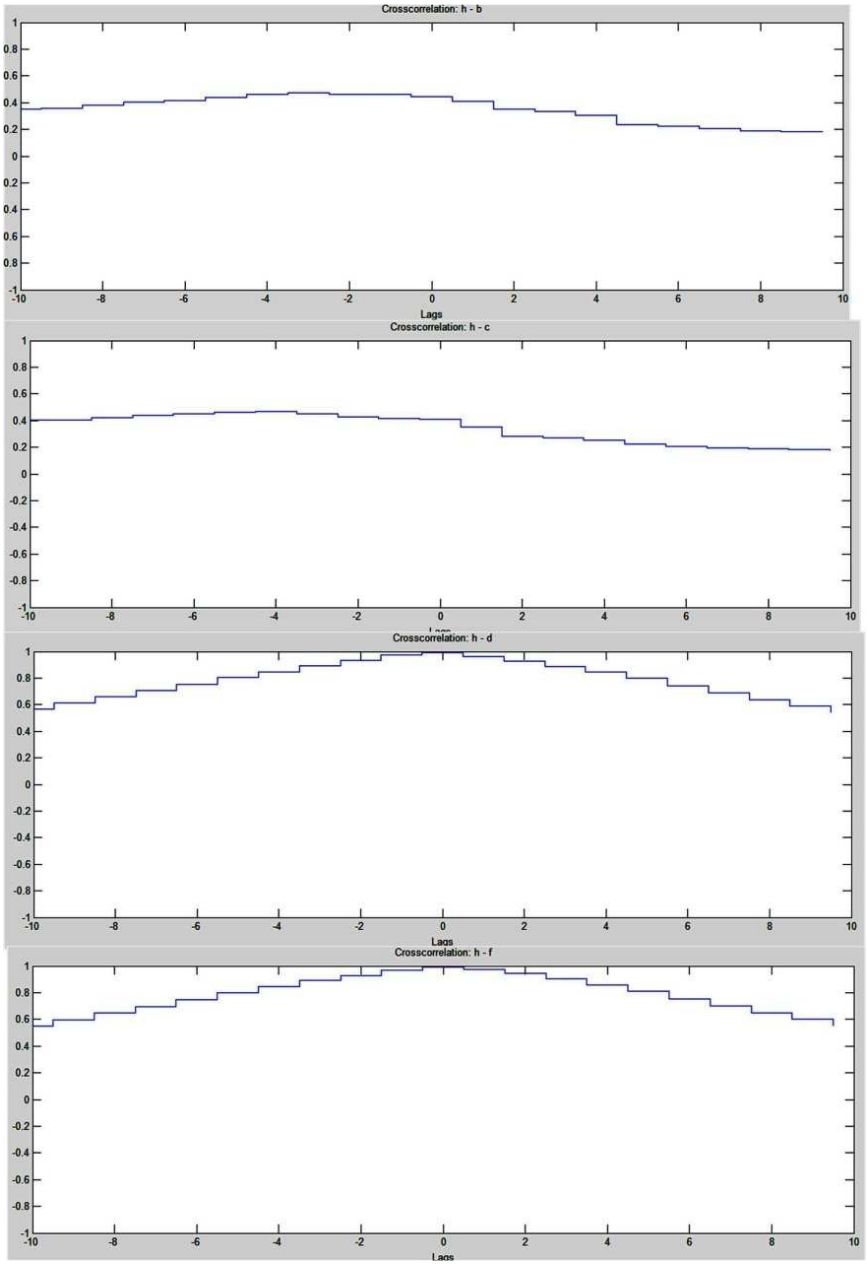
که در آن f^{*} تابع مزدوج مختلط f است.

از این شیوه در پردازش سیگنال، برای ارزیابی میزان تشابه دو موج با در نظر گرفتن تاخیر زمانی استفاده می‌شود. علاوه بر موارد ذکر شده، نکته‌ای که گاهی مورد غفلت واقع می‌شود؛ اثر متقابل مشخصه‌ها بر روی خودشان با گذشت زمان است. چون در این پژوهش هدف پیش‌بینی است و مشخصه هدف تنها به یک متغیر

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

محدود می‌شود؛ از روش‌های خود همبستگی برای بررسی اثر داده تاریخی با تاخیرهای زمانی مشخص از سوی مشخصه هدف بر روی خودش، بهره بردیم.

نمونه‌ای از نمودارهای حاصل از بررسی در ذیل آمده‌اند و برای جلوگیری از تفسیر اشتباه، همه مقیاس‌ها به صورت یکسان و در بازه ۱- تا ۱+ قرار داده شدند.



