مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال هجدهم، شماره سوم (پیاپی ۷۰)، پاییز ۰۰، ص ص ۹۲-۷۳
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

# کاربرد رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی در ارزیابی کارایی متوازن شرکت‌های داروسازی بورس اوراق بهادارتهران

**مهدی همایون‌فر[۱]، فریبا صلاحی[۲]، امیر دانشور[۳]، سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی[۴]***

۱- استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۲- استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳- استادیار مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۴- استاد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

رسید مقاله: ۱۲ تیر ۱۳۹۹
پذیرش مقاله: ۲۳ اسفند ۱۳۹۹

## چکیده

ارزیابی عملکرد از مهم‌ترین روش‌های بررسی نحوه کارکرد سازمان‌ها در مقایسه با وضعیت گذشته و یا سایر رقبا می‌باشد که امکان انجام اقدامات لازم برای بهبود عملکرد را ممکن می‌سازد. در این پژوهش با به‌کارگیری یک رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی به ارزیابی عملکرد شرکت داروسازی ایران دارو پرداخته شده است. به این منظور، در ابتدا با بررسی مبانی نظری، معیارهای ارزیابی شرکت بر اساس منظرهای کارت امتیازی متوازن مورد بررسی قرار گرفتند و در ادامه معیارهای با درجه اهمیت بالاتر بر اساس نظر خبرگان شناسایی شدند. بر این اساس، با توجه به لزوم مطالعه و ارزیابی عملکرد شرکت داروسازی ایران دارو، عملکرد این شرکت طی دوره ۴ ساله (سال ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۶) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها با فرض بازده به مقیاس ثابت و دیدگاه خروجی محور مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی به پیش‌بینی عملکرد شرکت پرداخته شده است. نهایتاً، نتایج شبکه‌های عصبی مصنوعی با لایه‌های مختلف بررسی‌شده و نتایج حاصل از شبکه با مناسب‌ترین تعداد لایه‌ها بر اساس شاخص‌های دقت، صحت، فراخوانی و خطا با نتایج سایر الگوریتم‌های یادگیری ماشین مقایسه گردیده است. نتایج، نشان‌دهنده عملکرد بهتر مدل ارایه شده در مقایسه با الگوریتم‌های درخت تصمیم، بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان و K نزدیک‌ترین همسایه می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** تحلیل پوششی داده‌ها، شبکه عصبی، یادگیری ماشینی، ارزیابی عملکرد، کارت امتیازی متوازن، بورس اوراق بهادار.

* عهده‌دار مکاتبات
آدرس الکترونیکی: a.khatami@atu.ac.ir



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

## ۱ مقدمه

از زمانی‌که فارل، روشی را برای اندازه‌گیری کارایی مطرح کرد، رویکردهای مختلفی در رابطه با اندازه‌گیری کارایی مطرح شده‌اند. به طور کلی این رویکردها در قالب دو رویکرد پارامتریک و ناپارامتریک طبقه‌بندی شده‌اند که تابع تولید مرز تصادفی[1] و تحلیل پوششی داده‌ها[2]، به‌ترتیب شناخته‌شده‌ترین مدل‌های استفاده شده در این دو رویکرد می‌باشند [۱،۲]. به اعتقاد بسیاری از پژوهشگران، در میان روش‌های سنجش کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها روش بهتری برای سازماندهی و تحلیل داده‌ها است؛ زیرا اجازه می‌دهد که کارایی در طول زمان تغییر کند و به هیچ پیش‌فرضی در مورد مرز کارایی نیاز ندارد [۳]. بنابراین، بیش از سایر دیدگاه‌ها در ارزیابی عملکرد و مقایسه کارایی واحدها مورد استفاده قرار گرفته است. از جمله کاربردهای تحلیل پوششی داده‌ها می‌توان به ارزیابی عملیات انبار داده‌ها [۴]، انتخاب سیستم‌های تولید انعطاف‌پذیر [۵]، ارزیابی عملکرد شعبه بانک [۶]، تجزیه و تحلیل اظهارات مالی موسسات [۷]، سنجش کارایی موسسات آموزش عالی [۸]، طراحی نحوه استقرار امکانات [۹]، اندازه‌گیری کارایی سرمایه‌گذاری‌های سازمانی در فناوری اطلاعات [۱۰] و برنامه‌ریزی تولید [۱۱] اشاره کرد.

اولین مدل تحلیل پوششی داده‌ها که توسط چارنز و همکاران [۱۲] ارایه شده، مدل CCR است که فرض اساسی آن ثابت بودن بازده به مقیاس فرایند تولید است. پس از مدل اولیه CCR، مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های مختلفی ارایه شده‌اند که دارای کاربردهای گسترده‌ای در مسایل مختلف ارزیابی عملکرد با داده‌ها و ساختارهای شبکه‌ای مختلف هستند. تحلیل پوششی داده‌های غیرقطعی یکی از کاربردی‌ترین رویکردها برای برخورد با داده‌های نادقیق و مبهم در مدل‌های DEA است. در مبانی نظری، چهار رویکرد اساسی در بررسی مدل‌ها تحت شرایط عدم قطعیت ارایه شده است که شامل، رویکردهای بازه‌ای، فازی، تصادفی و بهینه‌سازی استوار می‌باشند. رویکرد بازه‌ای کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده را در دو دیدگاه خوشبینانه و بدبینانه محاسبه می‌نماید. در دیدگاه خوشبینانه، واحد تحت ارزیابی با حد بالای خروجی‌ها و حد پایین ورودی‌ها در نظر گرفته می‌شود، در حالی‌که سایر واحدها در حدپایین خروجی‌ها و حد بالای ورودی‌های خود قرار دارند. در مقابل، در دیدگاه بدبینانه، واحد تحت ارزیابی با حد پایین خروجی‌ها و حد بالای ورودی‌ها در نظر گرفته می‌شود، در حالی‌که سایر واحدها در حد بالای خروجی‌ها و حد پایین ورودی‌های خود قرار دارند [۱۳، ۱۴]. در رویکرد فازی، با توجه به گرایش تصمیم‌گیرنده در اتخاذ نگرش خوش‌بینانه، بدبینانه و محتمل‌ترین حالت، به ترتیب از سه معیار امکان، ضرورت و اعتبار برای ایجاد مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های فازی استفاده می‌شود [۱۵، ۱۶، ۱۷]. کاربردهای تئوری مجموعه فازی در تحلیل پوششی داده‌ها در قالب چهار رویکرد: تولرانس، سطح برش $\alpha$، رتبه‌بندی فازی و امکان، به طور مفصل در [۱۸] مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله سایر رویکردهای مهم در برخورد با عدم قطعیت مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های تصادفی است. در تحلیل پوششی داده‌های تصادفی از

[1] Parametric stochastic frontier production function approach
[2] Data Envelopment Analysis



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

تکنولوژی‌های مرجع پوسته محدب یا مخروطی[1] مبتنی بر اصول موضوعه تئوری تولید، به همراه مبنای آماری که ریشه در مفروضات توزیعی و آماری دارند، استفاده می‌شود [۱۹]. نهایتاً، آخرین رویکرد اساسی در برخورد با عدم قطعیت در تحلیل پوششی داده‌ها استفاده از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌های استوار است که برای اندازه‌گیری کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده در شرایط عدم قطعیت ناشی از داده‌ها و توزیع شاخص‌ها به‌کار برده می‌شود [۲۰].

با وجود محاسن تحلیل پوششی‌داده‌ها، مرز کارایی حاصل از تحلیل پوششی‌داده‌ها نسبت به نویزهای آماری[2] و داده‌های پرت[3] که در اثر خطای اندازه‌گیری یا هر عامل خارجی دیگر ایجاد می‌شوند، حساس است و اگر در داده‌ها اغتشاش آماری یا مقادیر پرت وجود داشته باشد، می‌تواند موجب جابه‌جایی مرز کارایی به‌دست آمده شود و نتایج تحلیل‌های تحلیل پوششی‌داده‌ها را منحرف سازد [۲۱]. بنابراین، باید در استفاده از تحلیل پوششی‌داده‌ها برای ارزیابی عملکرد سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده دقت کرد. وجود این مساله باعث شده است که اخیراً شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌عنوان جایگزین مناسبی جهت برآورد مرزهای کارا به کار گرفته شوند [۲۲]، زیرا ماهیت عملکرد شبکه‌های عصبی به دلیل قدرت یادگیری و تعمیم‌پذیری به گونه‌ای است که در برابر داده‌های پرت و اغتشاشات حاصل از اندازه‌گیری غیردقیق داده‌ها عملکرد بهتری دارند [۲۳]. به‌علاوه، شباهت‌هایی مانند: ماهیت ناپارامتریک و عدم نیاز به پیش‌فرض اولیه‌ای در مورد نوع ارتباط بین ورودی‌ها و خروجی‌ها، کاربرد ترکیبی شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها را مورد توجه قرار داده است. تحلیل پوششی‌داده‌ها به دنبال تعیین مقدار متغیرهای تصمیم (مجموعه وزن‌های ورودی‌ها و خروجی‌ها) است، به طوری‌که کارایی فنی بیشینه شود، در حالی‌که شبکه عصبی مصنوعی به دنبال یافتن مجموعه‌ای از وزن‌ها است که اختلاف بین خروجی واقعی و خروجی مطلوب را کمینه سازند و این کار را با حداقل داده‌های یادگیری انجام می‌دهد. برتری مدل تحلیل پوششی داده‌های عصبی[4] نسبت به سایر مدل‌ها در حداقل کردن ورودی‌ها نسبت به سطح خروجی مطلوب است. برای اندازه‌گیری کارایی‌شرکت‌ها با مدل پژوهش، ابتدا یک مدل شبکه عصبی مناسب شبیه‌سازی می‌شود و در ادامه بر اساس داده‌های اولیه، شبکه با استفاده از خروجی مطلوب (محاسبه شده با تحلیل پوششی‌داده‌ها) تا جایی آموزش داده می‌شود که بتواند الگوهای مرجع را یاد بگیرد و بر مبنای آن کارایی واحدها را محاسبه کند.

