توسعه شبکه عصبی مصنوعی ترکیبی به منظور انتخاب سبد محصولات در سازمان‌ها

سهراب پوررضا [۱]، حسین اکبری پور [۲] و محمدرضا امین ناصری [۳*]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد فناوری اطلاعات- دانشگاه تربیت مدرس

[۲] دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع- دانشگاه تربیت مدرس

[۳] دانشیار بخش مهندسی صنایع- دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت ۹۲/۷/۱۴، تاریخ دریافت روایت اصلاح‌شده ۹۲/۱۱/۶، تاریخ تصویب ۹۳/۱/۲۴)

چکیده

دنیای امروز شاهد رقابت فشرده سازمان‌ها در حوزه‌های متنوع است و تصمیم‌گیری صحیح و بهینه، بخصوص در امور راهبردی مزیت رقابتی را برای هر سازمان به ارمغان می‌آورد. در این مقاله، مدلی برای یاری مدیران ارشد سازمان در اتخاذ تصمیمات راهبردی توسعه داده شده است. این مدل با استفاده از ترکیب رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و شبکه عصبی مصنوعی ارائه‌شده و امکان شناسایی بهترین سبد محصولات برای سرمایه‌گذاری را برای مدیران ارشد و بدون دخالت مستقیم آنان در تصمیم‌گیری، فراهم می‌آورد. در مدل پیشنهادی، اولویت‌بندی محصولات بر اساس معیارهای مورد نظر سازمان انجام می‌گیرد، به این نحو که ابتدا از داده‌های سالیان گذشته و با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی، ارزش یا وزنی اولیه برای هر یک از معیارهای انتخاب کالا و هر یک از محصولات کاندید محاسبه می‌شود. از آنجایی که اوزان به دست آمده لزوماً بهینه و یا نزدیک به بهینه نیستند، در گام پایانی، شبکه عصبی مصنوعی به کار گرفته شده است تا با اعمال فرآیند یادگیری و با بهره‌گیری از نتایج به دست آمده، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، مقادیر وزن‌ها بیش از پیش بهبود یافته و جواب قابل قبول‌تری توسط مدل ارائه شود. مدل پیشنهادی به صورت مطالعه موردی در یک سازمان دارویی نمونه مورد بررسی قرار گرفته است و مقایسه خروجی آن با نتایج واقعی سرمایه‌گذاری انجام شده توسط سازمان، حکایت از ارائه نتایج قابل قبول توسط مدل توسعه یافته در این مقاله دارد.

واژه‌های کلیدی: سبد محصولات، تصمیم‌گیری چندمعیاره، منطق فازی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، شبکه‌های عصبی مصنوعی

مقدمه

استراتژی سازمانی به معنای استفاده بهینه و کامل از همه ظرفیت‌ها برای رسیدن به چشم‌انداز و اهداف اصلی سازمان‌ها با بهره‌گیری از انتخاب‌ها و ابزار، متفاوت است. مدیران و تصمیم‌گیران سازمان با توجه به اهداف راهبردی و منابع خود، باید از بین راهکارها و گزینه‌های متفاوت و قابل جایگزین پیش رو، بهترین و مناسب‌ترین راهکار را به عنوان استراتژی سازمانی برگزیده و بر اساس آن، فرآیندها و حوزه‌های سازمانی را اداره کنند. بنابراین موضوع اصلی در اینجا تصمیم‌گیری و یا به عبارت کامل‌تر، اعطای ابزار تصمیم‌گیری صحیح به مدیران ارشد سازمان برای انتخاب سبد بهینه و یا نزدیک به بهینه سرمایه‌گذاری است [۱]. قابلیت گرفتن بهترین تصمیم ممکن (به عنوان خروجی) بر اساس اطلاعات گذشته، فعلی و پیش‌بینی‌های آینده (به عنوان ورودی) فرآیندی دشوار است. ابزاری که بتواند این عمل را تسهیل کند، کمک بسیار بزرگی برای تصمیم-گیران صنایع است. محققان همواره و به طور روزافزونی در حال کاوش در حوزه شبکه‌های عصبی مصنوعی به عنوان شیوه‌ای برای سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری [۱] (DSS) هستند. شبکه‌های عصبی، ابزاری قدرتمند برای مدل‌سازی داده است که می‌تواند ارتباطات پیچیده ورودی و خروجی را دریافت کرده و نمایش دهد [۲].

مدل‌های فراوانی برای کمک به تصمیم‌گیری مدیران در سازمان‌ها و یا به عبارتی به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری معرفی شده است که هر یک، از ابزار و روش‌های متفاوتی بهره می‌بردند. این در حالی است که سیستم‌های ذکرشده اغلب پیچیدگی‌های فراوان دارند و یا معیارهای کیفی در آن‌ها لحاظ نشده است. به عنوان مثال، روش بهینه‌سازی چند هدفه [۲] نیازمند دخالت مستقیم

* نویسنده مسئول: تلفن: ۸۲۸۸۳۳۴۴، فاکس: ۸۲۸۸۳۳۹۵، Email: amin_nas@modares.ac.ir

تصمیم‌گیران برای تعیین دقیق وزن معیارها است که این موضوع در عمل، فرآیندی دشوار و یا ناممکن قلمداد می‌شود [۶ ،۵-۳]. تحلیل پوششی داده‌ها[۳] رویکرد دیگری است که در راستای پیاده‌سازی مدل تصمیم‌گیری، استفاده شده بود [۸ ،۷] و البته آسان‌ترین روش به نظر می‌رسد، چرا که در آن نیاز به هیچگونه دخالت مدیران در تصمیم‌گیری و یا وزن‌دهی معیارها احساس نمی‌شد. با این حال، روش یاد شده همانند یک جعبه سیاه[۴] عمل می‌کند که شاید در برخی از کاربردها چندان مناسب به نظر نرسد. رویکرد و روش‌شناسی دیگر با نام هزینه کلی مالکیت[۵] وجود متصور است که در آن دیدی فراتر از قیمت خرید توسعه می‌یابد تا بسیاری دیگر از هزینه‌های مرتبط با خرید را شامل شود. رویکرد هزینه کلی مالکیت با گسترش دنیای رقابت و تلاش سازمان‌ها برای درک و مدیریت هزینه‌های خود، بیش از پیش مورد توجه واقع شد. اما مشکل اساسی این روش در گرانی و پیچیدگی زیاد آن شناسایی شد، چرا که نیازمند صرف زمانی طولانی‌تری نسبت به روش‌های پیشین برای شناسایی عوامل اساسی است [۹]. در دهه‌های اخیر، روش‌های هوشمند برای بهبود دقت رویکردهای موجود مورد استفاده قرار گرفتند. ابزار اصلی مورد استفاده در مدل‌های هوشمند، شبکه‌های عصبی مصنوعی هستند که سعی دارند عمل یادگیری و یادآوری مغز انسان را شبیه‌سازی کنند [۲].

چن و لین (۲۰۰۴) یک رویکرد جدید بر اساس شبکه عصبی برای حل مسایل تصمیم‌گیری چندمعیاره پیشنهاد کردند. این رویکرد برای دریافت و نمایش ترجیحات یا معیارهای مد نظر تصمیم‌گیرنده و سپس حل یک مسئله بهینه‌سازی و تولید مطلوب‌ترین راهکار یا جواب ممکن به کار می‌رفت [۱۰]. تن و دیگران (۲۰۰۶) یک سیستم مرکب از استدلال بر پایه مورد و شبکه‌های عصبی معرفی کردند تا به مدیران در گرفتن تصمیم در زمینه سرمایه‌گذاری در فناوری کمک کند [۱۱]. وو (۲۰۰۹) مدل ترکیبی دیگری را معرفی کرد که در مسئله انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان، آن‌ها را به دو خوشه کارا و ناکارآمد تقسیم می‌کرد [۱۲]. همچنین پژوهش‌های فراوانی در زمینه تصمیم‌گیری‌های حساس به هزینه[۶] انجام شده است [۱۳]. در این تحقیقات در مورد عوامل گوناگون که در تصمیم‌گیری‌های حساس به هزینه دخیل هستند، بحث شده و هزینه کلاسه‌بندی غلط[۷] و جمع‌آوری داده به عنوان اصلی‌ترین این هزینه‌ها مطرح شده‌اند [۱۴]. اکثر مدل‌های تصمیم‌گیری نیز بر اساس دو هزینه ذکرشده بنا شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به مدل‌های تصمیم‌گیری بر اساس شبکه‌های عصبی اشاره کرد [۱۸-۱۵]. نکته اصلی در تحقیقات ذکرشده، اشاره به معیارهای تأثیرگذار در تصمیم‌گیری و امکان ادغام آنها است. در تحقیقات [۲۰ ،۱۹] از روش‌های هوشمند و بخصوص از شبکه‌های عصبی بهره گرفته شده و مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، تا حد زیادی بهبود یافته است. مشکل اساسی این گروه از تحقیقات، در طراحی عمیق شبکه عصبی، بخصوص محاسبه وزن بین گره‌ها و یا محاسبات طاقت‌فرسای ارزیابی جایگزین‌ها یا تصمیمات جایگزین نمود می‌یابد. گل‌محمدی در سال ۲۰۱۱ [۲] مدلی را پیشنهاد کرد که بدون درگیر شدن در محاسبات پیچیده و تولید شبکه عصبی، بتواند عمل تصمیم‌گیری چندمعیاره را بهینه و یا نزدیک به بهینه کند و به تصمیم‌گیران سازمان در انتخاب بهترین تأمین‌کننده یاری رساند. در این مدل، یک روش مقایسه زوجی منحصر به فرد برای تعیین اوزان اولیه بین نرون‌ها معرفی می‌شود. استفاده از داده‌های گذشته و یا ترجیحات تصمیم‌گیران برای ارزیابی‌های آینده و نیز امکان رتبه‌بندی، از دیگر مزایای این روش است.