شکل ۲. نمودارهای تاخیر زمانی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

۳-۳ نرمال‌سازی

از آنجایی که واحد هرکدام از مشخصه‌ها و دامنه تغییرات‌شان در بسیاری از موارد متفاوت از دیگری می‌باشد و با توجه به این نکته که شبکه عصبی مصنوعی برای داده‌های نرمال شده عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد، از یکی از شیوه‌های متداول نرمال‌سازی داده در پژوهش استفاده نمودیم و داده را به دامنه صفر تا یک منتقل کردیم. یک شیوه متداول نرمال‌سازی داده، تبدیل مینیمم- ماکزیمم است که فرآیند گرفتن داده‌های مهندسی بر مبنای واحد آن‌ها و تغییر شکل آن به مقادیری بین ۰/۰ و ۱/۰ می‌باشد. کمترین مقدار (کمینه) روی ۰/۰ و بیشترین مقدار (بیشینه) روی ۱/۰ قرار می‌گیرند. این عمل مقایسه داده‌ها نیز تسهیل می‌نماید. برای انجام چنین فرآیندی از رابطه ذیل بهره جستیم:

(۲) (کمینه‌ی داده – بیشینه‌ی داده) / (کمینه‌ی داده – مقدار داده) = داده‌ی نرمال شده

۳-٤ ایجاد شبکه عصبی

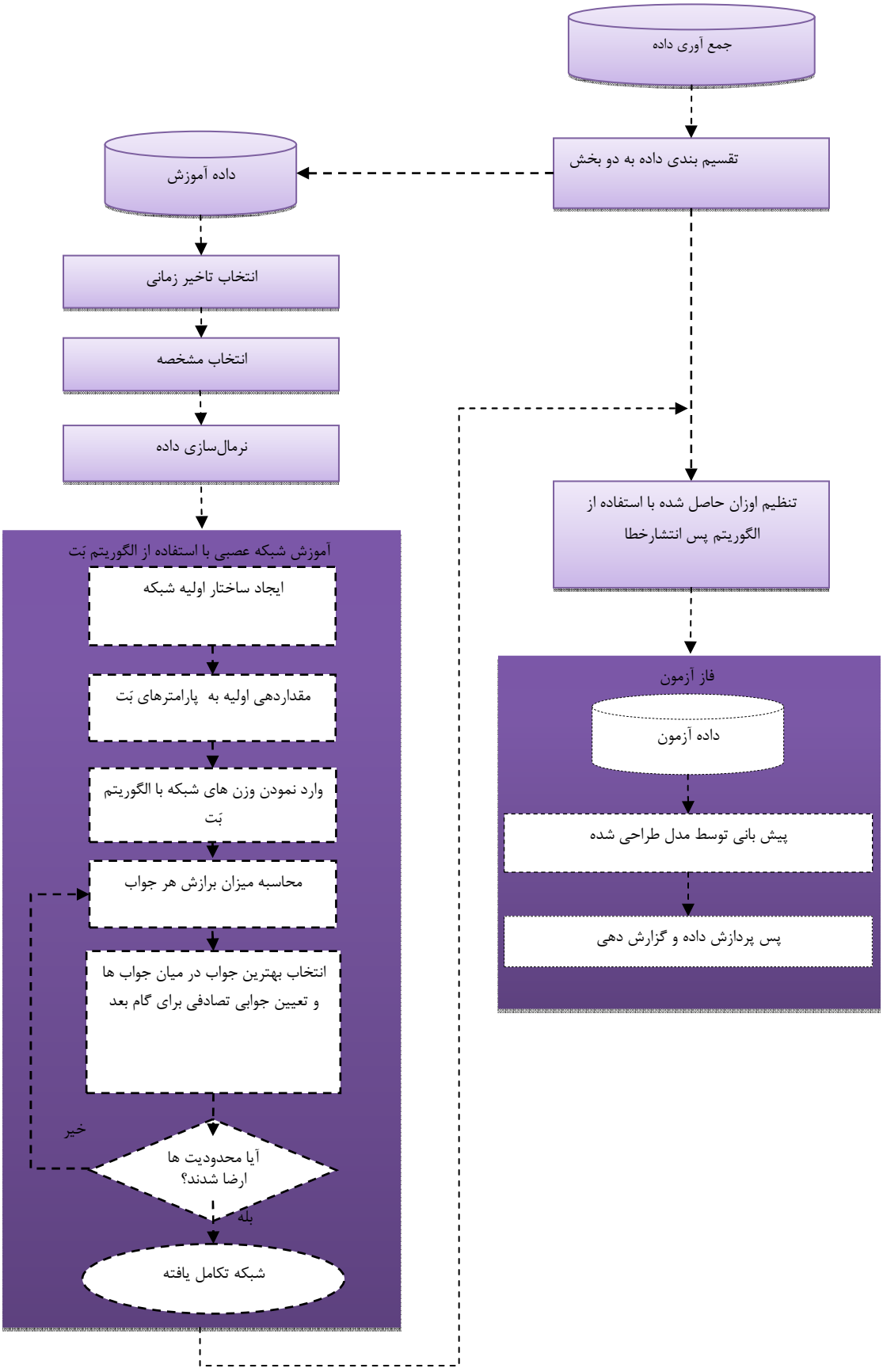
شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان بخشی مهم از هوش مصنوعی از آغاز دهه‌ی ۴۰ میلادی مطرح شدند و رشد چشمگیر آن‌ها در دهه‌ی ۹۰ رخ داد. امروزه شبکه‌های عصبی به ابزاری کارآمد و مهم در توسعه‌ی سیستم‌های هوشمند در حوزه‌های مختلف تبدیل شده است. مغز انسان سیستم بسیار پیچیده‌ای است که قادر به تفکر، یادآوری و حل مسایل است. تکنیک شبکه‌های عصبی ایده‌ای است که قصد دارد با استفاده از مدل‌های ریاضی و توان کامپیوتر برخی از جنبه‌های ساده‌ی مغز انسان را شبیه‌سازی کند.