همان‌طور که در ادبیات نظری ارزیابی عملکرد اشاره شده است، روش‌های ارزیابی مبتنی بر تحلیل داده‌هایی هستند که با توجه به ماهیت فعالیت‌های سازمان و با نظر تصمیم‌گیرندگان در یک یا چند شاخص عملکردی گردآوری می‌شوند. یکی از رویکردهای پر کاربرد در ارزیابی عملکرد سازمانی، کارت امتیازی متوازن[5] (BSC) است که توسط کاپلان و نورتون [۲۴] مطرح شد و هدف از آن، یکپارچه‌سازی نگرش مدیران سازمان‌ها به ارزیابی همه جانبه سازمان در مقایسه با سیستم‌های سنتی ارزیابی عملکرد است که صرفاً به اقدامات

[1] Convex or conical hull reference technologies
[2] Statistical Noises
[3] Outliers
[4] Neuro-DEA
[5] Balanced Scorecard



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

مالی توجه دارند. کارت امتیازی متوازن یکی از جامع‌ترین ابزارهای اندازه‌گیری عملکرد است که بر هر دو جنبه مالی و غیرمالی، استراتژی‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت و نیز معیارهای کسب و کار داخلی و خارجی (در چهار منظر؛ مالی، مشتری، فرآیندهای داخلی و رشد و یادگیری) تاکید دارد. با وجود جامعیت کارت امتیازی متوازن در جمع‌بندی شاخص‌های ارزیابی، این رویکرد به تنهایی قادر به رتبه‌بندی عناصر مورد بررسی نمی‌باشد. بنابراین، استفاده از رویکردهای کمی که در تلفیق با کارت امتیازی متوازن به ارزیابی عملکرد بپردازند، در سال‌های اخیر مورد تاکید قرار گرفته است.

در این تحقیق با توجه به شاخص‌های کارت امتیازی متوازن، از تلفیق شبکه‌های عصبی و تحلیل پوششی داده‌ها (Neuro-DEA) برای ارزیابی کارایی (عملکرد) شرکت ایران دارو استفاده شده است، زیرا با توجه به کم بودن تعداد واحدها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی‌داده‌ها قادر به رتبه‌بندی مناسبی از واحدها نمی‌باشند. بنابراین، از قدرت تفکیک‌پذیری و تخمین روابط غیرخطی شبکه‌های عصبی برای رفع این مساله استفاده شده است. در ادامه، نتایج به‌دست آمده با نتایج الگوریتم‌های درخت تصمیم، بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان و K نزدیکترین همسایه مقایسه شده است. سوال اصلی پژوهش آن است که آیا مدل تلفیقی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی جهت ارزیابی عملکرد متوازن شرکت ایران دارو از عملکرد مناسبی برخوردار است؟

## ۲ مبانی نظری و پیشینه پژوهش

شبکه‌های عصبی نوعی مدل‌سازی ساده‌انگارانه از سیستم‌های عصبی واقعی هستند که کاربرد فراوانی در حل مسایل مختلف در علوم دارند. حوزه کاربرد این شبکه‌ها آنچنان گسترده است که از کاربرد در طبقه‌بندی تا درون‌یابی، تخمین، آشکارسازی و غیره را شامل می‌شود [۲۵]. مبنای مدل‌سازی در این الگوریتم، شبکه گسترده و متصل از نورون‌های مصنوعی است که با وزن‌های سیناپتی با یکدیگر در ارتباطند [۲۶]. یکی از مباحث کلیدی در شبکه‌های عصبی، انتخاب معماری مناسب شبکه است. ثابت شده است که شبکه‌های پیش خور با یک لایه مخفی با توابع تبدیل زیگموئیدی در لایه میانی و توابع تبدیل خطی در لایه خروجی قادرند که توابع مختلف را با هر درجه تقریب، تقریب بزنند.

ایده ترکیب شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها را اولین بار آتونوسوپولیس و کانن[1] [۲۷] مطرح کردند. آنها شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها را مقایسه کردند و در شبیه‌سازی صورت گرفته این نتیجه حاصل شد که تحلیل پوششی‌داده‌ها در اندازه‌گیری اهداف بهتر از شبکه عصبی مصنوعی عمل می‌کند و شبکه عصبی مصنوعی در رتبه‌بندی واحدها بر اساس امتیاز کارایی به‌دست آمده، همانند تحلیل پوششی‌داده‌ها است. آزاده و همکاران [۲۸] یک رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌های فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی انعطاف‌پذیر برای بهینه‌سازی محل کارخانه‌های خورشیدی با پیچیدگی و عدم قطعیت ارایه دادند. این روش به سیاستگذاران کمک کرد تا استراتژی ارجح برای مشکلات بهینه‌سازی مکان مرتبط با واحدهای تولیدی خورشیدی را شناسایی کنند.

[1] Athanassopoulos and Curram



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

اولانرواجیو و همکاران [۲۹] در مقاله‌ای با استفاده از شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها به تحلیل حساسیت برای تعیین مصرف انرژی بخش صنعتی، محاسبه کارایی و پیش‌بینی و قابلیت بهینه‌سازی عملکرد پرداختند. آزاده و همکاران [۳۰] با استفاده از رویکرد یکپارچه تحلیل پوششی داده‌ها، شبکه عصبی مصنوعی و نظریه مجموعه خاکستری به ارزیابی کارایی پرسنل بانک پرداختند. خیرخواه و همکاران [۳۱] یک روش یکپارچه مبتنی بر شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی‌داده‌ها را برای برآورد تقاضای برق برای تغییرات فصلی و ماهانه در مصرف برق ارایه نمودند.کوان [۳۲] به بررسی امکان استفاده از رویکرد شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی‌داده‌ها در ارزیابی عملکرد تولیدکنندگان عمده گوشی موبایل و انتخاب بهترین تولیدکننده پرداخت. سعیدی و همکاران [۳۳] در یک مطالعه تطبیقی به بررسی عملکرد تحلیل پوششی‌داده‌های اصلاح شده و روش‌شناسی سطحی پاسخ (RSM) در بهینه‌سازی تولید بیودیزل ناهمگن از روغنش نخل پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که تنظیم پارامتر بهینه مشتق شده از روش پیشنهادی MDEA، قابل اطمینان‌تر و دقیق‌تر از RSMاست. میسسیوناس و همکاران [۳۴] با استفاده از روش DEANN به پیش‌بینی وضعیت عملکردی بیماران در عمل پیوند اعضاء پرداختند. بشیری و همکاران [۳۵] از ترکیب تحلیل پوششی‌داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی برای بهینه‌سازی یک مساله بهینه‌سازی چند شاخصه مبتنی بر روش تاگوچی استفاده کردند. آزاده و زرین [۳۶] یک چارچوب هوشمند برای ارزیابی بهره‌وری و تجزیه و تحلیل منابع انسانی در یک کارخانه بزرگ پتروشیمی ارایه کردند. کارایی و اثربخشی کارکنان این شرکت با در نظرگرفتن سه مفهوم مهندسی تاب‌آوری و عوامل انگیزشی در محیط کار و بهداشت، ایمنی، محیط زیست و ارگونومی ارزیابی شده است. این چارچوب مبتنی بر استفاده از تحلیل پوششی‌داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی، بر یک سیستم استنتاج عصبی فازی سازگار (ANFIS) بوده است. اجلی و مومنی [۳۷] با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها به ارزیابی عملکرد و کارایی شرکت‌های گاز استانی پرداختند. به این منظور پس از محاسبه کارایی واحدها با مدل مضربی CCR ورودی محور، از روش اندرسون- پترسون برای رتبه‌بندی واحدهای کارا استفاده گردید. در ادامه برای ارزیابی کارایی شرکت‌ها از رویکرد شبکه‌های عصبی پیش‌بینی‌کننده عملکرد در قالب مدل ترکیبی تحلیل پوششی‌داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. شفیعی نیک‌آبادی و همکاران [۳۸] پس از به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی در تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های شرکت‌های برق منطقه‌ای با استفاده از تحلیل پوششی‌داده‌ها به بررسی کارایی شرکت‌های برق منطقه‌ای پرداختند. گنگ و همکاران [۳۹] یک مدل بهینه‌سازی بر پایه شبکه عصبی حلقوی بهبودیافته مبتنی بر ویژگی متقاطع را برای ایجاد الگوی بهینه‌سازی انرژی و پیش‌بینی انرژی سیستم‌های تولید اتیلن در صنعت پتروشیمی به‌کار بردند. همایون‌فر و امیرتیموری [۴۰] در بررسی خود با رویکرد ترکیبی دیماتل- تحلیل پوششی داده‌ها به ارزیابی عملکرد متوازن تأمین‌کنندگان یک زنجیره‌تامین پرداختند. مهرگان و همکاران [۲۳] با استفاده از مدل ترکیبی شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها، کارایی فنی ۹ پالایشگاه نفت ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. همایون‌فر و امیرتیموری [۳] پس از تعیین شاخص‌های کارت امتیازی متوازن در ارزیابی تأمین‌کنندگان زنجیره تامین و تعیین شاخص‌های اساسی توسط تکنیک دیماتل، با استفاده از مدل دسترسی‌پذیری ضعیف تحلیل پوششی‌داده‌ها در حضور عوامل نامطلوب، به ارزیابی کارایی تامین‌کنندگان



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

پرداختند. نهایتاً واحدهای کارا بر اساس مدل ابرکارایی اندرسون- پترسون رتبه‌بندی شدند. آزاده و همکاران [۴۱] در مطالعه‌ای با استفاده از شبکه عصبی، تحلیل پوششی‌داده‌ها و روش‌های آماری مبتنی بر الگوریتم‌های هوشمند به بهینه‌سازی عملکرد مهندسی یکپارچه تاب‌آوری و تولید ناب در یک شرکت تولیدکننده لوله پرداختند. شعبان‌پور و همکاران [۴۲] در مقاله‌ای به پیش‌بینی بهره‌وری تامین‌کنندگان سبز با روش تحلیل پوششی‌داده‌های پویا و شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. با توجه به این‌که مدل‌های تحلیل پوششی‌داده‌های پویا نمی‌توانند بازده آتی واحدهای تصمیم‌گیرنده را پیش‌بینی کنند، در مرحله اول، ورودی‌ها و خروجی‌های تأمین‌کنندگان سبز را با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بینی کرده و سپس از داده‌های پیش‌بینی‌شده حاصل شبکه عصبی مصنوعی در تحلیل پوششی‌داده‌های پویا استفاده نمودند. ولونتزوس وپاردالس [۴۳] با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه‌های عصبی مصنوعی به بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولیدات کشاورزی پرداختند. کوان [۴۴] برای اندازه‌گیری عملکرد راه آهن از مدل ترکیبی شبکه عصبی و تحلیل پوششی‌داده‌ها استفاده نمود. آزاده و همکاران [۴۵] یک الگوریتم هوشمند برای تشخیص و بهینه‌سازی عوامل بهره‌وری در پروژه‌های نفتی ارایه کردند. الگوریتم پیشنهادی از تحلیل واریانس، تحلیل پوششی داده‌ها، شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه تطبیقی، رگرسیون معمولی و رگرسیون فازی تشکیل شده است. جهانگشای رضایی و همکاران [۴۶] در مقاله‌ای به پیش‌بینی آنلاین عملکرد شرکت‌های فعال در بورس کالا پرداختند. این روش به منظور ایجاد ویژگی‌های پویا برای تعداد خوشه‌ها و اعضای خوشه در FCM کلاسیک ارایه گردید. سپس از تحلیل پوششی‌داده‌ها برای ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیرنده با استفاده از نسبت‌های مالی استفاده شد. نهایتاً، شبکه طراحی‌شده برای پیش‌بینی عملکرد آینده شرکت‌ها آموزش داده شد. خلاصه مطالعات پیشین در جدول ۱ آورده شده است.