در این مقاله، مدلی طراحی می‌شود که قادر است با دریافت عواملی مرتبط با سرمایه‌گذاری در محصولات سازمان از جمله عوامل مالی، بازرگانی و تولیدی، تصمیمی برای انتخاب بهترین سبد محصولات را در پیش گیرد. این مدل برای بهبود تصمیم‌گیری‌های راهبردی به صورت عملی توسعه داده می‌شود، بدین صورت که ابتدا با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۸]، یک جواب مطلوب برای اولویت‌بندی محصولات کاندید ایجاد می‌شود. سپس اوزان به دست آمده برای هر معیار به کمک یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه تعلیم[۹] یافته و با دریافت ورودی‌های گذشته و یا ترجیحات مدیران، بهترین جواب و رتبه‌بندی برای محصولات کاندید حاصل می‌آید.

ادامه این مقاله بدین صورت تقسیم‌بندی شده است: در بخش دوم، مدل پیشنهادی و مراحل آن در راستای انتخاب بهترین سبد محصولات برای سرمایه‌گذاری تشریح خواهد شد. در بخش سوم، مدل توسعه یافته برای حل

یک مطالعه موردی در یک سازمان دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد و بخش چهارم، به بررسی نتایج محاسبات و خروجی مدل برای مورد مطالعاتی و مقایسه نتایج به دست آمده با داده‌های حقیقی (سرمایه‌گذاری حقیقی انجام گرفته توسط مورد مطالعاتی) می‌پردازد. مقاله با بیان نتیجه‌گیری و معرفی زمینه تحقیقات آینده در بخش پنجم پایان می‌یابد.

مدل پیشنهادی برای انتخاب بهترین سبد محصولات برای سرمایه‌گذاری

در این مقاله، مدلی برای یاری مدیران ارشد سازمان‌ها برای گرفتن تصمیمات راهبردی توسعه داده شده است. این مدل به واسطه ترکیب رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و شبکه عصبی مصنوعی پدید آمده و قادر است شناسایی بهترین سبد محصولات برای سرمایه-گذاری را به ارمغان آورد. شایان ذکر است که مدیران ارشد بدون دخالت مستقیم در تصمیم‌گیری، می‌توانند از مدل پیشنهادی بهره گیرند. در این مدل، اولویت‌بندی محصولات بر اساس معیارهای مورد نظر سازمان انجام می‌گیرد، به این نحو که از داده‌های سالیان گذشته و با به کارگیری فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی، ارزش یا وزن هر یک از معیارهای انتخاب کالا محاسبه می‌شود. اوزان فعلی به عنوان ورودی فرآیند تحلیل سلسه مراتبی فازی در نظر گرفته می‌شوند و در نتیجه مقادیر وزن اولیه در راستای انتخاب محصولات کاندید برای سرمایه‌گذاری حاصل می‌آیند. پرواضح است که که اوزان به دست آمده لزوماً جواب مطلوب ما نیستند و از این رو در گام پایانی مدل، شبکه عصبی مصنوعی به کار گرفته می‌شود. با اعمال فرآیند یادگیری در شبکه عصبی، به احتمال زیاد مقادیر وزن‌ها بیش از پیش بهبود یافته و جواب قابل قبول‌تری توسط مدل توسعه‌یافته ارائه می‌شود. شکل (۱) رویه کامل مدل پیشنهادی برای ارایه بهترین سبد محصولات سازمان را نمایش می‌دهد. مطابق با شکل (۱)، مدل شامل سه فاز طراحی، آزمایش و پیاده‌سازی است و هر فاز متشکل از مراحل مختلف است. هر مرحله از مدل به وسیله ابزار خاصی قابل پیاده‌سازی است و خروجی هر مرحله، ورودی مرحله بعدی آن قلمداد می‌شود. در واقع، بین مراحل متوالی مدل، پیوستگی وجود دارد و به عنوان مثال، معیارهای وزن‌دهی شده، خروجی مرحله تحلیل سلسله مراتبی و ورودی مرحله طراحی شبکه عصبی است. در ادامه، هر یک از فازها و مراحل مدل پیشنهادی تشریح می‌شود.

فاز اول: طراحی مدل پیشنهادی

در فاز طراحی مدل، ابتدا معیارهای مورد نظر سازمان بر اساس تحقیقات پیمایشی امتیازدهی می‌شوند و بدین طریق در مرحله دوم، وزن‌دهی معیارها با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی ممکن می‌شود.

خروجی مرحله دوم به عنوان ورودی شبکه عصبی محسوب می‌شود و آموزش شبکه عصبی به واسطه نتایج تحقیقات پیمایشی انجام می‌گیرد. نتایج حاصل از آموزش شبکه به عنوان ورودی فاز دوم قلمداد می‌شود. در ادامه جزئیات هر یک از مراحل فاز طراحی مدل تشریح می‌شوند.

امتیازدهی معیارها با استفاده از مطالعات پیمایشی

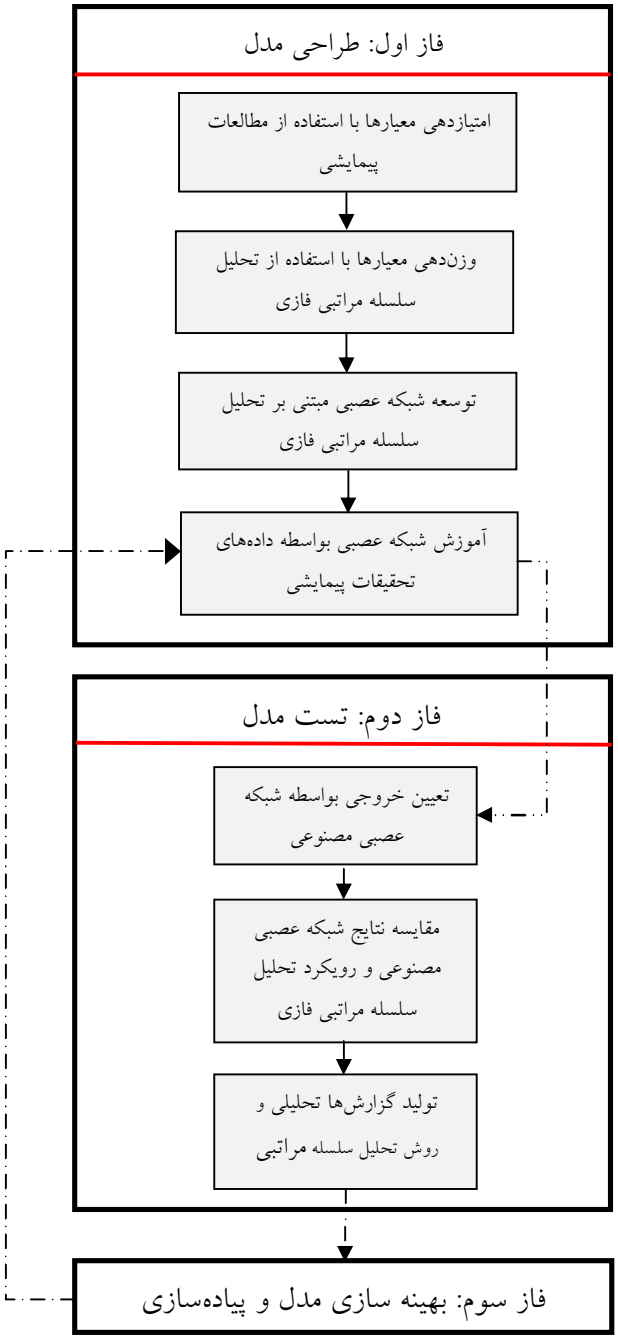
مرحله نخست و بسیار حساس از طراحی مدل، به مطالعات پیمایشی و توصیفی از سازمان مورد نظر با هدف جمع‌آوری اطلاعات و شناسایی معیارهای مد نظر تصمیم‌گیران اختصاص دارد. در این مرحله سعی بر آن است تا با مطالعه سند راهبردی، مصاحبه با افراد متخصص سازمان و نیز ایجاد پرسشنامه، اطلاعات جامعی از نحوه امتیازدهی به معیارها و محصولات سازمان حاصل آید. همچنین، محصولات کاندید مد نظر سازمان برای تصمیم-گیری و رتبه‌بندی در این مرحله، از فاز طراحی مدل شناسایی می‌شوند. از مسائل اساسی دیگر در این مرحله، نحوه امتیازدهی کیفی است. بدین منظور، پس از تعیین معیارهای اصلی، بررسی مستندات و اطلاعات گذشته (در این مقاله به طور خاص اطلاعات دو سال گذشته سازمان مورد بررسی قرار می‌گیرد) امتیاز و رتبه اعطا شده به هر معیار توسط تصمیم‌گیران سازمان در هر مقطع زمانی و به ازای هر محصول، تبیین می‌شود. جدول (۱) نحوه امتیازدهی معیارهای کیفی را نشان می‌دهد.