شبکه‌های عصبی از تعدادی واحدهای پردازش متصل به هم، که نرون نامیده می‌شوند؛ تشکیل یافته‌اند. قابلیت مهم شبکه‌های عصبی یادگیری می‌باشد. یادگیری در شبکه‌های عصبی، مانند انسان، از روی مثال است. از فاکتورهای مهم در معماری شبکه‌های عصبی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ورودی‌های شبکه (لایه‌ی ورودی)، خروجی‌های شبکه (لایه‌ی خروجی)، تعداد لایه‌های میانی (لایه‌ی پنهان)، چگونگی اتصال لایه‌ها به یکدیگر، تابع تبدیل هر لایه، تعداد نرون‌های هر لایه.

با توجه به مقالات شاخصی که در حوزه پیش‌بینی بازار سهام با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به چاپ رسیده‌اند (در بخش دوم بحث شد)، بر آن شدیم تا برای مساله‌ی پیش‌بینی پیش‌رو از این الگوریتم استفاده نماییم. شکل ۳ خلاصه‌ای از الگوریتم پیشنهاد شده در پژوهش را به تصویر می‌کشد.

در این پژوهش از شبکه عصبی با چهار نرون در لایه پنهان استفاده شده که این تعداد از آزمون سعی و خطا برای مقادیر مجاز به دست آمد. برای لایه پنهان از تابع تبدیل پایه شعاعی استفاده نمودیم و در لایه خروجی تابع تبدیل خطی به کار گرفته شده است. شبکه‌های عصبی پایه شعاعی به صورت گسترده‌ای در تخمین توابع غیرخطی، کلاس‌بندی داده و کنترل سیستم‌ها مورد استفاده قرار گرفته است [۲۱]. با استناد به مقاله‌ی نوشته شده توسط پارک و سندبرگ (۱۹۹۱) می‌توان ادعا کرد که شبکه‌های پایه شعاعی با یک لایه پنهان توانایی تخمین جامع را دارا می‌باشند [۲۲]. لذا با توجه به موارد ذکر شده از این قسم شبکه عصبی استفاده می‌نماییم.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]



شکل ۳. الگوریتم بَت- عصبی پیشنهادی

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

۳-۵ به‌روز رسانی اوزان شبکه عصبی با استفاده از الگوریتم بَت

با توجه به اهمیت بروزرسانی اوزان شبکه عصبی و میزان اثربخشی آن در نتایج نهایی، در چند سال اخیر توجه پژوهشگران به استفاده از الگوریتم‌های هوشمند و فراابتکاری در بهینه‌سازی اوزان شبکه جلب شده و مقالات موفقی در این حوزه به چاپ رسیده است.

از ویژگی‌های الگوریتم‌های فراابتکاری نوپدید می‌توان تلفیق الگوریتم‌های هوشمند موجود را به منظور حذف نواقص با بهره‌گیری از توانایی‌های الگوریتم‌های دیگر و به طور کلی تجمیع مشخصه‌های مطلوب نام برد. در سال ۲۰۱۰، یانگ [۱۹]، الگوریتمی را بر پایه رفتار خفاش (بَت) در شناسایی هدف و پرواز به سمت آن ارایه داد که با توجه به ویژگی‌های برتر آن نسبت به الگوریتم‌های مرسوم و پرکاربرد موجود از آن برای آموزش شبکه عصبی استفاده نمودیم.