**جدول ۱.** خلاصه مطالعات انجام‌شده در ده سال اخیر

| محققین | روش‌های به‌کار رفته | حوزه کاربرد | ماهیت |
|---|---|---|---|
| آزاده و همکاران [۲۸] | DEA و ANN | بهینه‌سازی مکان نیروگاه‌های خورشیدی | فازی |
| الان رواجو و همکاران [۲۹] | DEA، ANN و IDA | تعیین مصرف انرژی در بخش‌های صنعتی | قطعی |
| آزاده و همکاران [۳۰] | DEA، ANN وRST | ارزیابی کارایی پرسنل بانک | قطعی |
| خیرخواه و همکاران [۳۱] | DEA و ANN | برآورد تقاضای برق | قطعی |
| کوان [۳۲] | DEA و ANN | ارزیابی عملکرد تولیدکنندگان عمده گوشی موبایل | قطعی |
| سعیدی و همکاران [۳۳] | NN، MDEA و RSM | بهینه‌سازی تولید بیو دیزل ناهمگن | قطعی |
| میسیوناس و همکاران [۳۴] | DEA و ANN | پیش‌بینی وضعیت عملکردی بیماران در عملیات پیوند عضو | قطعی |
| بشیری و همکاران [۳۵] | DEA، ANN و Tagouchi | بهینه سازی یک مساله چند شاخصه | قطعی |
| آزاده و زرین [۳۶] | DEA، ANN و ANFIS | ارزیابی بهره‌وری و تجزیه و تحلیل منابع انسانی | فازی |
| اجلی و مومنی [۳۷] | DEA و ANN | ارزیابی عملکرد و کارایی شرکت‌های گاز استانی | قطعی |
| شفیعی نیک‌آبادی و همکاران [۳۸] | DEA و ANN | ارزیابی عملکرد شرکت برق | قطعی |
| گنگ و همکاران [۳۹] | CF و CNN | پیش‌بینی انرژی سیستم‌های تولید اتیلن در صنعت پتروشیمی | قطعی |



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

| | | | |
|---|---|---|---|
| آزاده و همکاران [۴۱] | DEA، ANN | بهینه‌سازی عملکرد مهندسی یکپارچه تاب‌آوری و تولید ناب | قطعی |
| شعبانپور و همکاران [۴۲] | DEA و ANN | پیش‌بینی بهره‌وری تامین‌کنندگان سبز | احتمالی |
| ولونتزوس وپاردالس [۴۳] | DEA و ANN | پیش‌بینی میزان انتشار گازهای گلخانه ای | قطعی |
| کوان [۴۴] | DEA و ANN | اندازه‌گیری و پیش‌بینی عملکرد راه آهن | قطعی |
| آزاده و همکاران [۴۵] | DEA، ANN، ANFIS و ANOVA | بهینه‌سازی عوامل بهره‌وری در پروژه‌های نفتی | فازی |
| جهانگشای رضایی و همکاران [۴۶] | DEA، ANN و FCM | پیش‌بینی آنلاین عملکرد شرکت‌های فعال در بورس کالا | فازی |

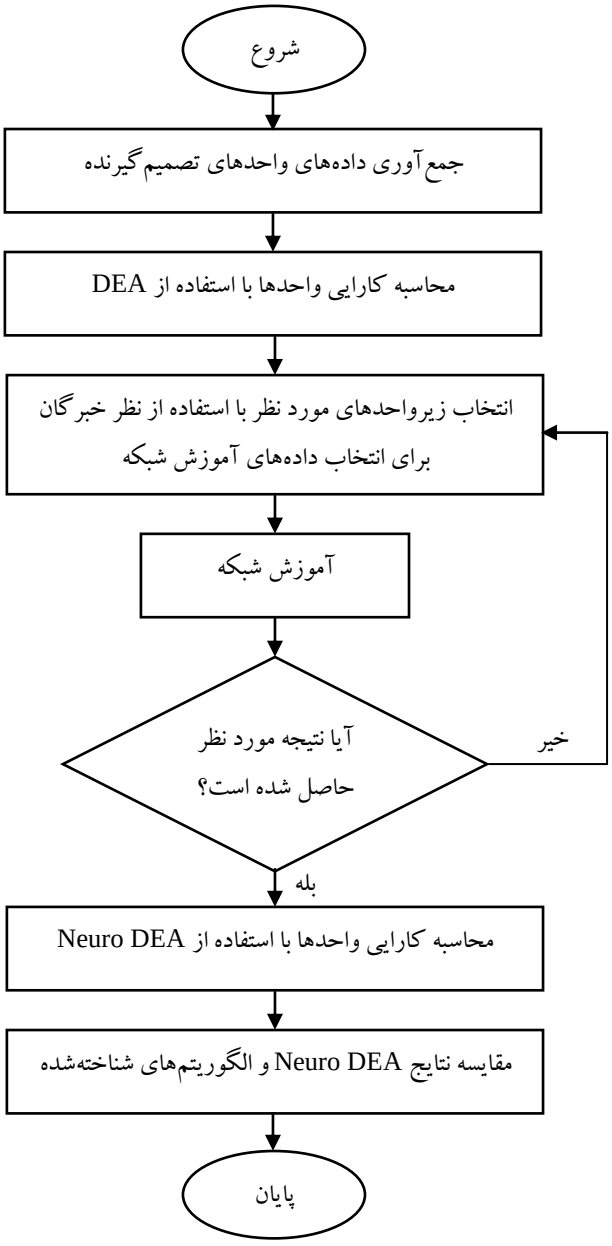
با توجه به پژوهش‌های گذشته، در این پژوهش سعی بر این شده است که از شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی داده‌ها و تلفیق آنها در ارزیابی عملکرد شرکت ایران دارو استفاده شود. از قدرت تفکیک‌پذیری و تخمین روابط غیرخطی شبکه‌های عصبی جهت رفع ضعف مربوط به تعداد کم واحدهای تصمیم گیری نسبت به تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها استفاده شده است. نهایتاً، پس از محاسبه کارایی، نتایج به‌دست‌آمده با نتایج الگوریتم‌های درخت تصمیم، بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان و K نزدیکترین همسایه معمولی مقایسه شده است.

## ۳ چارچوب اجرای پژوهش

در این پژوهش در ابتدا با بررسی مبانی نظری، معیارهای ارزیابی عملکرد شرکت بر اساس منظرهای کارت امتیازی متوازن شناسایی شدند و پس از ارایه به ۱۳ تن از خبرگان شرکت ایران دارو که با منظرهای کارت امتیازی آشنایی کافی داشتند، دارای حداقل ۱۰ سال سابقه مدیریتی بودند و مدرک تحصیلی آنها کارشناسی و بالاتر بود، بر اساس طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت با امتیاز بسیار کم (۱) تا بسیار زیاد (۵) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت، میانگین امتیازات شاخص‌ها مبنای انتخاب آنها قرار گرفت. پس از نهایی شدن شاخص‌های ارزیابی، داده‌های مربوط به هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری جمع‌آوری شدند. این داده‌ها برای دستیابی به نتایج بر اساس مدل ترکیبی شبکه‌های عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی داده‌ها طی گام‌های زیر (شکل ۱) مورد پردازش می‌گیرند:



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]




**شکل ۱.** گام‌های الگوریتم پیشنهادی

*- گام اول: جمع آوری داده‌های مربوط به ورودی‌ها و خروجی‌ها.* پس از پیش پردازش داده‌ها، مساله مهم دیگری که باید به آن توجه داشت نرمالایزسازی یا بی‌مقیاس‌سازی داده‌ها است. مقیاس‌های متفاوت در متغیرهای مختلف نتایج نهایی را از جنبه‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهند. به منظور رفع این مشکل، از روش بی مقیاس‌سازی لاروس [۵۰] که داده‌ها را در هر فاصله دلخواه مانند [L , H] مرتب می‌کند، استفاده شده است.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

$$X^* = mX_i + b \qquad (۱)$$

$$m = \frac{H - L}{Max(X) - Min\,(X)}$$

$$b = \frac{Max\,(X)\,L + Min\,(X)\,H}{Max\,(X) - Min\,(X)}$$

در این رابطه فوق $X^*$ متغیر نرمال‌سازی شده و $X_i$ متغیر اصلی می‌باشد. برای نرمالایزسازی داده‌ها ترجیح داده شد که داده‌ها در بازه [۰,۱]نرمال گردند. این امر بدان علت است که بتوان اختلاف بین متغیرها را بهتر نشان داد و هم‌چنین شبکه‌های عصبی با متغیرهای باینری و دو قطبی بهتر آموزش می‌بینند.

- *گام دوم: محاسبه کارایی با تحلیل پوششی داده‌ها.* در این گام بر اساس داده‌های مربوط، کارایی واحدها با استفاده از مدل CCR محاسبه می‌شود. خروجی این گام داده‌های لازم برای آموزش شبکه را فراهم می‌سازد.