مطابق با جدول (۱)، برای هر معیار کیفی پنج سطح و به دنبال آن پنج میزان امتیاز در نظر گرفته شده است که به ازای هر محصول در مقاطع زمانی مشخص (به عنوان مثال ماهانه) و بر اساس تصمیمات و ترجیحات تصمیم-گیران به هر معیار اختصاص می‌یابد. رویکرد امتیازدهی جدول (۱) پیشنهادی است و امتیازدهی معیارهای کیفی با توجه به شرایط هر سازمان قابل تغییر است. از این رو، در این مقاله امتیازهای (۴-۱) به عنوان سطح کیفی پایین، امتیازهای (۶-۴) به عنوان سطح کیفی متوسط و امتیازهای بیشتر از ۶ به عنوان سطح بالای کیفیت در نظر گرفته می‌شوند.

وزن‌دهی معیارها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی

معیارهای مدنظر تصمیم‌گیران سازمان و نیز امتیازدهی معیارها، به عنوان ورودی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در نظر گرفته می‌شود تا اوزان متناظر هر یک از معیارها محاسبه شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) که برای اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط ال ساعتی معرفی شد، تکنیکی برای تصمیم‌گیری در مسائل چندمعیاره است که در آن امکان ادغام معیارهای کمی و کیفی وجود دارد [۲۱]. در این تکنیک پس از تبیین معیارهای مدنظر تصمیم‌گیرندگان و همچنین گزینه‌های تصمیم‌گیری موجود، مقایسات زوجی برای اولویت‌بندی نهایی تصمیمات مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای شبیه‌سازی واقعی‌تر نحوه تصمیم‌گیری انسان، گونه دیگری از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به نام فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی[۱۰] (FAHP) معرفی شده است.

در مدل پیشنهادی این تحقیق، از رویکرد مبتنی بر FAHP بهره گرفته شده است، به طوری که از جداول و مقایسات زوجی تحلیل سلسه مراتبی مطابق با ادبیات موضوع استفاده شده است، اما در تعیین بهترین محصولات اولویت‌بندی، روش پیشنهادی دیگری (که در بخش بعدی تشریح خواهد شد) استفاده می‌شود. خروجی نهایی این مرحله اوزان نهایی مربوط به هر معیار مدنظر سازمان است.



شکل ۱: رویه مدل پیشنهادی به منظور انتخاب سبد محصولات

جدول ۱: نحوه امتیازدهی معیارهای کیفی

سطح معیار کیفی	امتیاز
خیلی پایین	۱
پایین	۳
متوسط	۵
بالا	۷
بسیار بالا	۹

توسعه شبکه عصبی مصنوعی مبتنی بر FAHP

برای طراحی یک شبکه عصبی باید چند عامل اساسی تعریف شوند که عبارتند از نرون‌های ورودی، تعداد لایه‌ها و نرون‌های میانی و اوزان یال‌ها. به علاوه داده‌های اولیه برای فرآیند آموزش تولید شوند. این داده‌ها، همان طور که پیش‌تر نیز عنوان شد، با بررسی یک بازه دو ساله از مستندات سازمان، وضعیت هر محصول با توجه به معیارهای تعریف شده و مقاطع زمانی ماهانه و با نظر کارشناسان سازمان تولید می‌شوند. یک شبکه عصبی مصنوعی برای توسعه نیاز به تعریف ورودی، خروجی، هدف و معرفی تابع تبدیل دارد [۲۲].

همه داده‌های جمع‌آوری شده از مطالعات پیمایشی سازمان در بازه زمانی یاد شده که شامل محصولات مورد نظر و معیارهای وزن‌دهی شده به ازای هر محصول است، به عنوان داده‌های ورودی شبکه یا داده‌های آموزش شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این داده‌ها اغلب در قالب یک جدول ارایه می‌شود، به طوری که سطرهای آن محصولات، ستون‌های آن معیارها است و به ازای هر سطر امتیاز متناسب و دقیقی برای معیار متناظر بر اساس نظر کارشناسان و خبرگان ثبت می‌شود.

خروجی شبکه عصبی مصنوعی، که در این مقاله از نوع پرسپترون چندلایه[۱۱] است، با عنوان بهترین محصول[۱۲] (BP) نمایش داده خواهد شد و با استفاده از فرمول ۱ مورد محاسبه قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که در این مرحله فقط یک اولویت‌بندی اولیه برای محصولات به دست می‌آید:

$$BP = \sum xi.wi \qquad (۱)$$

در رابطه (۱) x_i امتیاز استخراج شده برای هر معیار و w_i وزن مربوط به آن معیار است که در مرحله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی محاسبه شده است. مقادیر BP در فرمول ۱ به ازای هر ماه به دست می‌آیند که برای تعیین مقدار هدف شبکه عصبی از همه این مقادیر میانگین گرفته می‌شود. در واقع، خروجی نهایی هر محصول از میانگین مقادیر خروجی در ازای بازه زمانی ماهانه حاصل می‌شود. با اعمال میانگین بر خروجی‌های حاصل شده از رابطه (۱)، خروجی هدف[۱۳] شبکه عصبی مصنوعی مطابق با رابطه (۲) به دست می‌آید:

$$T = \text{Average}\ (BP_{\text{for each month}}) \qquad (۲)$$

در شبکه عصبی توسعه یافته، معیارها تشکیل‌دهنده لایه پنهان[۱۴] هستند. همچنین معیارهایی که خود زیرمعیاری ندارند، به عنوان بایاس در نظر گرفته شده و وزن معیارها (خروجی مرحله FAHP) معرف اوزان بین نرون‌ها است.

آموزش شبکه عصبی بواسطه داده‌های تحقیقات پیمایشی

اوزان اولیه (خروجی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه شده از طریق رابطه ۱) در طی فرآیند آموزش شبکه عصبی اصلاح می‌شوند تا بدین طریق اولویت‌بندی مناسب‌تری برای محصولات سازمان به دست آید. هدف از به کارگیری شبکه عصبی پس از اجرای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بهبود احتمالی نتایج است. این احتمال وجود دارد که نتایج مرحله FAHP جواب مناسب مسئله بوده و شبکه عصبی نتواند خروجی بهتری را برای سازمان به ارمغان آورد. با این حال، شبکه عصبی کارا بودن مدل و تولید خروجی یا اولویت‌بندی دقیق و سودآورتر را تضمین می‌کند.

فاز دوم: آزمایش مدل پیشنهادی

برای آزمایش مدل ارایه‌شده با هدف انتخاب بهترین محصول، باید ابتدا داده‌های لازم را جمع‌آوری کرده و ابزار نرم‌افزاری مناسب نیز مهیا شود. در ادامه برای هر قسمت از مدل نرم‌افزارهای استفاده شده معرفی می‌شود.

تعیین خروجی به واسطه شبکه عصبی مصنوعی

برای شبیه‌سازی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی و همه مفاهیم وابسته به آن از جمله مقایسه زوجی و ایجاد اولویت‌بندی وزنی برای معیارها از نرم‌افزار Expert Choice استفاده می‌شود. برای ایجاد شبکه عصبی و آزمایش و اجرای آن و در نهایت تولید خروجی مدل نیز از نرمافزارهای Matlab و Neuro Soloutions بهره گرفته می‌شود.

مقایسه نتایج شبکه عصبی و روش تحلیل سلسله مراتبی

پس از تولید نتیجه نهایی مدل یا اولویت‌بندی محصولات کاندید با استفاده از نرم‌افزارهای معرفی شده در بخش قبل، می‌توان نتایج را با اولویت‌بندی تولیدشده توسط روش FAHP مورد مقایسه قرار داد تا بدین گونه میزان دقت مدل و نیز میزان تأثیر به کارگیری شبکه عصبی برای اصلاح مقادیر اوزان معیارها مشخص شود.