۳-۵-۱ معرفی الگوریتم بَت

خفاش امواجی با فرکانس ۲۰ کیلوهرتز تا ۲۰۰ کیلوهرتز می‌فرستد و وقتی بازتاب این فرکانس‌ها را دریافت می کند به محاسبه‌ی فاصله می‌پردازد و کمترین فاصله از خفاش تا هر شیء مقصد او خواهد بود [۲۳]. زمانی‌که خفاش به مقصد خود نزدیک می‌شود؛ فرکانس موج ارسالی را کاهش و این عمل را تا زمانی‌که فاصله به مینیمم خود، یعنی صفر برسد؛ ادامه می‌دهد.

۳-۵-۲ محاسبه‌ی فرکانس

فرض کنید داده D به صورت ماتریس $m \times n$ در دست باشد؛ آن‌گاه هر سطر به عنوان یک خفاش (بَت) درنظر گرفته می‌شود؛ پس $\{B_1, B_2, \ldots, B_k, \ldots B_n\}$. هر خفاش سیگنال صوتی متفاوتی با طول موج مختلف و نرخ پالس متفاوت ارسال می‌کند. فرکانس صوتی خفاش B را با f نمایش می‌دهیم.

f_i فرکاس صوتی خفاش B_i است که به صورت ذیل به دست می‌آید:

$$f_k = c_1 \times \sum_{i=1}^{m} \frac{D_{ki}}{m} \qquad (۳)$$

که c_1 نرخ پالس بوده؛ برای کنترل فرکانس f_k خفاش B_k استفاده می‌شود و زمانی که خفاش به مقصد نزدیک می‌شود یا از آن دور می‌گردد این مقدار (یعنی c_1) به طور خودکار تنظیم می‌شود. رابطه‌ی مربوط به نحوه تنظیم این پارامتر در ادامه خواهد آمد.

با استناد به مقاله یانگ (۲۰۱۰) [۱۹] مقدار فرکانس اولیه را بین ۰/۰ و ۱/۰ انتخاب می‌نماییم.

۳-۵-۳ محاسبه‌ی فاصله

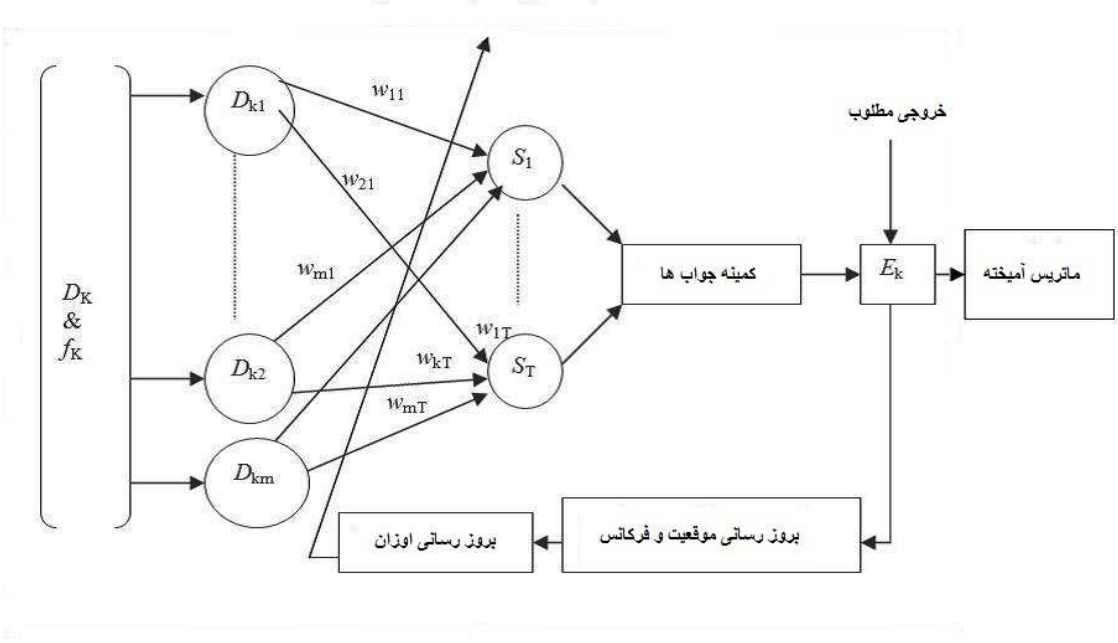
فاصله S خفاش B_kاز شی z با ضرب D_k با وزن تصادفی در f_k به دست می‌آید. $z \in T$ بوده و T تعداد کلاس‌هاست.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

$$S_{objectz} = f_k \times D_k \times wt \quad (۴)$$

wt ماتریس وزن با مقداری بین ۰/۵- تا ۰/۵+ و اندازه $m \times T$ می‌باشد.