- *گام سوم: انتخاب یک زیرمجموعه از اطلاعات جمع‌آوری شده برای آموزش شبکه.* آموزش شبکه، حساس‌ترین مرحله الگوریتم پیشنهادی می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که برای آموزش شبکه بهتر است از مجموعه داده‌های واحدهای کارا استفاده شود. استفاده از داده‌های واحدهای کارا برای آموزش باعث می‌شود تا شبکه الگوی کارایی را بهتر یاد بگیرد.

- *گام چهارم: آموزش شبکه.* در این مرحله شبکه عصبی با استفاده از داده‌های واحدهایی که در گام قبل انتخاب شدند، آموزش داده می‌شوند. وزن‌های شبکه طبق معادلات (۲) و (۳) تغییر می‌کنند.

$$\frac{\partial E}{\partial w'^{(k)}_j} = \frac{\partial E}{\partial e^{(k)}} \cdot \frac{\partial e^{(k)}}{\partial O'^{(k)}} \cdot \frac{\partial O'^{(k)}}{\partial n'^{(k)}} \cdot \frac{\partial n'^{(k)}}{\partial w'^{(k)}_j} \qquad (۲)$$

$$\frac{\partial e^{(k)}}{\partial O'_j} = -۱ \quad , \quad \frac{\partial O'^{(k)}}{\partial n'^{(k)}} = \frac{e^{-n'^{(K)}}}{(۱+e^{-n'^{(K)}})} \quad , \quad \frac{\partial n'^{(k)}}{\partial w'^{(k)}_j} = O_j \quad ; \quad j = ۱,۲,...,۱۸$$

$$\frac{\partial E}{\partial w'^{(k)}_j} = \frac{e^{-n'^{(K)}}}{(۱+e^{-n'^{(K)}})} \cdot \frac{۱-e^{-۲n_j}}{۱+e^{-۲n_j}}$$

$$w'^{(k+۱)}_j = w'^{(k)}_j + \eta' \frac{e^{-n'^{(K)}}}{(۱+e^{-n'^{(K)}})} \cdot \left[ \cdot \frac{۱-e^{-۲n^{(k)}{}_j}}{۱+e^{-۲n^{(k)}{}_j}} \right] \quad ; \quad j = ۱,۲,...,۱۸$$

$$\frac{\partial E}{\partial w'^{(k)}_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial e^{(k)}} \cdot \frac{\partial e^{(k)}}{\partial O'^{(k)}} \cdot \frac{\partial O'^{(k)}}{\partial n'^{(k)}} \cdot \frac{\partial n'^{(k)}}{\partial O^{(k)}_j} \cdot \frac{\partial O^{(k)}}{\partial n_j{}^{(k)}} \cdot \frac{\partial n_j{}^{(k)}}{\partial w_{ij}{}^{(k)}}$$

$$\frac{\partial n'^{(k)}}{\partial O^{(k)}_j} = w'^{(k)}_j \quad , \quad \frac{\partial O^{(k)}}{\partial n_j{}^{(k)}} = \frac{۴e^{-۲n^{(k)}_j}}{(۱+e^{-۲n^{(K)}_j})} \quad , \quad \frac{\partial n_j{}^{(k)}}{\partial w_{ij}{}^{(k)}} = x_i$$



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

$$w_{ij}^{(k+1)} = w_{ij}^{(k)} + \eta\, w'^{(k)}_{j}\left[\frac{4e^{-2n_j^{(k)}}}{(1+e^{-2n_j^{(K)}})}\right] x_i \qquad ; i = 1,2,....9 \;\; ; \;\; j = 1,2,...,18 \qquad (3)$$

- *گام پنجم: بررسی معیار خطا.* اگر با ارایه داده‌های آموزشی نتیجه مورد نظر حاصل شد (معیار خطا به میزان مورد نظر کاهش یافت) به گام بعد می روید، در غیر این صورت به گام سوم باز گردید تا الگوی آموزش شبکه کامل شود.

- *گام ششم: محاسبه کارایی واحدها.* کارایی تمامی واحدها را با استفاده از شبکه‌های عصبی آموزش‌یافته محاسبه کنید. پس از محاسبه کارایی واحدها با مدل تحلیل پوششی داده‌ها، با استفاده از نظر خبرگان واحدهایی جهت آموزش انتخاب شده و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده محاسبه خواهد گردید.

- *گام هفتم: مقایسه بین نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و Neuro-DEA.* در این گام نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و مدل Neuro-DEA بر اساس معیارهای دقت[1]، صحت[2]، فراخوانی[3] و خطای طبقه‌بندی[4] مقایسه‌شده و اعتبارسنجی نتایج صورت می‌گیرد. علاوه بر معیارهای فوق، معیارهای میانگین مجذور خطا[5] و خطای واقعی[6] نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

لازم به ذکر است که برای اجرای شبکه طراحی‌شده از نرم‌افزار رپیدماینر و برای اجرای مدل تحلیل پوششی‌داده‌ها از نرم‌افزار DEA Solver استفاده می‌شود. در پایان، نتایج ارزیابی با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در لایه‌های مختلف بررسی‌شده و نتایج حاصل از شبکه با مناسب‌ترین تعداد لایه‌ها بر اساس شاخص‌های دقت، صحت، فراخوانی و خطا با نتایج الگوریتم‌های شناخته‌شده در مبانی نظری همچون درخت تصمیم، بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان و K نزدیک‌ترین همسایه مقایسه شده است.

## ٤ تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این تحقیق از شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی داده‌ها و تلفیق آنها (Neuro-DEA) برای ارزیابی عملکرد شرکت ایران دارو استفاده شده است. در این راستا پس از محاسبه کارایی با روش تلفیقی، نتایج حاصل با DEA معمولی مقایسه گردیده است؛ زیرا با توجه به کم بودن تعداد واحدها در مقایسه با تعداد ورودی‌ها و خروجی‌ها، مدل‌های پایه‌ای DEA قادر به رتبه‌بندی واحدها نمی‌باشند. بنابراین، از قدرت تفکیک‌پذیری و تخمین روابط غیرخطی شبکه‌های عصبی برای رفع این مساله استفاده می‌شود.

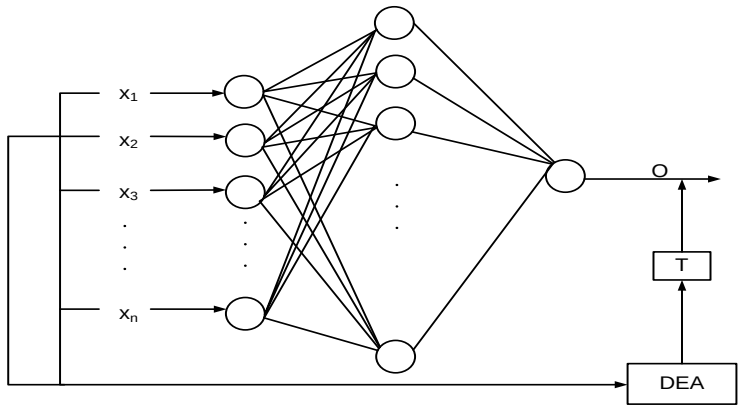
[1] Accuracy
[2] Precision
[3] Recall
[4] Classification Error
[5] RMSE
[6] MAE



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

یکی از مباحث کلیدی در تقریب تابع انتخاب معماری مناسب شبکه است. بر اساس قضیه تقریب‌ساز جهانی، شبکه‌های پیشخور با یک لایه مخفی با توابع تبدیل زیگموئیدی در لایه میانی و توابع تبدیل خطی در لایه خروجی قادرند توابع مختلف را با هر درجه تقریب، تقریب بزنند. در تقریب تابع تحقیق حاضر از این قضیه استفاده شده است، زیرا توابع پیوسته فرض شده است و X بسته و کراندار است.

برای تقریب توابع مطرح‌شده در فرآیند از یک شبکه عصبی دولایه پیش‌خور[1] که تابع تبدیل لایه پنهان تانژانت هیپربولیک و تابع تبدیل لایه خروجی سیگموئیدی[2] است، استفاده شده است. تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های شبکه بر اساس تابعی که در مدل‌سازی فرآیند مطرح گردید مشخص گردیده است که تعیین‌کننده تعداد نرون‌های ورودی و خروجی است. در مورد تعیین تعداد نورون‌های لایه میانی نمی‌توان به طور قطع اظهار نظر کرد، زیرا تعداد نورون‌های کم و زیاد به‌ترتیب مشکل تعمیم‌پذیری شبکه و پیچیدگی‌های محاسباتی آن را به همراه خواهد داشت. روش‌هایی ارایه شده‌اند که می‌توانند تا حدودی (به‌صورت تجربی) تعداد بهینه نرون‌های لایه پنهان را تعیین کنند، اما در این تحقیق با آزمون و خطا تعداد نرون‌های لایه میانی تعیین شده‌اند. در این شبکه، ورودی‌های شبکه شامل مجموع ورودی‌ها و خروجی‌های هر واحد تصمیم‌گیرنده و خروجی مورد انتظار شبکه (O)، کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده خواهد بود. شکل ۲ مدل شبکه عصبی به‌کار رفته را نشان می‌دهد.




**شکل ۲**. توپولوژی شبکه Neuro-DEA

پس از انتخاب ساختار شبکه، ضروری است با انتخاب یک الگوریتم یادگیری مناسب، شبکه طراحی شده آموزش داده شود. به این منظور از ۸۰٪ از داده‌های پایگاه داده جهت آموزش مدل‌های مربوط به الگوریتم‌های یادگیری ماشین و از ۲۰٪ داده‌ها برای ارزیابی نتایج الگوریتم یادگیری ماشین استفاده شده است. الگوریتم‌های متعدد پس انتشار برای آموزش شبکه وجود دارند که انتخاب آنها به فرم مساله نیز بستگی دارد. برخی از این الگوریتم‌ها سرعت همگرایی بسیار پایین و برخی سرعت همگرایی بالایی دارند. در این پژوهش برخی از این الگوریتم‌ها به‌کار رفته و در نهایت الگوریتمی که بهترین عملکرد را در آموزش شبکه از خود نشان داد، مورد استفاده واقع گردید. قابل ذکر است که تابع یادگیری به‌کار رفته در شبکه طراحی شده، "traincgf" است که بر اساس گرادیان مزدوج عمل می‌کند.