تولید گزارش‌ها تحلیلی و جمع‌آوری بازخورد تصمیم‌گیران

تولید گزارش‌های سفارشی و تحلیلی برای تصمیم-گیران سازمان در مورد ترتیب اولویت محصولات و میزان اهمیت و تأثیر معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری‌های راهبردی با استفاده از خروجی مدل و همچنین انجام مقایساتی نظیر آنچه در بخش قبل اشاره شد، میسر است.

فاز سوم: بهینه‌سازی مدل و پیاده‌سازی

پیاده‌سازی و بهینه‌سازی مدل پیشنهادی به طور ویژه، حمایت مدیران ارشد سازمان و مشاوره افراد خبره صنعت و سازمان را می‌طلبد. پس از پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در سازمان و ارایه گزارش‌های متنوع به مدیران و جمع‌آوری نظرات تصمیم‌گیران اصلی سازمان، از آنها برای بهبود مدل پیشنهادی بخصوص در مرحله تحلیل داده‌های مطالعات پیمایشی استفاده می‌شود. همچنین، برای اعتبارسنجی مدل باید نتایج به دست آمده از پیاده‌سازی مدل پیشنهادی با اطلاعات سرمایه‌گذاری واقعی و نیز نتایج به دست آمده از دیگر مدل‌های پیاده‌سازی شده در سازمان (در حوزه مشابه) مورد مقایسه قرار گیرد.

مطالعه موردی: سازمان دارویی سهامی خاص نمونه

مورد مطالعه، یک سازمان دارویی تازه تأسیس است که به دلیل محیط رقابتی موجود و همچنین در جهت رسیدن به اهداف راهبردی خود قصد دارد تا از میان محصولات کاندید موجود برای سرمایه‌گذاری، آن‌ها را اولویت‌بندی کند و بر اساس این اولویت‌بندی، اقدامات بعدی برای سرمایه‌گذاری را انجام دهد.

فاز اول: طراحی مدل در سازمان دارویی نمونه

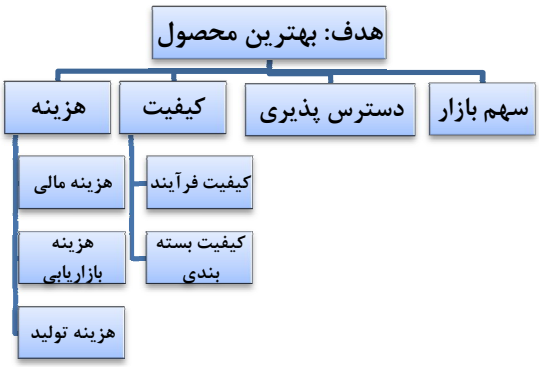
هر یک از مراحل رویه نمایش داده شده در شکل (۱) برای مطالعه موردی نیز به تفکیک تشریح می‌شوند.

مطالعات پیمایشی و انتخاب معیارها در سازمان دارویی

محصولات مدنظر سازمان برای سرمایه‌گذاری در جدول (۲) قابل مشاهده است. همان طور که پیش‌تر اشاره شد، باید با انجام مطالعات پیمایشی و توصیفی در این سازمان دارویی، معیارهای مدنظر تصمیم‌گیران شناسایی شوند. با توجه به تحقیقات انجام گرفته، این معیارها به همراه زیرمعیارهای هر یک از آنها در شکل (۲) و در قالب یک نمودار سلسه مراتبی به تصویر کشیده شده است.

جدول ۲: لیست محصولات کاندید برای سرمایه‌گذاری

ردیف	محصولات کاندید
۱	سیتریزین[۱۵]
۲	سیتالپرام[۱۶]
۳	متفرمین[۱۷]
۴	پنتاپرازول[۱۸]
۵	آملودیفین[۱۹]



شکل۲: نمودار سلسله مراتبی معیارهای انتخابی در سازمان دارویی

همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است، چهار معیار اصلی ۱- هزینه[۲۰] شامل زیر معیارهای: هزینه مالی[۲۱]، هزینه بازاریابی[۲۲] و هزینه تولید[۲۳]؛ ۲-کیفیت[۲۴] شامل دو زیر معیار کیفیت فرآیند[۲۵] و کیفیت

بسته‌بندی[۲۶]، ۳- در دسترس بودن[۲۷]، ۴-سهم بازار[۲۸]، به عنوان معیارهای مدنظر تصمیم‌گیران سازمان برای انتخاب محصول بهینه و یا نزدیک به بهینه مورد استفاده هستند. معیار اول کمی و سه معیار بعدی کیفی هستند. معیار هزینه به همراه زیرمعیارهای آن پارامترهای منفی هستند. بدین معنا که هر چه مقدار آنها بیشتر باشد، امتیاز محصول کاهش می‌یابد.

وزن‌دهی معیارهای سازمان دارویی نمونه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی

همان‌طور که پیش‌تر عنوان شد، برای انجام محاسبات رویکرد FAHP از نرم‌افزار Expert choice بهره گرفته می‌شود. معیارهای تعیین شده در مرحله قبلی مدل پیشنهادی، ورودی رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی قلمداد می‌شوند. در روش FAHP ابتدا باید به کمک روش مقایسات زوجی، امتیاز معیارها در مقایسه با یکدیگر از نظر میزان تأثیرگذاری بر انتخاب محصولات و به واسطه یک فرد خبره ارائه شود تا امتیاز نهایی هر یک از معیارها به عنوان خروجی قابل محاسبه باشد. نرم‌افزار یاد شده امکان مقایسه زوجی را فراهم آورده و خروجی نهایی مدنظر که همان اولویت‌بندی معیارها است را تولید می‌کند. امتیازات ارائه‌شده در مقایسات زوجی نتیجه تحقیقات انجام گرفته در مرحله پیمایشی و مصاحبه با افراد خبره سازمان است. در جدول (۳) مقایسات زوجی بین چهار معیار اصلی مدنظر سازمان دارویی نمونه ارائه شده است، به طوری که مقادیر جدول ارجحیت یک معیار نسبت به معیار دیگر را بیان می‌کنند.

جدول ۳: مقایسات زوجی چهار معیار اصلی در سازمان دارویی نمونه

*	هزینه	کیفیت	دسترس پذیری	سهم بازار
هزینه	-	۳	۷	۵
کیفیت	۱/۳	-	۷	۴
دسترس پذیری	۱/۷	۱/۷	-	۱/۵
سهم بازار	۱/۵	۱/۴	۵	-

همچنین، جداول ۴ و ۵ مقایسات زوجی بین زیر معیارهای معیار اول و دوم را نشان می‌دهد.

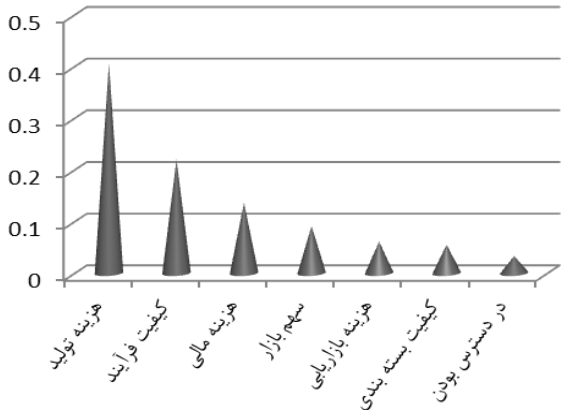
جدول ۴: مقایسات زوجی زیر معیارهای هزینه در سازمان دارویی

*	هزینه مالی	هزینه بازاریابی	هزینه تولید
هزینه مالی	-	۳	۱/۴
هزینه بازاریابی	۱/۳	-	۱/۵
هزینه تولید	۴	۵	-

جدول ۵: مقایسات زوجی زیر معیارهای کیفیت در سازمان دارویی

*	کیفیت فرآیند	کیفیت بسته بندی
کیفیت فرآیند	-	۴
کیفیت بسته بندی	۱/۴	-

حال با توجه به مقایسات زوجی انجام شده، خروجی این مرحله اوزان نهایی همه معیارها و زیر معیارها خواهد بود (شکل ۳). خروجی مورد نظر از قسمت فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به دست آمده و یک اولویت‌بندی برای محصولات کاندید تولید می‌کند، به این ترتیب که باید به ازای هر معیار یا زیر معیار محصولات، دو به دو با یکدیگر مقایسه زوجی شوند و برتری و ارجحیت آنها نسبت به یکدیگر مشخص شود. این نتایج فقط برای مقایسه خروجی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و خروجی نهایی مدل ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

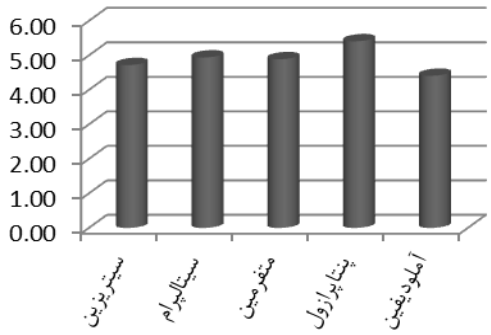


شکل ۳: اولویت‌بندی نهایی معیارهای انتخابی در سازمان دارویی

خروجی نهایی حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی که اوزان هر یک از معیارهای مد نظر سازمان نیز هست، در شکل (۴) به تصویر کشیده شده است. این مقادیر جایگزین متغیر w_i در فرمول ۱ شده‌اند تا محاسبه وزن نهایی هر محصول ممکن شود.