رویه کامل نحوه عملکرد متد در شکل زیر به نمایش درآمده است:



شکل ٤. الگوریتم بَت

۳-۵-٤ به‌روز رسانی موقعیت خفاش

هر شیء یک کلاس را مشخص می‌کند. پس از محاسبه خطا از طریق رابطه:

$$E_k = S_{objectz} - ۱ \quad (۵)$$

موقعیت خفاش به صورت زیر تغییر می یابد:

$$P_k = P_k + E_k \quad (۶)$$

زمانی‌که خفاش شروع به پرواز می‌کند؛ فرض می‌کنیم که موقعیت او در صفر قرار دارد. این موقعیت وقتی که وی نزدیک شیء می‌شود تغییر می‌یابد و P_k و E_k به سمت صفر کاهش می‌یابند.

۳-۵-۵ بروز رسانی فرکانس f و وزن wt پس از تغییر موقعیت خفاش

وقتی خفاش به هدف نزدیک می‌شود؛ فرکانس شروع به کاهش می‌کند. این مهم با کنترل مقدار $c_۱$ از طریق رابطه‌ی زیر و لذا اثر گذاشتن به رابطه‌ی محاسبه‌ی فرکانس عملی می‌شود:

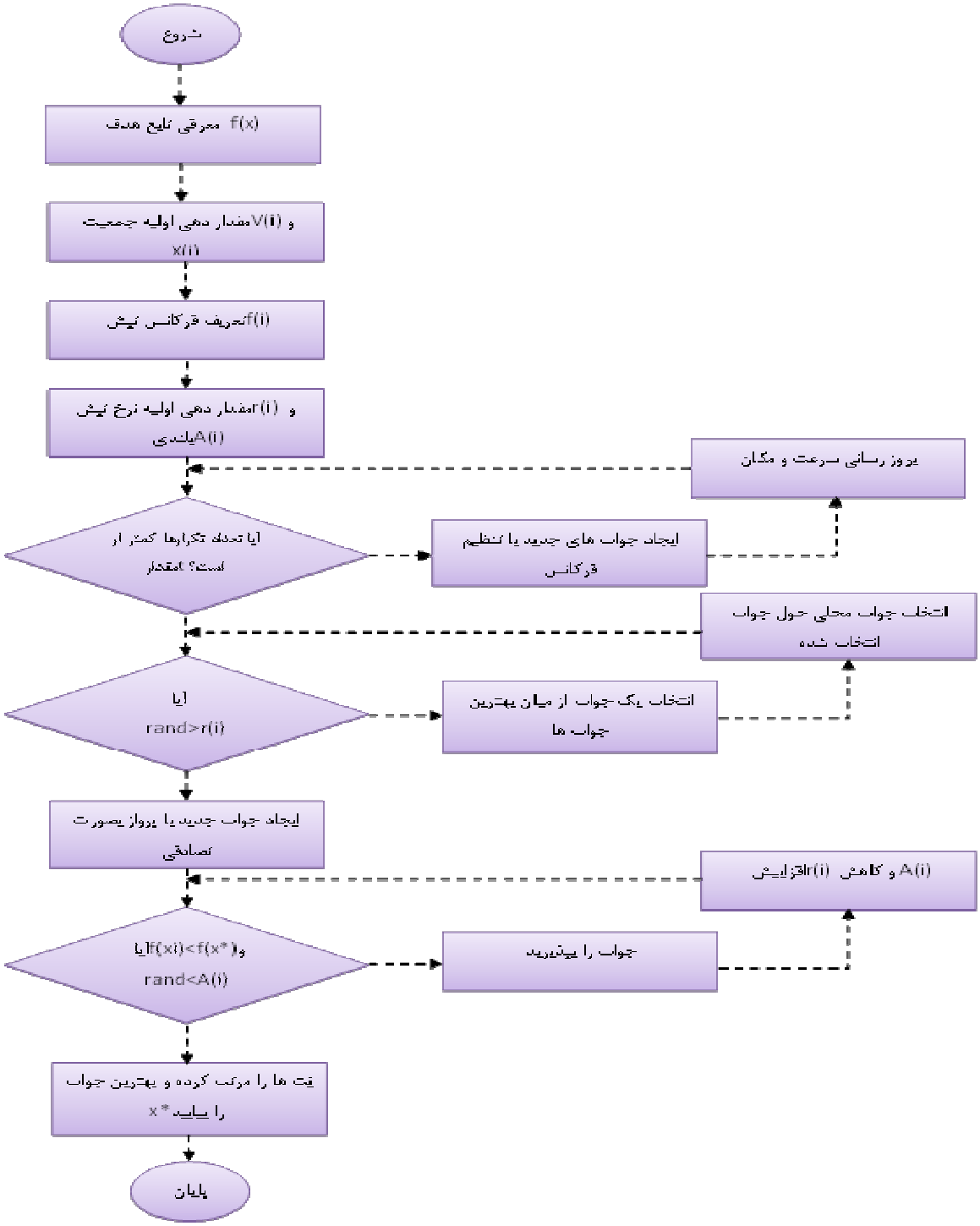
$$c_۱ = f_k + c_۲ \times E_k^{۲} \times P_k \quad (۷)$$