[1] FeedFoluard
[2] Sigmoidal Function



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

در پژوهش حاضر از اطلاعات سال‌های ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۶ (به صورت فصلی) شرکت ایران دارو برای شبیه‌سازی روش پیشنهادی استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا براساس منظرهای کارت امتیازی متوازن، شاخص‌های ارزیابی مشخص گردیده و سپس با توجه به مفهوم پیاده‌سازی مدل ارزیابی کارایی تحلیل پوششی داده‌ها معیارهایی که کاهش آنها سبب افزایش کارایی می‌گردند، به عنوان ورودی و معیارهایی که افزایش آنها سبب افزایش کارایی می‌گردند، به عنوان خروجی در نظر گرفته شده‌اند. جدول ۲ معیارهای نهایی مورد استفاده در ارزیابی شرکت ایران دارو و تعریف عملیاتی آنها را نشان می‌دهد. با توجه به این‌که داده‌های دریافت شده در این معیارها دارای ویژگی‌هایی هستند که توسط رپیدماینر قابل فهم نمی‌باشد، ابتدا مجموعه داده‌ها مورد پیش پردازش قرار گرفته و مقادیر بدون استفاده حذف شدند. جدول ۳ نتیجه این فرایند را نمایش می‌دهد.

**جدول۲.** شاخص‌های کارت امتیازی متوازن

| شاخص | تعریف |
|---|---|
| دوره وصول مطالبات | مدت زمانی است که طول خواهد کشید با شرکت مطالبات خود را از مشتریان دریافت کند |
| نسبت آنی | نسبتی است که توانایی انجام تعهدات کوتاه‌مدت با استفاده از دارایی‌های با نقدینگی بالا را اندازه‌گیری می‌کند. نسبت آنی از تقسیم دارایی‌های جاری منهای موجودی‌ها بر بدهی‌های جاری به‌دست می‌آید |
| نسبت سود خالص | این نسبت توان مدیریت را در به‌کارگیری موثر دارایی ها در ایجاد سود خالص نشان می‌دهد و از تقسیم سود خالص به جمع دارایی‌ها به دست می‌آید |
| بازده حقوق صاحبان سهام | این نسبت، میزان کارایی یک شرکت در خلق سود خالص برای سهامداران را بررسی می‌کند و از تقسیم سود خالص به میانگین حقوق صاحبان سهام به‌دست می‌آید |
| سفارش گذاری به موقع | نسبت دفعاتی که سفارش به موقع ثبت شده نسبت به کل دفعات ثبت سفارش |
| متوسط ظرفیت استفاده شده | نسبت ظرفیت فعال به ظرفیت اسمی شرکت در طول سال |
| دوره گردش موجودی انبار | مدت زمانی‌که (روز) موجودی کالا و مواد شرکت به‌فروش رسیده و جایگزین شده‌است |
| پوشش برنامه تولید | نسبت تولید انجام شده به تولید برنامه‌ریزی‌شده |
| سرانه ویزیت | میانگین تعداد دفعات ویزیت شرکت‌های توزیع‌کننده طی سال |
| تعداد بازارهای صادراتی | تعداد کشورهایی که به آنها صادرات صورت می‌گیرد |
| درصد رضایت پزشکان | نسبت پزشکانی که از خدمات شرکت رضایت دارند. |
| نسبت صادرات به کل فروش | درصدی از فروش شرکت که از کانال صادرات حاصل گردیده است |
| تحقق به موقع برنامه تامین مواد | نسبت دفعاتی که اقلام مورد درخواست به موقع تامین شده است |
| نسبت اقلام تایید شده به کل اقلام | درصد اقلام مرجوع شده پس از تحویل به مشتری |
| متوسط امتیاز ارزیابی تامین‌کنندگان | امتیاز حاصل از نظرسنجی در خصوص ارزیابی تامین‌کنندگان از عملکرد شرکت |
| درصد تحقق بودجه تامین | نسبت بودجه تامین حاصل شده به بودجه تامین مورد نیاز |
| سرانه آموزش | متوسط تعداد دوره های که افراد در سال شرکت می کنند. |
| سرانه پیشنهاد | متوسط تعداد پیشنهادات ارایه شده در سال |
| درصد اثربخشی آموزش | متوسط امتیاز حاصل از نظرسنجی انجام شده از کارکنان در خصوص اثربخشی دوره‌های آموزشی |
| نرخ بهره وری کارکنان | متوسط نرخ کار انجام شده توسط کارکنان به کاری که باید توسط آنها انجام می‌گرفت |



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

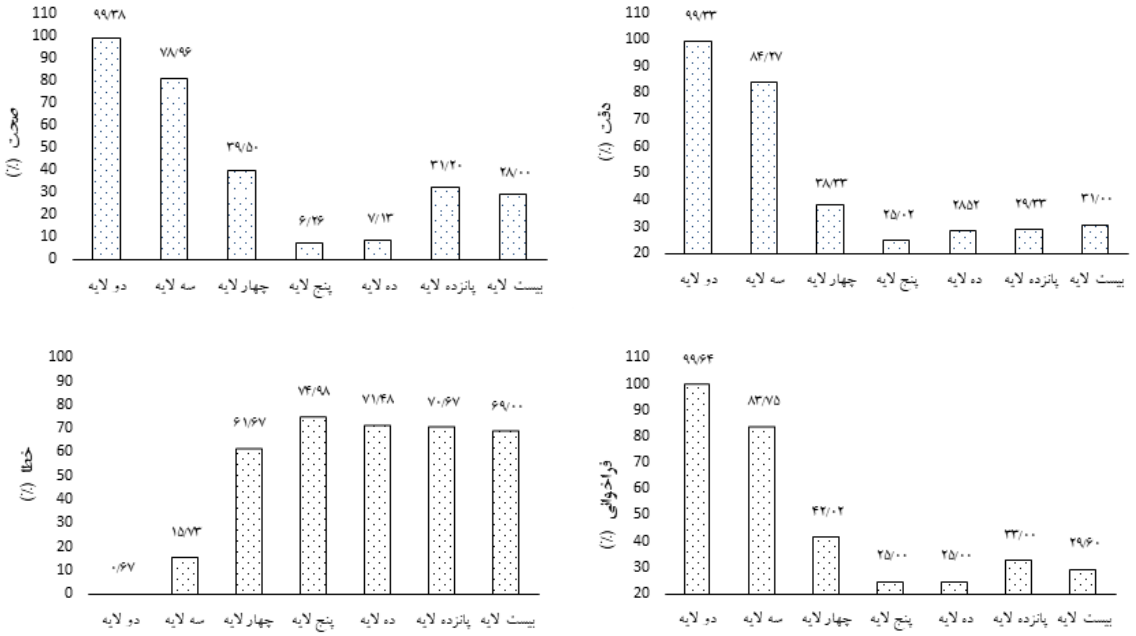
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ] [ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ] [ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]