توسعه شبکه عصبی برای بررسی سازمان دارویی نمونه

برای ایجاد شبکه عصبی مطلوب سازمان دارویی نمونه، هر یک از اجزای شبکه به تفکیک تشریح می‌شود. شبکه عصبی به صورت پرسپترون چند لایه[۲۹] و از نوع پیشرو[۳۰] تعریف شده است. هدف از طراحی شبکه عصبی شبیه‌سازی فرآیند تصمیم‌گیری مدیران ارشد است، بدون آنکه در این تصمیم‌گیری دخالت مستقیم داشته باشند.



شکل ۴: اولویت‌بندی محصولات سازمان دارویی با استفاده از روش FAHP

برای دستیابی به یک ساختار مناسب برای شبکه عصبی مصنوعی، اغلب روش مشخصی وجود نداشته و باید از روش سعی و خطا، به ساختار مناسب از نظر تعداد لایه‌های پنهان، وزن اولیه یال‌های نرون‌ها و تعداد نرون‌های لایه میانی دست یافت.

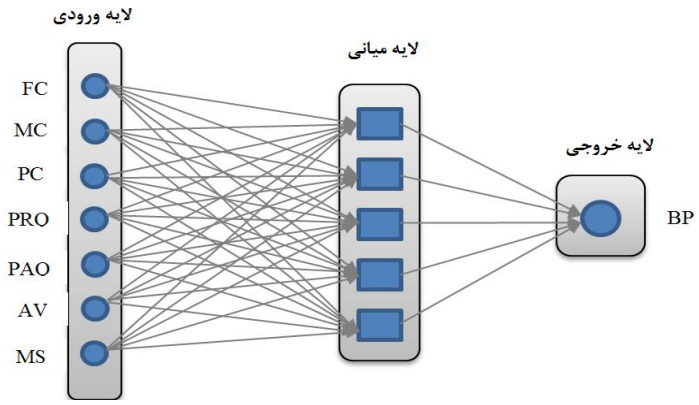
داده‌های مطلوب در آموزش شبکه عصبی سازمان دارویی

در بخش آزمایش مدل، نمونه‌ای از داده‌های استفاده شده به عنوان ورودی شبکه عصبی یا داده‌های آموزش در قالب جدول (۷) آورده شده است. این داده‌ها حاصل مطالعات پیمایشی در یک بازه دو ساله در سازمان دارویی است. داده‌های ورودی با مشورت کارشناسان و خبرگان صنعت دارو و بهره‌گیری از امتیازدهی آن‌ها جمع‌آوری شده است.

خروجی شبکه عصبی مورد استفاده در سازمان دارویی

شبکه عصبی یک نرون خروجی دارد که با نماد BP نمایش داده می‌شود. خروجی شبکه عصبی باید امتیاز هر محصول را با توجه به هر سری ورودی، که امتیازات هر معیار است، مشخص کند. خروجی مطلوب یا مورد نظر شبکه عصبی با توجه به اوزان به دست آمده برای معیارهای سنجش در مرحله FAHP و قرار دادن آن‌ها در فرمول ۱ به جای متغیر w_i به دست می‌آید. متغیر x_i در فرمول ۱ نیز برگرفته از همان اطلاعات ارائه شده خبرگان و کارشناسان صنعت دارو و سازمان مورد مطالعه در یک بازه دو ساله است.

نتیجه نمایش داده شده در شکل (۴)، پس از تکمیل کردن طراحی شبکه عصبی، با خروجی نهایی مدل که همان جواب اصلی مسئله است، مقایسه می‌شود. در واقع، شکل (۴) معرف یک جواب صحیح برای مسئله است و می‌توان اینگونه توصیف کرد که اگر سازمان از اولویت‌بندی انجام گرفته در شکل (۴) استفاده کند، سود سالیانه خود را افزایش می‌دهد.



شکل ۵: ساختار شبکه عصبی طراحی شده

با این حال، لزوماً بیشترین سود ممکن برای سازمان حاصل نشده است و با پیاده‌سازی کامل مدل، امکان اولویت‌بندی بهتری برای محصولات کاندید متصور است.

تعریف هدف شبکه مصنوعی در سازمان دارویی نمونه

با استفاده از فرمول ۲ مقدار هدف شبکه عصبی به دست خواهد آمد.

تعریف لایه پنهان، نرون‌ها و اوزان بین نرون‌های شبکه عصبی سازمان دارویی نمونه

در این تحقیق، هفت معیار اصلی گزینش به عنوان نرون‌های ورودی تشکیل دهنده لایه اول و پنج نرون نیز به عنوان لایه دوم یا پنهان، شبکه عصبی را تشکیل می‌دهند. در واقع شبکه عصبی، شامل ۷ نرون ورودی هزینه مالی، هزینه بازاریابی، هزینه تولید، کیفیت فرآیند، کیفیت بسته‌بندی، در دسترس بودن و سهم بازار خواهد بود که به ترتیب با نمادهای FC، MC، PC، PRQ، PAQ، AV و MS بیان می‌شوند. یک بایاس[۳۱] نیز به دلیل بالا بردن کارکرد و دقت شبکه عصبی به هر لایه اضافه می‌شود. اوزان بین نرون‌های لایه اول و دوم نیز همان وزن‌های تولیدشده برای معیارها در خروجی روش FAHP (شکل ۳) است تا فرآیند یادگیری شبکه با دقت و سرعت بیشتری انجام گیرد. تصویری از معماری شبکه عصبی طراحی شده در شکل (۵) نمایش داده شده است.

آموزش شبکه عصبی مورد استفاده در سازمان دارویی

برای آموزش شبکه عصبی از روش پس‌انتشار استفاده شده است. فرآیند آموزش شبکه عصبی به این صورت است که در هر دوره یک سطر از داده‌های مطلوب به عنوان ورودی به شبکه عصبی تزریق می‌شود. مکانیزم کارکرد شبکه عصبی به این صورت است که در ساختار شبکه مسیر رفت و برگشت طی می‌شود [۲۳]. به نحوی که در مسیر رفت، مقادیر ورودیِ شبکه وزن‌دار شده در توابع دینامیک نرون‌های مربوط به هر لایه وارد می‌شوند. پس از انجام عمل پردازش در نرون‌های لایه اول، خروجی هر نرون بار دیگر به عنوان بردار ورودی جدید به لایه بعدی منتقل شده و عملیات مشابهی روی هر یک از آن‌ها در نرون‌های لایه بعد انجام می‌گیرد. خروجی آخرین لایه با خروجی واقعی شبکه حاصل از فرآیند مقایسه و اختلاف آنها به عنوان خطا در نظر گرفته می‌شود. در مسیر برگشت با توجه به خطای به دست آمده، وزن بردارها به نحوی تنظیم می‌شوند که در مسیر رفت پیشرو خطای کمتر حاصل آید. با استفاده از نرم‌افزارهای Neuro Soloutions و Matlab شبکه عصبی ایجاد و با اجرای عادی برنامه Matlab خروجی‌های شبکه عصبی و در نتیجه مدل به دست می‌آیند. آموزش شبکه برای بهبود نتیجه حاصله از روش FAHP یا وزن‌دهی اولیه (شکل ۴) مورد استفاده قرار می‌گیرد. اجزای شبکه عصبی مطابق اصول بیان شده در بخش‌های قبلی ایجاد می‌شوند. برای آموزش شبکه از سیستم با پردازشگر دو هسته‌ای ۲,۲ گیگاهرتز، رم ۲ گیگابایت و سیستم عامل ویندوز ۷ استفاده شده است. اطلاعات ۲ سال اخیر سازمان مورد نظر، طبق الگوی امتیازدهی عنوان شده در جدول (۱) و در قالب ۱۲۰ سری داده در نرم‌افزار Matlab وارد شده است. نمونه‌ای از این داده‌های ورودی را می‌توان در جدول (۷) مشاهده کرد. ۸۰ درصد از کل داده‌های ورودی به عنوان داده‌های آموزش شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فاز دوم: آزمایش مدل در سازمان دارویی نمونه

آزمایش مدل به طور خلاصه وارد کردن داده‌های اولیه حاصل از مرحله مطالعه پیمایشی به مدل و تولید خروجی‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای معرفی شده در بخش تعیین خروجی بواسطه شبکه عصبی مصنوعی و نیز فرمول‌های ۱ و ۲ است. آزمایش شبکه عصبی توسعه یافته آن قدر ادامه می‌یابد تا اختلاف خروجی به دست آمده شبکه عصبی از هدف کوچک‌تر یا مساوی خطای تعیین شده در نرم‌افزار باشد (در این مقاله ۱۰ درصد). در پیاده‌سازی شبکه عصبی در نرم‌افزار Neuro Soloutions که نرم‌افزاری با واسط کاربری مناسب و جامع است، به ترتیب عملیات زیر با هدف آزمایش و آموزش شبکه انجام می‌گیرد.