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

$c_۲$ مقداری ثابت است که به عنوان نرخ یادگیری خفاش در نظر گرفته شده. ما آن‌را حدود ۰/۰۰۱۱ در نظر گرفتیم.

$$wt = wt + ۲ \times \mu \times E_k \qquad (۸)$$

فلوچارت مربوط به نحوه‌ی عملکرد الگوریتم بَت در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵. فلوچارت مربوط به الگوریتم بَت

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

۳-٦ پس پردازش نتایج و تست مدل

در این گام مجموعه داده تست به شبکه اعمال می‌گردد و با استفاده از الگوریتم بَت- عصبی پیشنهاد شده به پیش بینی ارزش سهام نمادهای انتخابی می‌پردازیم.

در این پژوهش از شیوه‌های متداول افراز داده بخش آموزش و تست استفاده شده، بدین صورت که ۸۰ درصد داده تاریخی اولیه به عنوان داده‌ی آموزشی و ۲۰ درصد بقیه به عنوان داده‌ی تست مورد استفاده قرار گرفتند.

برای بررسی نتایج با توجه به این نکته که معیار آماری MAPE (Mean Absolute Percentage Error) یکی از پرکاربردترین معیارهای مقایسه مدل‌های پیش‌بینی است؛ برای بررسی میزان انطباق پیش‌بینی مدل با داده واقعی از این شیوه جهت گزارش عملکرد استفاده نمودیم. رابطه‌ی محاسبه این اماره به صورت زیر می‌باشد:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{t_i - A_i}{t_i}\right| \times 100 \qquad (9)$$

که در آن:

t_i : مقدار پیش بینی شده

A_i: مقدار واقعی

n: تعداد کل داده بررسی شده می‌باشند.

برای مقایسه عملکرد مدل پیشنهادی و سنجش میزان کارایی آن در جدول ذیل MAPE مربوط به اجرای مدل‌های هوشمند مورد اعتماد و مرجع با مدل ارایه شده مقایسه شده است.

جدول ۳. مقایسه الگوریتم بَت - عصبی پیشنهادی با الگوریتم‌های موجود برای نماد مخابرات ایران

عنوان مدل	پارامترها	کمترین خطای MAPE
ژنتیک- عصبی(۴)	$p_{cross\ over} = ۰/۸$ $p_{mutation} = ۰/۰۵$ $Number\ of\ neurons = ۴$	۱/۷۳۴۱
ژنتیک- عصبی(۶)	$p_{cross\ over} = ۰/۸$ $p_{mutation} = ۰/۰۵$ $Number\ of\ neurons = ۶$	۱/۷۵۳۳
شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم یافته	$spread = ۰/۲$	۱/۶۹۳۸
بَت - عصبی	$Population = ۳۵$ $Number\ of\ generation = ۱۰$ $f_{min} = ۰$ $f_{max} = ۱$ $landa = ۱/۲$ $alpha = ۰/۵$	۱/۶۰۳۷

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

جدول ٤. مقایسه الگوریتم بَت - عصبی پیشنهادی با الگوریتم‌های موجود برای نماد بیمه آسیا

عنوان مدل	پارامترها	کمترین خطای MAPE
ژنتیک- عصبی(۴)	$p_{cross\ over}$ =۰/۸ $p_{mutation}$ =۰/۰۵ $Number\ of\ neurons$ =۴	۲/۶۷۹۹
ژنتیک- عصبی(۶)	$p_{cross\ over}$ =۰/۸ $p_{mutation}$ =۰/۰۵ $Number\ of\ neurons$ =۶	۲/۷۱۰۴
شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم یافته	$spread$ =۰/۳	۲/۸۸۸۵
بَت- عصبی	$Population$ =۳۵ $Number\ of\ generation$ =۱۰ f_{min} =۰ f_{max} =۱ $landa$ =۱/۲ $alpha$ =۰/۵	۲/۲۰۲۶

همان‌طور که از جدول (۳) و (۴) نیز پیداست مدل پیشنهاد شده بَت- عصبی عملکردی بهتر از سایر مدل‌های مقایسه‌ای نتیجه داده است.