**جدول۳.** مجموعه داده‌های پاکسازی شده شرکت ایران دارو

| واحد منتخب | شاخص | ماهیت | سال ۱۳۹۳ | | | | سال ۱۳۹۴ | | | | سال ۱۳۹۵ | | | | سال ۱۳۹۶ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | بهار | تابستان | پاییز | زمستان |
| مالی | دوره وصول مطالبات | ورودی | ۲۰۲ | ۱۹۱ | ۱۹۵ | ۲۰۰ | ۲۶۰ | ۲۲۰ | ۲۴۶ | ۲۵۰ | ۲۵۸ | ۲۳۰ | ۲۴۴ | ۲۴۹ | ۲۷۱ | ۲۶۲ | ۲۶۵ | ۲۶۳ |
| | نسبت آنی | ورودی | ۱/۱۴ | ۱/۱۳ | ۱/۱۲ | ۱/۱۳ | ۱/۰۴ | ۱/۰۸ | ۱/۰۹ | ۱/۱۳ | ۰/۹۰ | ۰/۹۸ | ۱/۰۰ | ۱/۱۲ | ۰/۹۱ | ۰/۹۹ | ۱/۰۰ | ۰/۱۰ |
| | نسبت سود خالص | خروجی | ۰/۱۵ | ۰/۱۹ | ۰/۱۶ | ۰/۱۸ | ۰/۱۸ | ۰/۲۳ | ۰/۲۱ | ۰/۲۲ | ۰/۱۷ | ۰/۲۰ | ۰/۱۸ | ۰/۱۹ | ۰/۱۹ | ۰/۲۳ | ۰/۲۱ | ۰/۲۱ |
| | بازده حقوق صاحبان سهام | خروجی | ۰/۳۵ | ۰/۳۹ | ۰/۳۸ | ۰/۳۶ | ۰/۴۰ | ۰/۴۸ | ۰/۴۵ | ۰/۴۳ | ۰/۳۲ | ۰/۳۶ | ۰/۳۴ | ۰/۳۴ | ۰/۴۳ | ۰/۴۶ | ۰/۴۷ | ۰/۴۴ |
| فرایندهای | سفارش گذاری به موقع | ورودی | ۰/۷۷ | ۰/۸۵ | ۰/۷۹ | ۰/۶۶ | ۰/۷۰ | ۰/۷۶ | ۰/۸۱ | ۰/۷۹ | ۰/۷۵ | ۰/۷۲ | ۰/۸۳ | ۰/۷۴ | ۰/۷۹ | ۰/۷۲ | ۰/۷۶ | ۰/۸۳ |
| داخلی | متوسط ظرفیت استفاده شده | ورودی | ۰/۷۵ | ۰/۹۰ | ۰/۸۸ | ۰/۸۰ | ۰/۸۰ | ۱/۱۰ | ۱/۱۰ | ۰/۸۰ | ۰/۸۰ | ۰/۹۴ | ۱ | ۰/۹۵ | ۰/۸۸ | ۰/۹۵ | ۱ | ۰/۹۲ |
| | دوره گردش موجودی انبار | خروجی | ۱۹۸ | ۱۷۵ | ۱۷۰ | ۱۸۵ | ۱۷۴ | ۱۲۱ | ۱۳۲ | ۱۴۵ | ۱۸۴ | ۱۶۲ | ۱۶۷ | ۱۷۵ | ۱۸۴ | ۱۶۰ | ۱۶۶ | ۱۷۰ |
| | پوشش برنامه تولید | خروجی | ۰/۸ | ۱ | ۱ | ۰/۹ | ۰/۸۵ | ۱ | ۱ | ۰/۹۸ | ۰/۸۳ | ۰/۹۸ | ۱ | ۰/۹۵ | ۰/۸۸ | ۰/۹۵ | ۱ | ۰/۹۲ |
| فروش | سرانه ویزیت | ورودی | ۵۰ | ۷۰ | ۶۷ | ۶۰ | ۴۰ | ۵۵ | ۵۶ | ۵۰ | ۴۴ | ۶۳ | ۶۵ | ۶۰ | ۴۵ | ۷۰ | ۶۸ | ۶۵ |
| | تعداد بازارهای صادراتی | ورودی | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۲ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۴ | ۴ |
| | درصد رضایت پزشکان | خروجی | ۰/۶۲ | ۰/۶۰ | ۰/۵۸ | ۰/۶۱ | ۰/۶۲ | ۰/۶۵ | ۰/۶۶ | ۰/۶۱ | ۰/۶۴ | ۰/۶۷ | ۰/۶۴ | ۰/۶۶ | ۰/۶۶ | ۰/۶۹ | ۰/۶۸ | ۰/۶۹ |
| | نسبت صادرات به کل فروش | خروجی | ۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۶ | ۰/۰۶ | ۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۰۴ | ۰/۰۳ | ۰/۰۶ | ۰/۰۵ | ۰/۰۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۷ | ۰/۰۸ | ۰/۰۶ |
| | تحقق به موقع برنامه تامین مواد | ورودی | ۰/۴۵ | ۰/۵۰ | ۰/۶۵ | ۰/۶۰ | ۰/۹۰ | ۱ | ۱ | ۰/۹۸ | ۰/۹۶ | ۰/۹۶ | ۰/۹۹ | ۰/۹۷ | ۰/۹۷ | ۰/۹۶ | ۰/۹۸ | ۰/۹۷ |
| | نسبت اقلام تایید شده به کل اقلام | ورودی | ۰/۹۷ | ۰/۹۷ | ۰/۹۸ | ۰/۹۸ | ۱ | ۱ | ۱ | ۱ | ۰/۸۹ | ۰/۹۴ | ۰/۹۳ | ۰/۹۷ | ۰/۹۰ | ۰/۹۴ | ۰/۹۳ | ۰/۹۱ |
| | متوسط امتیاز ارزیابی تامینکنندگان | خروجی | ۴۴۰ | ۴۵۰ | ۴۵۰ | ۴۶۰ | ۴۵۰ | ۴۶۰ | ۴۶۰ | ۴۴۰ | ۴۷۰ | ۴۶۰ | ۴۷۰ | ۴۷۰ | ۴۶۰ | ۴۶۰ | ۴۵۰ | ۴۷۰ |
| | درصد تحقق بودجه تامین | خروجی | ۰/۸۵ | ۰/۹۵ | ۰/۹۸ | ۰/۹۴ | ۰/۹۰ | ۰/۹۷ | ۰/۹۲ | ۰/۹۸ | ۰/۹۰ | ۰/۸۸ | ۰/۹۴ | ۰/۹۶ | ۰/۸۵ | ۰/۹۲ | ۰/۹۱ | ۰/۹۵ |
| رشد و | سرانه آموزش | ورودی | ۸ | ۱۶ | ۱۲ | ۱۲ | ۲۵ | ۳۵ | ۳۲ | ۲۸ | ۲۶ | ۳۶ | ۳۴ | ۲۸ | ۲۸ | ۳۶ | ۳۵ | ۲۹ |
| یادگیری | سرانه پیشنهاد | ورودی | ۰/۱۰ | ۰/۱۵ | ۰/۱۳ | ۰/۱۴ | ۰/۲۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۵۰ | ۰/۶۰ | ۰/۵۰ | ۰/۴۰ | ۰/۵۰ | ۰/۶۰ | ۰/۷۰ | ۰/۶۰ |
| | درصد اثربخشی آموزش | خروجی | ۰/۶۸ | ۰/۶۹ | ۰/۷۵ | ۰/۷۲ | ۰/۷۸ | ۰/۸۰ | ۰/۸۴ | ۰/۸۲ | ۰/۸۰ | ۰/۸۰ | ۰/۸۵ | ۰/۸۳ | ۰/۸۱ | ۰/۸۴ | ۰/۸۳ | ۰/۸۰ |
| | نرخ بهره وری کارکنان | خروجی | ۱/۱۳ | ۱/۱۵ | ۱/۱۷ | ۱/۱۵ | ۱/۱۲ | ۱/۱۴ | ۱/۱۵ | ۱/۱۵ | ۱/۱۳ | ۱/۱۶ | ۱/۱۶ | ۱/۱۵ | ۱/۱۵ | ۱/۱۶ | ۱/۱۷ | ۱/۱۶ |

### ٤-١ نتایج ارزیابی با الگوریتم شبکه عصبی با لایه‌های مختلف

در این بخش با بررسی شاخص دقت، صحت، فراخوانی و خطای الگوریتم شبکه عصبی به‌دنبال تعیین شبکه مناسب برای ارزیابی عملکرد شرکت داروسازی ایران دارو می‌باشیم. پیش‌بینی عملکرد شرکت ایران دارو با شبکه عصبی با دو لایه پنهان مشخص می‌کند که میزان دقت الگوریتم برابر با ۹۹/۳۳ درصد و میزان خطای پیش‌بینی برابر با ۰/۶۷ درصد است. به‌علاوه، میزان فراخوانی و صحت روش پیشنهادی نیز به‌ترتیب برابر با ۹۹/۶۴ و ۹۹/۳۸ درصد می‌باشد. میزان دقت پیش‌بینی عملکرد شرکت ایران دارو با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی با سه لایه پنهان برابر با ۸۴/۲۷ درصد می‌باشد. میزان خطای پیش‌بینی عملکرد شرکت نیز برابر با ۱۵/۷۳ درصد می‌باشد. نهایتاً میزان فراخوانی و صحت روش پیشنهادی در عملکرد شرکت ایران دارو به ترتیب برابر با ۷۸/۹۶ درصد و ۸۳/۷۵ درصد می‌باشد. از سوی دیگر، میزان دقت پیش‌بینی عملکرد شرکت ایران دارو با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی با چهار لایه پنهان برابر با ۳۸/۳۳ درصد و به تبع آن میزان خطای پیش بینی برابر با ۶۱/۶۷ درصد است. میزان فراخوانی و صحت روش پیشنهادی نیز به ترتیب برابر با ۴۲/۰۲ درصد و ۳۹/۵۰ درصد می‌باشد. به‌علاوه، در شکل ۳ میزان دقت، صحت، فراخوانی و خطای ارزیابی عملکرد شرکت ایران دارو با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی با پنج، ده، پانزده و بیست لایه پنهان نشان داده شده است.




**شکل۳.** مقایسه میزان دقت، فراخوانی، صحت و خطای شبکه عصبی با تعداد لایه‌های مختلف

همان‌طور که از شکل بالا مشاهده می‌شود، میزان دقت، صحت، فراخوانی و خطای شبکه عصبی با تعداد ۲ لایه در بهترین حالت قرار داشته و سایر لایه‌ها علیرغم اینکه روند روبه کاهشی داشتند در یک بازه به تعداد یکنواختی رسیده و افزایش تعداد لایه‌های پنهان تاثیری در خروجی‌ها ندارد. بنابراین، تعداد ۲ لایه به عنوان تعداد لایه‌های پایه در نظر گرفته شده و در ادامه نتایج با شبکه عصبی با تعداد دو لایه مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

ادامه نیز سایر الگوریتم‌ها همچون درخت تصمیم، بیز ساده، ماشین بردار پشتیبان، K نزدیک‌ترین همسایه و غیره بر روی مجموعه داده‌ها شرکت ایران دارو اعمال شده و نتایج مورد بررسی قرار می‌گیرند.

## ٤-٢ نتایج ارزیابی با سایر الگوریتم‌ها

بر اساس الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه، میزان دقت، صحت، فراخوانی و خطای ارزیابی عملکرد شرکت ایران دارو محاسبه شده است. میزان دقت این الگوریتم که از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی عملکرد آن است برابر با ۹۹/۸۶ درصد می‌باشد. به‌علاوه، میزان خطای پیش‌بینی عملکرد شرکت ایران دارو برابر با ۲/۱۴ درصد، میزان فراخوانی برابر ۹۳/۹۳ درصد و در نهایت میزان صحت آن برابر با ۹۳/۵۰ درصد می‌باشد.

نتایج ارزیابی با الگوریتم بیز ساده نیز نشان می‌دهد که میزان دقت این الگوریتم برابر ۸۷/۸۲ درصد می‌باشد که در مقایسه با الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه از عملکرد پایین‌تری برخوردار است. شاخص خطای پیش‌بینی این الگوریتم نیز برابر ۱۲/۱۸ درصد است که نسبت به الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه از عملکرد پایین‌تری برخوردار است. شاخص‌های فراخوانی و صحت روش بیز ساده نیز به ترتیب برابر با ۸۱/۰۷ و ۷۵/۴۶ درصد است که نسبت به شاخص‌های الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه، در وضعیت ضعیف‌تری است. نتایج ارزیابی با الگوریتم درخت تصمیم نیز در قالب شاخص‌های دقت، صحت، فراخوانی و خطای روش درخت تصمیم در ارزیابی عملکرد شرکت ایران دارو نشان‌دهنده دقت پایین (۸۵/۱۸ درصد)، خطای بالا (۱۴/۸۲ درصد)، فراخوانی متوسط (۸۱/۲۲ درصد) و صحت متوسط (۸۰/۰۰ درصد) این الگوریتم می‌باشد. ارزیابی داده‌ها با الگوریتم ماشین بردار پشتیبان[1] نیز نشان می‌دهد که میزان دقت پیش‌بینی عملکرد شرکت ایران دارو توسط این الگوریتم، پایین (۸۵/۲۵ درصد)، خطای پیش‌بینی، بالا (۱۴/۷۵ درصد)، میزان فراخوانی، پایین (۷۳/۹۳) و نهایتاً میزان صحت روش پیشنهادی پایین (۶۶/۲۹ درصد) می‌باشد. نتایج ارزیابی عملکرد با استفاده از الگوریتم پیشنهادی و سایر روش‌ها در جدول ۴ قابل مشاهده است.