- مشخص کردن ورودی و خروجی.
- تقسیم‌بندی داده‌ها به مجموعه داده آزمایش و آموزش.
- تعیین ساختار شبکه عصبی.
- آموزش شبکه و ارائه مقادیر اوزان نهایی در قالب نمودارها و جداول.

تولید خروجی با استفاده از شبکه عصبی در سازمان دارویی

توضیح کامل خروجی‌های مدل، همچنین نتیجه مقایسه نتایج مدل با نمونه‌های واقعی سرمایه‌گذاری و روش FAHP در بخش بعد ذکر شده است. بنابراین از بیان دو زیر بخش باقیمانده از مدل صرف‌نظر و همه نتایج به صورت یکجا در بخش بعدی عنوان می‌شود.

نتایج محاسباتی در سازمان دارویی نمونه

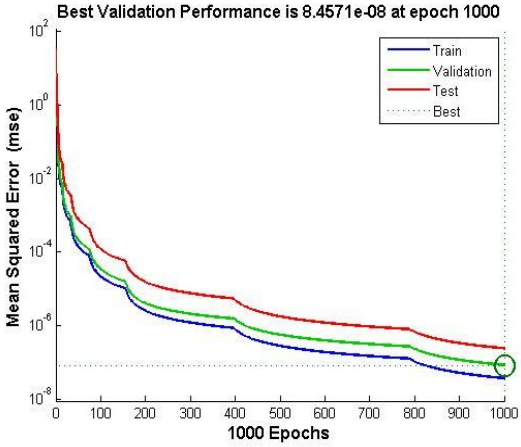
پس از طراحی شبکه عصبی و آموزش آن، خروجی‌های نهایی شبکه با توجه به هدف تعیین شده مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. محصولی که وزن تولید شده برای آن، توسط شبکه عصبی کمترین اختلاف را با هدف تعیین شده داشته باشد، اولویت بالاتری خواهد داشت. پس از اجرا و آموزش شبکه عصبی به کمک نرم‌افزار Matlab، خروجی‌های نمایش داده شده در شکل‌های ۶-۸ حاصل شدند. نمودار شکل (۶) تعداد آزمایش شبکه و نحوه آموزش وزن‌ها پس از ۱۰۰۰ بار اجرا را نشان می‌دهد. شکل (۷) میزان خطا به ازای داده‌های مختلف ورودی را به تصویر می‌کشد. همچنین خروجی نرم‌افزار Neuro Soloutions یعنی نمودار مقایسه خروجی‌های تولید شده به همراه مقادیر مورد نظر در شکل (۸) آمده است. با توجه به این شکل، مقادیر خروجی شبکه به میزان زیادی با مقدار هدف تعیین‌شده تطابق دارند. همچنین، با توجه به مقادیر وزنی حاصل از روش FAHP، شبکه به میزان زیادی با اهداف تعیین شده تطابق دارد و در نتیجه تولید جواب‌های مطلوب ممکن است. علاوه بر این، با آموزش و بهبود مقادیر اوزان، می‌توان خروجی مطلوبی برای سازمان دارویی نمونه را تولید کرد. در جدول (۶) بخشی از داده‌های ورودی فازی به دست آمده از اسناد سازمان دارویی نمونه (مطالعه موردی این تحقیق) و خروجی‌های حاصل از شبکه عصبی مربوط به هر سطر ارایه شده است. این داده‌ها مربوط به اطلاعات چهار ماهه از دو محصول سیتریزین و سیتالپرام هستند. در مرحله بعدی و طبق فرمول ۳، خروجی‌های عصبی که بخشی از آن در جدول (۷) مشاهده می‌شود، به ازای هر محصول تفکیک شده و پس از میانگین گرفتن از مجموعه خروجی‌های ماهانه به ازای هر محصول و تفریق از مقدار هدف که از رابطه ۲ به دست آمده است، نتایج نهایی ارائه‌شده در جدول (۶) برای هر محصول تولید می‌شود. جدول (۶) در واقع نشان‌دهنده نتایج حاصل از اجرای مدل در نرم‌افزار Neuro Soloutions است.

$$\text{امتیاز نهایی} = |\text{T-Avg}(BP_{\text{for each month}})| \qquad (۳)$$

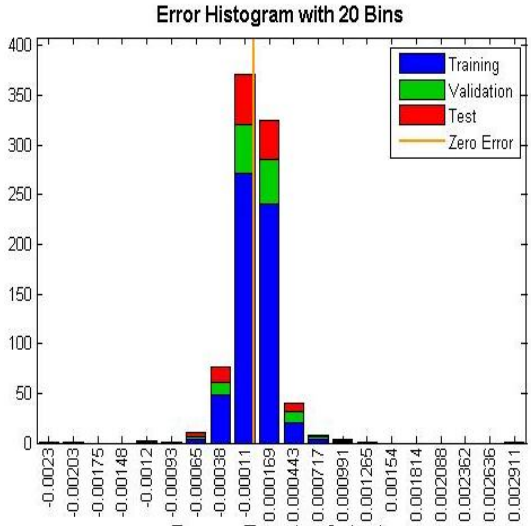
برای نمایش میزان نزدیکی خروجی شبکه عصبی به خروجی دلخواه از متغیر میانگین مجذور خطا[۳۲] یا MSE استفاده می‌شود. فرمول این متغیر عبارت است از:

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(d_i - y_i)}{n} \qquad (۴)$$

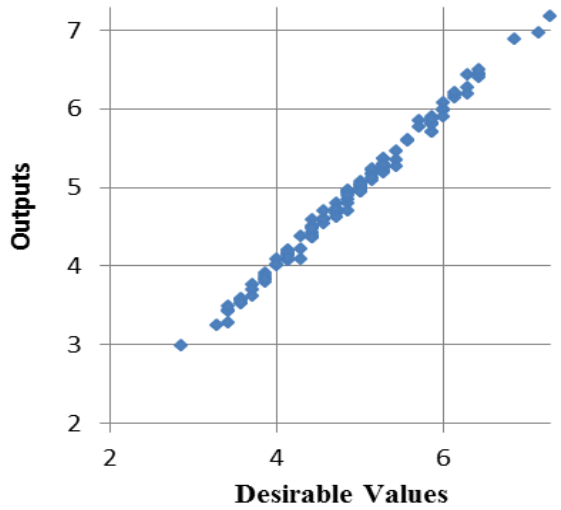
در رابطه ۴ متغیر d خروجی دلخواه، y خروجی شبکه عصبی و n تعداد سری‌های داده را نمایش می‌دهد. مقدار MSE به دست آمده برای خروجی اصلی شبکه عصبی طراحی شده برابر مقدار ۰٫۰۰۴۷۹۶ است.



شکل ۶: نمودار آموزش، آزمایش و معتبر نمودن اوزان در Matlab



شکل ۷: نمودار میزان خطا به ازای ورودی‌های مختلف



شکل ۸: نمودار میزان تطابق خروجی تولید شده با هدف

با مقایسه شکل (۴) و جدول نهایی (۷) مشاهده می‌شود که نتایج تولید شده از نظر ترتیب اولویت متفاوت است. اگر چه یک یا دو نقطه مشترک بین دو اولویت‌بندی مشاهده می‌شود، اما به طور حتم خروجی تولیدشده توسط شبکه عصبی باید مورد توجه سازمان دارویی قرار گیرد و از نتایج آن برای سرمایه‌گذاری روی محصولات استفاده شود. به کارگیری اولویت تولید شده نهایی توسط مدل، مدیران را در راستای رسیدن به اهداف استراتژیک خود یاری خواهد کرد. این نتایج با سرمایه‌گذاری واقعی انجام گرفته توسط سازمان دارویی نمونه، تطابق داده شد و مشخص شد که مدل پیشنهادی برای اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری محصولات، جواب مناسب‌تری را ارائه می‌کند و در واقع سود بیشتری را نصیب سازمان می‌کند. به طور مثال با توجه به معیارهای مورد نظر، میزان سفارش محصول سیتالپرام از شرکای خارجی که رتبه ۱ را طبق مدل پیشنهادی کسب کرده است، با توجه به بودجه سالانه سازمان باید بیشتر از سایر محصولات باشد تا سود بیشتری برای سازمان به ارمغان آید. پس از آن متفرمین قرار دارد و به همین ترتیب تا رتبه پنجم میزان سفارشات کاهش می‌یابد. لازم به یادآوری است هدف اصلی سازمان، کسب سود بیشتر از طریق بهبود بود.