به منظور ارزیابی دقت پیش‌بینی از آزمون فرض زوجی تی- استودنت بین مدل‌های مورد بررسی در جدول (۳) و مدل پیشنهادی بَت- عصبی استفاده نمودیم. به این منظور فرضیات زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

H_0: اختلاف معناداری بین مدل بَت - عصبی پیشنهادی و مدل مقایسه‌ای وجود ندارد.

H_1: اختلافی معنادار میان مدل پیشنهادی بَت - عصبی و مدل مقایسه‌ای موجود است.

نتایج حاصل از انجام این آزمون در جداول زیر به نمایش در آمده است.

جدول ۵. نتایج آزمون تی- استودنت برای نماد مخابرات ایران

مدل	میانگین	انحراف معیار استاندارد	مدل پایه	t test	p-value	نتیجه گیری
ژنتیک- عصبی(۴)	۱/۹۰۹۹	۰/۰۸۵۸	بَت- عصبی	۶/۰۵۲۶	۰/۰۰۰۰۶۱۶	$\mu_{GA4} > \mu_{BNN}$
ژنتیک- عصبی(۶)	۲/۲۸۰۷	۰/۵۱۴۵		۲/۲۵۷۱	۰/۰۲۳۸	$\mu_{GA6} > \mu_{BNN}$
شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم یافته	۱/۶۹۳۸	۰/۰۰۹۱		۸/۴۹۷۸	۰/۰۰۰۱۸۵	$\mu_{GRNN} > \mu_{BNN}$
بَت- عصبی	۱/۶۱۰۲					

جدول ٦. نتایج آزمون تی- استودنت برای نماد بیمه آسیا

مدل	میانگین	انحراف معیار استاندارد	مدل پایه	t test	p-value	نتیجه گیری
ژنتیک- عصبی(۴)	۳/۷۱۷۱	۱/۰۴۰۳	بَت- عصبی	۱/۱۲۳۲	۰/۱۵۲۱	$\mu_{GA4} > \mu_{BNN}$
ژنتیک- عصبی(۶)	۴/۱۲۲۳	۱/۰۷۵۴		۱/۶۱۹۴	۰/۰۷۸۲	$\mu_{GA6} > \mu_{BNN}$
شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم یافته	۲/۸۸۸۵	۱/۱۹۰۱		۰/۰۰۱۷	۰/۵۰۰۶	$\mu_{GRNN} > \mu_{BNN}$
بَت- عصبی	۲/۸۹۰۸					

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

نتایج آزمون فرض نیز نشان داد که مدل پیشنهادی بَت- عصبی دقت بالاتری در پیش‌بینی سری‌های زمانی آشوبناک (هم‌چون بازار بورس) ارایه می‌دهد.

٤ نتیجه‌گیری

اخیراً مساله‌ای که توجه زیادی را به خود جلب کرده است؛ پیشرفت فزآینده بازارهای پولی و مالی می‌باشد. هم‌اکنون یکی از اهداف اصلی گردانندگان بازارهای پولی و مالی این است که هر کسی، با هر سلیقه و هر مقدار و انتخاب هر نوع دارایی بتواند وارد این بازارها شده؛ فرصت‌های مناسب سرمایه‌گذاری را تشخیص دهد و در صورت تشخیص صحیح بتواند سود مناسبی کسب نماید. در همین راستا می‌توان به مهندسی مالی اشاره کرد که یکی از مهم‌ترین رسالت‌های آن، طراحی ابزارهای متنوع مالی به منظور تنوع بخشیدن به بازارهای پولی و مالی می‌باشد.

در حوزه مباحث مالی، به علت اهمیت تصمیم‌گیری، دنباله‌ای از تاثیرات این تصمیم و پیشامدهایی که بعد از تصمیم‌گیری ممکن است رخ دهد؛ در نظر گرفته می‌شود. قابلیت برآورد این تاثیرات کنترل ناپذیر موجب بهبود انتخاب و تصمیم‌گیری خواهد شد. به همین خاطر سیستم‌های مدیریتی برای طراحی و کنترل عملکردهای تشکیلاتی خود نیاز به پیش‌بینی دارند.