**جدول ٤.** مقایسه روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

| شاخص | ماشین بردار پشتیبان | درخت تصمیم | بیز ساده | K نزدیک‌ترین همسایه | روش پیشنهادی |
|---|---|---|---|---|---|
| دقت | ۸۵/۲۵ | ۸۵/۱۸ | ۸۷/۸۲ | ۹۷/۸۶ | ۹۹/۳۳ |
| خطا | ۱۴/۷۵ | ۱۴/۸۲ | ۱۲/۱۸ | ۲/۱۴ | ۰/۶۷ |
| فراخوانی | ۷۳/۹۳ | ۸۱/۲۲ | ۸۱/۰۷ | ۹۳/۹۳ | ۹۹/۶۴ |
| صحت | ۶۶/۲۹ | ۸۰/۰۰ | ۷۵/۴۶ | ۹۳/۵۰ | ۹۹/۳۸ |

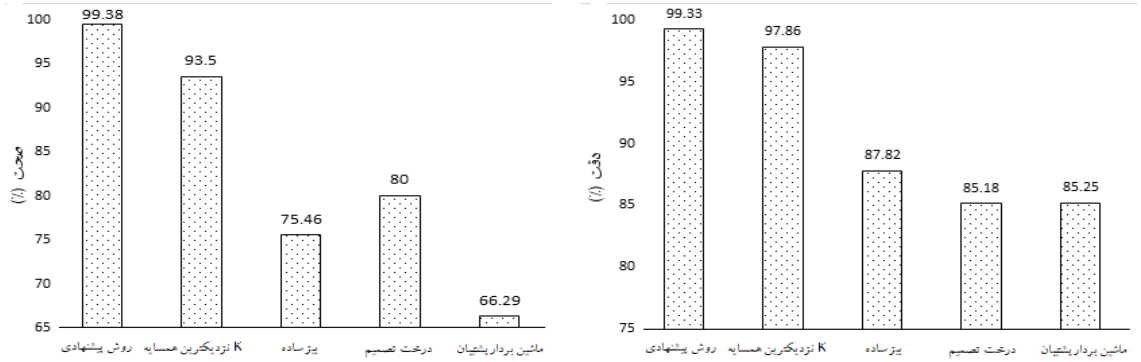
با توجه به نتایج ارایه شده، الگوریتم پیشنهاد شده در مقایسه با سایر الگوریتم‌ها از دقت، صحت و فراخوانی بیشتر و خطای کمتری برخوردار است. در ادامه به مقایسه نتایج روش پیشنهادی که ترکیبی از تحلیل پوششی

[1] Support Vector Machine



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

داده‌ها و شبکه عصبی می‌باشد، پرداخته می‌شود. در شکل ۴ میزان دقت روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها به‌منظور ارزیابی میزان عملکرد شرکت ایران دارو نشان داده شده است.




**شکل ٤.** مقایسه میزان دقت و صحت روش پیشنهادی با سایر روش‌ها

با توجه به داده‌های شکل ۴ میزان دقت روش پیشنهادی به منظور ارزیابی میزان عملکرد شرکت ایران دارو برابر با ۹۹/۳۳ درصد می‌باشد. میزان دقت الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه برابر با ۹۷/۸۶ درصد، الگوریتم بیز ساده برابر با ۸۷/۸۲ درصد، روش درخت تصمیم برابر با ۸۵/۱۸ درصد و الگوریتم ماشین بردار پشتیبان برابر با ۸۵/۲۵ درصد می‌باشد. از این رو میزان دقت روش پیشنهادی نسبت به روش‌های K نزدیک‌ترین همسایه، بیز ساده، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان به‌ترتیب ۱/۴۷٪ و ۱۱/۵۱٪ و ۱۴/۱۵٪ و ۱۴/۰۸٪ بهتر است. به‌علاوه، میزان صحت روش پیشنهادی نسبت به روش‌های K نزدیک‌ترین همسایه، بیز ساده، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان به ترتیب ۵/۸۸٪ و ۲۳/۷۴٪ و ۱۹/۳۸٪ و ۳۳/۰۹٪ بهبود داشته است. از سوی دیگر، نتایج بیانگر آن است که میزان فراخوانی روش پیشنهادی نسبت به روش‌های K نزدیک‌ترین همسایه، بیز ساده، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان به ترتیب ۵/۷۱٪ و ۱۸/۵۷٪ و ۱۸/۴۲٪ و ۲۵/۷۱٪ بهبود داشته است. نهایتاً، میزان خطای روش پیشنهادی نسبت به روش‌های K نزدیک‌ترین همسایه، بیز ساده، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان به ترتیب ۱/۴۷٪ و ۱۱/۵۱٪ و ۱۴٪/۱۵ و ۱۴/۰۸٪ بهبود داشته است. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان از روش شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی داده‌ها در بسیاری از کاربردها به منظور ارزیابی میزان عملکرد استفاده نمود.

## ۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش با استفاده از داده‌های استخراج‌شده از کارت‌های متوازن تهیه‌شده در شرکت ایران دارو طی سال‌های ۱۳۹۳ الی ۱۳۹۶ با رویکرد ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی به بررسی عملکرد شرکت پرداخته شد. به این ترتیب که پس از شناسایی شاخص‌های ارزیابی عملکرد سازمانی در چهار منظر مالی، مشتری، فرایندهای داخلی و رشد و یادگیری، این شاخص‌ها مورد ارزیابی خبرگان شرکت ایران‌دارو قرار گرفتند تا شاخص‌های نهایی ارزیابی عمکرد مشخص گردند. سپس داده‌های مربوط به عملکرد شرکت سال‌های ۱۳۹۳ الی



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

۱۳۹۶ (هرسال؛ چهار فصل) جمع‌آوری گردیدند و مبنای محاسبه کارایی توسط مدل CCR خروجی محور قرار گرفتند. سپس با استفاده از نظر خبرگان زیر واحدهایی جهت آموزش انتخاب‌شده و با استفاده از الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی کارایی واحدهای تصمیم‌گیری محاسبه گردید. با توجه به این‌که الگوریتم‌های یادگیری ماشین، دو نوع داده آزمایشی و آموزشی را دریافت می‌کنند، در این پژوهش از ۸۰٪ از داده‌ها جهت آموزش مدل‌های مربوط به الگوریتم‌های یادگیری ماشین و از ۲۰٪ باقیمانده برای ارزیابی نتایج الگوریتم‌ها استفاده گردید. در نهایت نیز الگوریتم شبکه عصبی به بخش آموزش اضافه شد و ورودی این بخش به ورودی الگوریتم شبکه عصبی و خروجی بخش آموزش به خروجی الگوریتم شبکه عصبی متصل گردید. در پایان، نتایج ارزیابی با الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی در لایه‌های مختلف محاسبه شده و نتایج حاصل از شبکه با مناسب‌ترین تعداد لایه‌ها بر اساس شاخص‌های دقت، صحت، فراخوانی و خطا برای ارزیابی و اعتبارسنجی نتایج استفاده شده است. علاوه بر معیارهای فوق، معیارهای میانگین مجذور خطا[1] و خطای واقعی[2] نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

برای اطمینان از اعتبار مدل روش به‌کار رفته، از الگوریتم‌های شناخته شده K نزدیک‌ترین همسایه، بیز ساده، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان برای محاسبه عملکرد استفاده شده و عملکرد روش پیشنهادی با توجه به شاخص‌های دقت، فراخوانی، خطا و صحت با این روش‌ها مقایسه گردیده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که میزان دقت پیش‌بینی عملکرد شرکت ایران دارو که یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی است بر اساس مدل ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی و تحلیل پوششی داده‌ها برابر با ۹۹/۳۳ درصد می‌باشد. میزان خطای پیش‌بینی، فراخوانی و صحت روش پیشنهادی در زمینه ارزیابی عملکرد شرکت ایران دارو نیز به ترتیب برابر با ۰/۶۷، ۹۹/۶۴ و ۹۹/۳۸ درصد می‌باشند. این شاخص‌ها در مقایسه با شاخص‌های به‌دست آمده از الگوریتم‌های K نزدیک‌ترین همسایه، بیز ساده، درخت تصمیم و ماشین بردار پشتیبان مناسب‌تر می‌باشند که تاییدکننده کارایی بالای روش ارایه شده در حل مسایل ارزیابی عملکرد است.

در راستای انجام پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود که در مطالعات بعدی از شبکه‌های محاسبه‌کننده کارایی خود سازمان‌دهنده استفاده شود و به‌طور مستقل از DEA، کارایی واحدها تحلیل گردد. به‌علاوه، پیشنهاد می‌گردد که برای محاسبه وزن شاخص‌ها، با توجه به نظر خبرگان به اعمال محدودیت‌های وزنی پرداخته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود که با توجه به ماهیت فازی برخی از شاخص‌های ارزیابی کارت امتیازی متوازن، از سیستم استنتاج عصبی- فازی سازگار[3]، بهینه‌سازی فازی [۱۵، ۱۶، ۱۷]، بهینه‌سازی استوار [۲۰، ۴۷، ۴۸] و برنامه‌ریزی بازه‌ای [۱۳، ۱۴، ۴۹] برای ارزیابی عملکرد استفاده شود.

## منابع

[1] Coelli, T. (1995). Recent develipments in frontier modelling and efficiency measurement. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 39 (3), 219-245.