جدول ۶: خروجی نهایی مدل و اولویت‌بندی بهینه و یا نزدیک به بهینه محصولات کاندید

رتبه	محصول	امتیاز نهایی
۳	سیتریزین	۰,۱۹۳
۱	سیتالپرام	۰,۰۳۹
۲	متفرمین	۰,۱۷۲
۴	پنتاپرازول	۰,۲۰۹
۵	آملودیفین	۰,۲۸۶

نتایج محاسباتی ارائه‌شده حکایت از کارآیی مدل پیشنهادی این مقاله دارد و قابلیت استفاده از آن به عنوان یک مدل قوی در راستای انتخاب سبد بهینه و یا نزدیک به بهینه محصولات هر سازمان را به اثبات می‌رساند.

جدول ۷: نمونه‌ای از داده‌ها برای دو محصول سیتریزین تیره و سیتالپرام سفید به همراه خروجی حاصل از شبکه عصبی

	ماه	نرون‌های ورودی شبکه عصبی							خروجی هدف	خروجی شبکه عصبی
		هزینه مالی	هزینه بازاریابی	هزینه تولید	کیفیت فرآیند	کیفیت بسته بندی	دسترس پذیری	سهم بازار		
سیتریزین	فروردین	۳	۵	۳	۷	۷	۳	۷	۰,۵	۰,۵۱۴۸
	اردیبهشت	۳	۷	۵	۵	۵	۵	۷	۰,۴۷۱۴	۰,۴۷۹۶
	خرداد	۵	۹	۳	۹	۵	۵	۹	۰,۶۴۲۸	۰,۶۲۳۲
	تیر	۳	۵	۵	۱	۷	۵	۷	۰,۴۷۱۴	۰,۴۶۷
سیتالپرام	فروردین	۷	۹	۵	۳	۵	۷	۵	۰,۴۸	۰,۴۹۷
	اردیبهشت	۷	۷	۷	۹	۷	۷	۷	۰,۶۴۳	۰,۶۱۷
	خرداد	۵	۵	۱	۹	۹	۵	۷	۰,۵۸۶	۰,۵۸۱۲
	تیر	۷	۵	۷	۷	۷	۵	۵	۰,۵۲۸	۰,۵۰۲

جدول ۸: نتایج آزمایش شبکه عصبی با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های جدید

MSE	خروجی شبکه عصبی	خروجی مطلوب	نرون‌های ورودی شبکه عصبی							ماه	
			MS	Av	PAQ	PRQ	MC	PC	FC		
۰,۰۰۰۷۸	۰,۵۲۳۵	۰,۵۳	۰,۱۷	۳	۰,۶۶	۰,۷	۴۸۶	۹۶۰۰۰	۱۴۵۸	فروردین	سیتریزین
	۰,۵۷	۰,۵۷۹	۰,۱۷	۳	۰,۵	۰,۷۳	۶۴۸	۱۲۹۶۰	۱۹۴۴	اردیبهشت	
	۰,۶۱	۰,۶۱	۰,۱۹	۴	۰,۴۹	۰,۷	۷۲۹	۱۴۵۸۰	۲۱۸۷	خرداد	
	۰,۶۴۸۸	۰,۶۵	۰,۲	۳	۰,۷۱	۰,۷۱	۸۱۰	۱۶۲۰۰	۲۴۳۰	تیر	
	۰,۷۳۱	۰,۷۲	۰,۱۲	۷	۰,۸۸	۰,۹۲	۱۳۰۰	۱۳۰۰۰	۲۶۰۰	فروردین	سیتالپرام
	۰,۷۸۲	۰,۷۷	۰,۰۷	۷	۰,۹۲	۰,۹	۲۰۸۰	۲۰۸۰۰	۴۱۶۰	اردیبهشت	
	۰,۸۵	۰,۸۵۵	۰,۱۴	۸	۰,۹۵	۰,۹۵	۲۰۸۰	۲۰۸۰۰	۴۱۶۰	خرداد	
	۰,۹۳	۰,۹۳۲	۰,۱۲	۶	۰,۷۹	۰,۹۷	۲۳۴۰	۲۳۴۰۰	۴۶۸۰	تیر	

فاز سوم: بهینه‌سازی مدل و پیاده‌سازی

با وجود طراحی مناسب مدل شبکه عصبی بر اساس مراحل گفته‌شده، ورودی‌های شبکه عصبی و به طبع خروجی آن که با توجه به ورودی‌ها تولید می‌شوند، به میزان زیادی وابسته به نظر و تجربه کارشناسان و خبرگان است. برای غلبه بر این مشکل و نیز بهبود نتایج مدل و از همه با اهمیت‌تر، استفاده از ورودی‌های واقعی در شبکه عصبی، در این بخش رویکردهایی برای محاسبه دقیق‌تر معیارهای گزینش برای محصولات و در نتیجه مقایسه صحیح‌تر مشخصات محصولات معرفی می‌شود.

هزینه مالی (FC)

هزینه مالی ماهانه، با استفاده از فرمول زیر به دست می‌آید که در آن L بیانگر تسهیلات اخذ شده و I معرف نرخ بهره است:

$$FC = \frac{L \times I \times 30}{365} \qquad (۵)$$

هزینه تولید (PC)

در رابطه (۶) WC[۳۳] هزینه دستمزد، OC[۳۴] هزینه‌های سربار، MaC[۳۵] هزینه مواد اولیه، AdC[۳۶] هزینه‌های اداری و MC[۳۷] هزینه‌های مرتبط با بازاریابی است.

$$PC = WC + OC + MaC + AdC + MC \qquad (۶)$$

هزینه بازاریابی نیز با استفاده از فرمول بالا قابل محاسبه است.

کیفیت (Q)

در رابطه (۷) h_i معرف تعداد بلیسترهای سالم در یک دسته و یا تعداد لوازم بسته‌بندی سالم در هر بسته‌بندی است. i شماره بسته و M تعداد بسته‌های رسیده در هر دوره خاص است:

$$Q = \frac{\sum_i^m h_i}{M} \qquad (۷)$$

سهم بازار (MS)

در رابطه (۸) ITS[۳۸] و OTS[۳۹] به ترتیب بیانگر سهم داخلی مجموع و سهم خارجی مجموع سازمان و ICS[۴۰] و OCS[۴۱] بیانگر سهم داخلی رقبا و سهم خارجی رقبا است.

$$MS = (ITS + OTS) - (ICS + OCS) \qquad (۸)$$

دسترس‌پذیری (Av)

معیار دسترس‌پذیری را باید بر اساس اطلاعات و پایگاه داده‌های شرکت‌های پخش و توزیع به دست آورد و بر اساس آن امتیازاتی برای مثال بین ۱ تا ۱۰ برای محصولات توسط کارشناسان و خبرگان در نظر گرفته شود.

اطلاعات مربوط به همه متغیرهای روابط معرفی شده در این بخش، با استفاده از پایگاه داده‌های نرم‌افزارهای مالی و یا صورت حساب و داده‌های سابقه‌ای سازمان قابل دستیابی است. به عنوان یک پیشنهاد کارا می‌توان برپایی پایگاه داده‌های منسجم سازمان را مطرح کرد.

برای اثبات تأثیر تعریف رویکردها برای معیارهای سنجش انتخاب سبد محصولات در تولید خروجی‌های دقیق‌تر، بار

دیگر شبکه عصبی با ورودی‌های جدید تولید شده حاصل از روش‌ها، آزمایش و آموزش داده می‌شود. با توجه به ورودی‌های جدید تولیدشده و استفاده از روش‌ها، بار دیگر مقایسات زوجی انجام شده تا خروجی مطلوب جدید شبکه عصبی به دست آید. در واقع شبکه عصبی با همان ساختار ولی با داده‌های آموزش جدید تولیده شده و ادعا این است که تغییرات انجام شده سبب بهبود عملکرد شبکه عصبی خواهد شد.