در مقاله حاضر نویسندگان تلاش نمودند تا با توسعه‌ی مدلی هوشمند، به پیش بینی بازار بورس بپردازند. در همین راستا از الگوریتم فراابتکاری بَت برای آموزش شبکه‌های عصبی موصنوعی استفاده شد و آزمون عملکرد آن بر روی دو نماد از بازار بورس تهران نشان داد که مدل هوشمند پیشنهادی عملکردی بهتر از مدل‌های مقایس‌های هم‌چون ژنتیک- عصبی، شبکه عصبی رگرسیونی تعمیم یافته و شبکه پایه شعاعی مطلق دارد.

منابع

[1] Hadavandi, E., H. Shavandi, A., (2010). Ghanbari, Integration of genetic fuzzy systems and artificial neural networks for stock price forecasting. Knowledge Based System, 23, 800–808.

[2] Hadavandi, E., et al., (2011). Tourist arrival forecasting by evolutionary fuzzy systems. Tourism Management, 32(5), 1196-1203.

[3] Efendigil, T., Önüt, S., Kahraman, C., (2009). A decision support system for demand forecasting with artificial neural networks and neuro-fuzzy models: A comparative analysis. Expert Systems with Applications, 36(3), 6697-6707.

[4] Azadeh, A., Saberi, M., Asadzadeh, S. M., (2011). An adaptive network based fuzzy inference system–auto regression–analysis of variance algorithm for improvement of oil consumption estimation and policy making: The cases of Canada, United Kingdom, and South Korea. Applied Mathematical Modelling. 35(2), 581-593.

[5] Konar, (2005). Computational Intelligence: Principles, techniques. Berlin. Springer.

[6] Khashei, M., Bijari, M., (2010). An artificial neural network) p, d,q) model for timeseries forecasting. Expert Systems with Applications, 37, 479–489.

[7] Khashei, M., Hejazi, S. R., Bijari, M., (2008). A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting. 159, 769-789.

[8] Virtanen, I., Yli-Olli, P., (1990). Working's effect revisited—Fitting univariate time series to stock price data. Omega. 18(3), 229-230.

[9] Grillenzoni, C., (1998). Forecasting unstable and nonstationary time series. International Journal of Forecasting, 14(4). 469-482.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]

[10] Yuan, Y., Zhuang, X. T., (2008). Multifractal description of stock price index fluctuation using a quadratic function fitting. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 387(2-3), 511-518.
[11] Lawrence, R., Using Neural Networks to Forecast Stock Market Price. no. Department of Computer Science, University of Manitoba.
[12] Aiken, M. Bsat, M., (1999). Forecasting market trends with neural networks. Information Systems Management, 16(4). 42-48.
[13] Atsalakis, G., Valavanis, K., (2009). Surveying stock market forecasting techniques – Part II: Soft computing methods. Expert Systems with Applications, 36, 5932–5941.
[14] Baba, N., Inoue, N., Asakawa, H., (2000). Utilization of Neural Networks and GAs for Constructing Reliable Decision Support Systems to Deal Stocks. IEEE–INNS–ENNS International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN'00)5, 5111–5116.
[15] Kuo, R. J., Chenb, C. H., Hwang, Y. C., (2001). An intelligent stock trading decision support system through integration of genetic algorithm based fuzzy neural network and artificial neural network. Fuzzy Sets and Systems, 118, 21-45.
[16] Asadi, S., et al., (2012). Hybridization of evolutionary Levenberg–Marquardt neural networks and data pre-processing for stock market prediction. Knowledge-Based Systems, 35. 245–258.
[17] Doesken, B., et al., (2005). Real stock trading using soft computing models. Proceedings of International Symposium on Information Technology: Coding and Computing ITCC, 2, 162-167.
[18] Chen, Y., et al., (2005). Hybrid methods for stock index modelling, in Proceedings of Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. Second International Conference, 1067–1070.
[19] Yang, X. S., A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm. Springer, 201, 65–74.
[20] Khan, K., Sahai, A., (2012). A Comparison of BA, GA, PSO, BP and LM for Training Feed forward Neural Networks in e-Learning Context. I.J. Intelligent Systems and Applications, 7, 23-29.
[21] Dua, D., Li, K., MinruiFei, (2010). A fastmulti-outputRBFneuralnetworkconstructionmethod. Neurocomputing, 73, 2196–2202.
[22] Park, J., Sandberg, I. W., (1991). Universal Approximation Using Radial-Basis-Function Networks. Neural Computation, 3, 246-257.
[23] Herman, H., Gudra, T., (2010). New Approach in Bats' Sonar Parameterization and Modelling. Physics Procedia, 3, 217-224.

[Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-01]