[1] RMSE
[2] MAE
[3] Adaptive Network-based Fuzzy Inference System (ANFIS)



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

[2] Sharma, K. R., Leung, R. S., Zaleski, H. M. (1999). Technical, allocative and economic efficiencies in swine production in Hawaii: a comparison of parametric and nonparametric approaches. Agricultural Economics, 20, 23-35.
[3] Homayounfar, M., Amirteimoori, A. (2016). Network Production Planning Considering Undesirable Outputs- A Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach. Journal of Operational Research and Its Applications, 13 (1), 121-141.
[4] Mannino, M., Hong, S. N., Choi, I. J. (2008). Efficiency evaluation of data warehouse operations. Decision Support Systems, 44, 883–898.
[5] Liu, S. T. (2008). A fuzzy DEA/AR approach to the selection of flexible manufacturing systems. Computers & Industrial Engineering, 54, 66–79.
[6] Camanho, A. S., Dyson, R. G. (2005). Cost Efficiency Measurement with Price Uncertainty: A DEA Application to Bank Branch Assessments. European Journal of Operational Research, 161 (2), 432-446.
[7] Edirisinghe, N. C. P., Zhang, X. (2007). Generalized DEA model of fundamental analysis and its application to portfolio optimization. Journal of Banking & Finance, 31, 3311–3335.
[8] Johnes, J. (2006). Measuring Teaching Efficiency in Higher Education: An Application of Data Envelopment Analysis to Economics Graduates from UK Universities. European Journal of Operational Research, 174, 443-456.
[9] Ertay, T., Ruan, D., Tuzkaya, U. R., (2006). Integrating data envelopment analysis and analytic hierarchy for the facility layout design in manufacturing systems. Information Sciences, 176, 237–262.
[10] Shafer, S. M., Byrd, T. A. (2000). A framework for measuring the efficiency of organizational investments in information technology using data envelopment analysis. Omega, 28, 125–141.
[11] Homayounfar, M., Amirteimoori , A. R., Toloie-Eshlaghy, A. (2014). Production planning considering undesirable outputs-A DEA**.** International Journal of Applied Operational Research, 4 (3), 1-11.
[12] Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E.L. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. Eouropean Journal of Operations Resesarch, 2, 429-444.
[13] Hosseinzade Lotfi, F., Navabakhs, M., Tehranian, A., Rostamy-Malkhalifeh, M., Shahverdi. R. (2007). Ranking bank branches with interval data—the application of DEA. International Mathematical Forum, 2(9), 429-440.
[14] Hosseinzade Lotfi, F., Jahanshahloo, G.R., Shahverdi, R., Rostamy-Malkhalifeh, M. (2007). Cost efficiency and cost Malmquist productivity index with interval data. International Mathematical Forum, 2(9), 441-453.
[15] Peykani, P., Mohammadi, E., Emrouznejad, A., Pishvaee, M.S., Rostamy-Malkhalifeh, M. (2019). Fuzzy data envelopment analysis: an adjustable approach. Expert Systems with Applications, 136,439-452.
[16] Peykani, P., Mohammadi, E., Pishvaee, M.S., Rostamy-Malkhalifeh, M., Jabarzade, A. (2018). A novel fuzzy data envelopment analysis based on robust possibilistic programming: possibility, necessity and credibility-based approaches. RAIRO-Operations Research, 52(4-5), 1445-1463.
[17] Peykani, P., Seyed Esmaeili, F.S., Rostamy-Malkhalifeh, M., Hosseinzade Lotfi, F. (2018). Measuring Productivity Changes of Hospitals in Tehran: The Fuzzy Malmquist Productivity Index. International Journal of Hospital Research, 7(3), 1-17.
[18] Hatami-Marbini, A., Emrouznejad, A., Tavana, M. (2011). A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature: Two decades in the making. European Journal of Operational Research, 214, 457-472.
[19] Olesen, O.B., Petersen, N.C. (2016). Stochastic Data Envelopment Analysis—A review. European Journal of Operational Research, 251(1), 2-21.
[20] Peykani, P., Mohammadi, E., Farzipoor Saen, R., Sadjadi, S.J., Rostamy-Malkhalifeh, M. (2020). Data envelopment analysis and robust optimization: a review. Expert Systems, 37(4), e12534.
[21] Bauer, P. W. (1990). Recent developments in the econometric of frontiers. Journal of Econometrics, 46, 39-56.
[22] Wang, H. (2003). Adaptive Non-Parametric Efficiency Frontier Analysis: A Neural-Network-Based Model. Computers & Operations Research, 30 (2), 2003, 279-296.
[23] Mehregan, M., Farasat, A., Kamyab Moghaddas, A., (2006). Technical efficiency analysis of the country's oil refineries using a combined model of neural networks and data envelopment analysis (Neuro-DEA). Journal of Humanities and Social Sciences, 23, 105-128.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

[ 24] Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The Balanced Scorecard- Measures That Drive Performance. Harvard Business Review, 71–79.
[25] Nazemi, A., Abbasi, B., Omidi, F. (2015). Solving portfolio selection models with uncertain returns using an artificial neural network scheme. Applied Intelligence, 42 (4), 609-621.
[26] Leong, L. Y., Hew, T. S., Lee, V. H., Ooi, K. B. (2015). An SEM–artificial-neural-network analysis of the relationships between SERVPERF, customer satisfaction and loyalty among low-cost and full-service airline. Expert Systems with Applications, 42 (19), 6620-6634.
[27] Athanassopoulos, A. D., Curram, S. P. (1996). A Comparison of Data Envelopment Analysis and Artificial Neural Networks as Tools for Assessing the Efficiency of Decision Making Units. Journal of the Operational Research Society, 47 (8), 100-1016.
[28] Azadeh, A., Sheikhalishahi, M., Asadzadeh, S.M. (2011a). A flexible neural network-fuzzy data envelopment analysis approach for location optimization of solar plants with uncertainty and complexity. Renewable Energy, 36 (12), 3394-3401.
[29] Olanrewaju, O. A., Jimoh, A., Kholopane, P. A. (2012). Integrated IDA–ANN–DEA for assessment and optimization of energy consumption in industrial sectors. Energy, 46 (1), 629-635.
[30] Azadeh, A., Saberi, M., Tavakkoli Moghaddam, R., Javanmardi, L. (2011). An integrated Data Envelopment Analysis–Artificial Neural Network–Rough Set Algorithm for assessment of personnel efficiency. Expert Systems with Applications, 38 (3), 1364-1373.
[31] Kheirkhah, A. Azadeh, M. Saberi, A. Azaron, H. Shakouri. (2013). Improved estimation of electricity demand function by using of artificial neural network, principal component analysis and data envelopment analysis. Computers & Industrial Engineering, 64 (1), 425-441.
[32] Kwon, H. B. (2014). Performance modeling of mobile phone providers: a DEA-ANN combined approach. Benchmarking: An International Journal, 21 (6), 1120-1144.
[33] Saeidi, S., Jouybanpour, P., Mirvakilli, A., Iranshahi, D., Jaromír Klemeš, J. (2016). A comparative study between Modified Data Envelopment Analysis and Response Surface Methodology for optimisation of heterogeneous biodiesel production from waste cooking palm oil. Journal of Cleaner Production, 136(10), 23-30.
[34] Misiunas, N., Oztekin, A., Chen, Y., Chandra, K. (2016). DEANN: A healthcare analytic methodology of data envelopment analysis and artificial neural networks for the prediction of organ recipient functional status, Omega, 58, 46-54.
[35] Bashiri, M., Farshbaf-Geranmayeh, A., Mogouie, H. (2013). A neuro-data envelopment analysis approach for optimization of uncorrelated multiple response problems with smaller the better type controllable factors. Journal of Industrial and Systems Engineering, 9 (1), 1–10.
[36] Azadeh, A., Zarrin, M. (2016). An intelligent framework for productivity assessment and analysis of human resource from resilience engineering, safarimotivational factors, HSE and ergonomics perspectives. Safety Science, 55-71.
[37] 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 Advances in Industrial Engineering , 45 (1), 13-29.
[38] Shafiei Nikabadi, M., Shahroodi, K., Oveysiomran, A., Khosravi, M. (2018). Inputs and Outputs Selection of Data Envelopment Analysis to Evaluate the Performance of Regional Electricity Companies in Iran by Neural Network. Industrial Management Studies, 16 (51), 181-206.
[39] Geng, ZH., Zhang, Y., fei Li, CH., Han, Y., Yu, B. (2020). Energy optimization and prediction modeling of petrochemical industries: An improved convolutional neural network based on cross-feature. Energy, 1941, 116851.
[40] Homayounfar, M., Amirteimoori, A. (2019). Balanced evaluation of suppliers performance by applying a hybrid DEMATEL-DEA approach in presence of undesirable factors. Journal of New Researches in Mathematics, 5 (18), 31-48.
[41] Azadeh, A., Yazdanparast, R., Abdolhossein Zadeh, S., Esmail Zadeh., A. (2017). Performance optimization of integrated resilience engineering and lean production principles. Expert Systems with Applications, 8430, 155-170.
[42] Shabanpour, H., Yousefi, S., Farzipoor Saen, R. (2017). Forecasting efficiency of green suppliers by dynamic data envelopment analysis and artificial neural networks. Journal of Cleaner Production, 142, 1098-1105.
[43] Vlontzos, G., Pardalos, P. M. (2017). Assess and prognosticate green house gas emissions from agricultural production of EU countries, by implementing, DEA Window analysis and artificial neural networks. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 76, 155-162.



[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]

[44] Kwon, H. (2017). Exploring the predictive potential of artificial neural networks in conjunction with DEA in railroad performance modeling. International Journal of Production Economics, 183, 159-170.
[45] Azadeh, M., Pourebrahim Ahvazi, S., Motevali Haghighi. (2018). An intelligent algorithm for determination and optimization of productivity factors in upstream oil projects. Journal of Petroleum Science and Engineering, 167, 375-395.
[46] Jahangoshai Rezaee, M., Jozmaleki, M., Valipour, M. (2018). Integrating dynamic fuzzy C-means, data envelopment analysis and artificial neural network to online prediction performance of companies in stock exchange. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 4891, 78-93.
[47] Peykani, P., Mohammadi, E., Jabarzade, A., Jandaghiyan, A. (2016). Utilizing robust data envelopment analysis model for measuring efficiency of stock, a case study: Tehran stock exchange. Journal of New Research in Mathematics. 1(4), 15-24.
[48] Peykani, P., Mohammadi, E., Seyed Esmaeili, F.S. (2019). Stock evaluation under mixed ncertainties using robust DEA model. Journal of Quality Engineering and Production Optimization, 4(1), 73-84.
[49] Peykani, P., Mohammadi. E. (2018). Interval network data envelopment analysis model for classification of investment companies in the presence of uncertain data. Journal of Industrial and Systems Engineering, 11 (Special issue: 14th International Industrial Engineering Conference), 63-72.

[ Downloaded from jamlu.lahijan.iau.ir on 2026-11-02 ]
[ DOR: 20.1001.1.22517286.2021.18.3.5.2 ]
[ DOI: 10.52547/jamlu.18.3.73 ]