جدول (۸)، بخشی از نتیجه حاصل شده از آزمایش مجدد شبکه عصبی به ازای مقادیر جدید ورودی و خروجی را نمایش می‌دهد. داده‌ها برای دو محصول سیتریزین و سیتالپرام در ۴ ماه نخست سال نمایش داده شده است. اما برای آزمایش شبکه عصبی، باید داده‌ها در بازه دو ساله و برای تمام محصولات مد نظر قرار گیرند. فروش کل سالانه این دو محصول در سال، به ترتیب برابر ۳۲۰ هزار دلار و ۶۲۵ هزار دلار است. سه متغیر هزینه مالی، هزینه بازاریابی و هزینه تولید برای محصول سیتالپرام در شرایط معمول به ترتیب ۱۰، ۵ و ۵۰ درصد میزان کل فروش را شامل می‌شود. درصد این سه متغیر برای سیتریزین به ترتیب برابر ۹، ۳ و ۶۰ است. باید توجه داشت که میزان فروش در ۶ ماهه اول سال کمتر از حد متعارف بوده و در نتیجه مقادیری که برای هزینه‌های مالی، بازاریابی و تولید به دست آمده، کمتر از مقدار معمول است. برای مثال در ماه فروردین میزان کل فروش برای محصول سیتالپرام ۵ درصد فروش متداول ماهانه است. برای ماه اردیبهشت این مقدار به ۸ درصد می‌رسد.

مقادیر متفاوت معیار سهم بازار نیز به دلیل موجودی متفاوت انبار در مقاطع مختلف سال است. در جدول (۸) واحد ستون‌های مربوط به هزینه به دلار است. همان‌طور که از نتایج جدول نیز مشخص است، مقدار MSE نسبت به حالت قبل کاهش یافته است و این مهم می‌تواند ادعایی در بهبود کارکرد مدل شبکه عصبی پیشنهادی به منظور انتخاب سبد بهینه و یا نزدیک به بهنه محصولات سازمان قلمداد شود.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، مدلی با استفاده از ترکیب رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و شبکه عصبی مصنوعی ارائه شد که شناسایی بهترین سبد محصولات برای سرمایه‌گذاری را برای مدیران ارشد فراهم می‌آورد. مدل پیشنهادی، به عنوان یک مطالعه موردی در یک سازمان دارویی خاص مورد استفاده واقع شد و نتایج حاصل از آن نشان داد که می‌توان تصمیم مناسب و در عین حال بهینه و یا نزدیک به بهینه را برای سرمایه‌گذاری و خرید محصولات مورد نیاز سازمان در پیش گرفت. از آنجا که منابع، ابعاد، محدودیت‌ها و قلمروی سازمان‌ها و نهادها با یکدیگر متفاوت است، معیارها و ملاک‌های اولویت‌بندی برای آن‌ها نیز متفاوت است. بنابراین، بهتر است چنین مدل‌هایی بر اساس نیازهای هر سازمان ارایه شود تا کارآیی بهتر و مناسب‌تری را به ارمغان آورد. با این حال مدل پیشنهادی این مقاله می‌تواند چارچوب اساسی در راستای یاری مدیران ارشد هر سازمان و برای گرفتن تصمیمات راهبردی قلمداد شود.

در مطالعات بعدی، برای طراحی بهینه شبکه عصبی، می‌توان از الگوریتم‌هایی همچون الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی اوزان شبکه استفاده کرد. همچنین برای هر معیار گزینش توابعی را تعریف کرد تا مقادیر بهتر و دقیق‌تری تولید شده و آموزش شبکه با دقت بیشتری انجام گیرد.

مراجع

1- Qodsipour, H. (2003). *Analytic Hierarchy Process (AHP).* 9th. Ed. Amir Kabir Pub, Tehran.

2- Golmohammadi, D. (2011). "Neural network application for fuzzy multi-criteria decision making problems." *International Journal of Production Economics*. Vol. 131, No. 2, PP. 490-504.

3- Dahel, N.E. (2003). “Vendor selection and order quantity allocation in volume discount environments.” *Supply Chain Management*, Vol. 8, No. 4, PP. 335–342.

4- Chen, C.T. Lin, Ching-Thorng, Huang and Sue-Fn. (2006).” A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management.” *International Journal of Production Economics*, Vol. 102, No.3, PP.

179–190.

5- Awasthi, A., Chauhan, Satyaveer S. and Goyal, S.K. (2010). “A fuzzy multi criteria approach for evaluating environmental performance of suppliers.” *International Journal of Production Economics*. Vol. 126, PP. 370–378.

6- Weber, C.A., Current, J.R. and Desai, A. (2000). “An optimization approach to determining the number of vendors to employ.” *Supply Chain Management*. Vol. 5, No. 2, PP. 90–98.

7- Singh,R.K.,Choudhury, Tiwari A.K., Shankar, R. (2007). “ImprovedDecision Neural Network (IDNN) based consensus method to solve a multi-objective group decision making problem.” *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 21, PP. 335–348.

8- Weber, C.A. (1996). “A data envelopment analysis approach to measuring vendor performance.” *Supply Chain Management*. Vol. 1, No. 1, PP. 28–39.

9- Ellram, L.M. (1995). “Total cost of ownership: an analysis approach for purchasing.” *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 25, No. 8, PP. 4–23.

10- Chen, J., Lin, S. (2004). “A neural network approach_decision neural network (DNN) for preference assessment.” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. Vol. 34, No. 2.

11- Tan, K.H., Lim, Chee Peng, Platts, Ken, Hooi. and Shen Koay. (2006). “An intelligent decision support system for manufacturing technology investments.” *International Journal of Production Economics*. Vol. 104, PP. 179–190.

12- Wu, D. (2009). “Supplier selection: a hybrid model using DEA, decision tree and neural network.” *Expert Systems with Applications.* Vol. 36, PP. 9105–9112.

13- Ma, G., et al. (2012). “Multiple costs based decision making with back-propagation neural networks.” *Decision Support Systems*, Vol. 52, No. 3, PP. 657–663.

14- Turney, P.D. (2000), Types of cost in inductive concept learning, Workshop on Cost-Sensitive Learning, *17th Int. Conf. on Machine Learning* (WCSL at ICML-2000), Stanford University, California, USA, (NRC #43671).

15- Ou, G., Murphey, Y.L. (2007). “Multi-class pattern classification using neural networks.” *Journal of Pattern Recognition*, Vol. 40, No. 1, PP. 4–18.

16- Kukar, M., Kononenko, I. (1998). Cost-sensitive learning with neural networks, *Proc., 13th European Conf. on Artificial Intelligence,* Brighton, UK, PP. 445–449,.

17- Lan, J., Hu, M.Y., Patuwo, E. and Zhang, G.P. (2010). “An investigation of neural network classifiers with unequal misclassification costs and group sizes.” *Decision Support Systems*. Vol. 48, No.4, PP. 582–591.

18- Pendharkar, P.C. (2008). “A threshold varying bisection method for cost sensitive learning in neural networks.” *Journal of Expert Systems with Applications*. Vol. 34, No. 2, PP. 1456–1464.

19- Vouk, D., et al. (2011). “Neural networks in economic analyses of wastewater systems”. *Expert Systems with Applications,* Vol. 38, No. 8, PP. 10031–10035.

20- Ghazali, R., et al. (2010). “Dynamic Ridge Polynomial Neural Network: Forecasting the univariate.” *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 4, PP. 3765–3776.

21- Vahidi, M & Naiebi, E. (2008). *A literature on Analytic Hierarchy Process*. 3rd, Ed. Sharif University of Technology Pub, Tehran.

22- Ajalli, M., & Safari. H. (2011). "Analysis of the Technical Efficiency of the Decision Making Units Making Use of the Synthetic Model of Performance Predictor Neural Networks, and Data Envelopment Analysis (Case Study: Gas National Co. Of Iran)." *Journal of Industrial Engineering, University of Tehran*, Vol. 45, No. 1, PP. 13-29.

23- Mirtalaie, M. S., et al. (2012). "Trust-based Credit Scoring Model Using Neural Network." *Journal of Industrial Engineering, University of Tehran,* Vol. 46, No. 1, PP. 91-104.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1- Decision Support System
2- Multi Objective Optimization
3- Data Envelopment Analysis
4- Black Box
5- Total cost of ownership
6 -Cost Sensitive Decision Making
7 -Misclassification
8 -Analytic Hierarchy Process (AHP)
9- Train
10- Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP)
11- Perceptron
12- Best Product
13- Target
14- Hidden Layer
15- Citrizin
16- Citalopram
17- Metformin
18- Pantaprazol
19- Amlodipine
20- Cost
21- Financial Cost
22- Market Cost
23- Production Cost
24- Quality
25- Process Quality
26- Packaging Quality
27-Availability
28- Market Share
29 -Multi Layer Perceptron
30- Feed Forward
31- Bias
32 -Mean Squared Error (MSE)
33 -Wage Cost
34 -Overhead Cost
35 -Material Cost
36 -Administration Cost
37 -Market Cost
38 -Internal Total share
39 -Outside Total share
40 -Internal Competitor Share
41 -Outside Copetitor Share