مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن، سال پانزدهم، شماره سوم (پیاپی ۵۸)، پاییز ۹۷، ص ص ۱۳۹-۱۲۱
شاپا ۷۲۸۶-۲۲۵۱

تدوین مدل و پیش‌بینی کارایی ادارات پست استان گیلان با روش تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد تکاملی شبکه‌های عصبی GMDH

عادل آذر[۱]، مریم پورنصیر[۲*]، هانیه مسافر[۳]

۱- استاد،گروه مدیریت، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استادیار،گروه مدیریت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۳- کارشناس ارشد مهندسی صنایع، رشت، ایران

رسید مقاله: ۱۳ تیر ۱۳۹۵

پذیرش مقاله: ۱۰ تیر ۱۳۹۶

چکیده

ارتباطات نقش مهمی در رشد و تعالی بین جوامع و افراد دارد. شبکه پستی به‌عنوان بزرگ‌ترین ارتباط فیزیکی و شبکه تبادل بین جوامع در جهان به شمار می‌رود که به دلیل ارتباط مداوم با مشتریان در این نوع واحدهای خدماتی، مدیریت عملکرد اهمیت خاصی می‌یابد در مقابل، پیش‌بینی، کنترل و تجزیه و تحلیل به یک ضرورت اجتناب ناپذیر در سازمان‌ها تبدیل شده است و به عنوان یک ابزار مدیریت عالی به تصمیم گیری کمک می‌کند. در این مقاله، ابتدا مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی ادارات پستی استان گیلان در سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳، مورد بررسی قرار گرفته و برای این هدف، CCR ورودی محور بهتر از مدل BCC تعیین شده است. سپس به دلیل آنکه مدل‌های اولیه تحلیل پوششی داده‌ها توانایی معرفی الگوی بهینه‌سازی و کارآمدترین واحد را ندارد، از روش اندرسون و پیترسون استفاده می‌کنیم که واحدهای رودسر و انزلی در ۹۲ و ۹۳ به طور متوالی به بهترین نحو شناخته شده‌اند. در نهایت از روش تلفیقی شبکه عصبی رویکرد دستیابی داده‌ها برای پیش‌بینی کارایی واحدهای پست استفاده می‌کنیم. نتایج نشان می‌دهد که این مدل جدید توانایی بالقوه خوبی در رابطه با پیش‌بینی دارد و به دلیل دقت بالا می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی شود.

کلمات کلیدی: کارایی، تحلیل پوششی داده‌ها، روش اندرسون و پیترسون، روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها

۱ مقدمه

با گسترش فناوری و روند رو به رشد جهانی شدن، تغییر اقتصاد صنعتی به اقتصاد خدماتی، توسعه سریع سازمان-های خدماتی و رقابت روزافزون آن‌ها، اندازه‌گیری کارایی برای دستیابی به قضاوت صحیح در رابطه با برنامه‌ها، فرایندها و افراد بیش از پیش احساس می‌شود. سازمان‌های متعالی اساس توسعه و پیشرفت و ادامه حیات و بقای خود را در گرو اندازه‌گیری مستمر کارایی سازمان و اتخاذ استراتژی‌های موفق در این زمینه می‌دانند. استمرار فرایند ارزیابی و در پی آن پیش‌بینی کارایی، تأمین اهداف انگیزشی سازمان و رقابت سازنده را به دنبال دارد.

* عهده‌دار مکاتبات

آدرس الکترونیکی: pournasir@liau.ac.ir

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

استفاده از تکنیک‌های اصولی و پیشرفته همگام با تحولات و پیچیدگی‌ها، سازمان را قادر می‌سازد تا با شناسایی نقاط قوت و ضعف خود وضعیت موجود را بهبود بخشد. این تحولات سریع و پیچیدگی‌های سازمان سبب شده سیستم‌های ارزیابی نیز به موازات آن ها تغییر کنند. یکی از معروف‌ترین روش‌هایی که برای اندازه-گیری کارایی در بسیاری از تحقیقات مورد استفاده قرار می‌گیرد، روش تحلیل پوششی داده‌ها[1] است. این روش در مقایسه با سایر روش‌های اندازه‌گیری اعتبار بالایی دارد؛ زیرا به کارایی اجازه تغییر در طی زمان را داده و به هیچ گونه پیش فرضی در مورد آن نیاز ندارد.

در این پژوهش، در کنار اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی با استفاده از روش DEA از رویکرد تکاملی شبکه‌های عصبی روش دسته‌بندی گروهی داده ها[2] نیز برای پیش‌بینی کارایی استفاده شده است. در حوزه پیش‌بینی، روش‌های شبکه عصبی از محدودیت انتخاب الگو برخورداراست و صرفاً به الگوهای ورودی خاص پاسخ می‌دهند. از این جهت استفاده از روشی که بتواند بر این محدودیت چیره گردد، حایز اهمیت خواهد بود. در مطالعه حاضر، شبکه‌های عصبی GMDH به عنوان ابزار تقریبی دقیق و فرایندی منظم برای غلبه بر ضعف‌های آماری و شبکه‌های عصبی به کار رفته است. این مدل توانایی تخصیص الگو، جهت مدل‌سازی ورودی‌ها و خروجی‌ها را بر اساس روش خود ساماندهی[3] دارد.

روش‌های تکاملی در طراحی پارامترهای شبکه عصبی و بهینه‌سازی وزن‌ها نسبت به روش‌های کلاسیک گرادیان محور قدرت بالاتری را دارا هستند. در روش پیشنهادی اخیر از الگوریتم ژنتیک به‌عنوان روشی تکاملی در ترکیب با GMDH استفاده گردیده است تا بتواند بر محدودیت‌های دیگر روش‌ها غالب شود.

از آن جایی که شرکت پست در رشد و توسعه اقتصادی کشور و رفع نیازهای ضروری جامعه نقش بارزی ایفا می‌کند، در این تحقیق بر آن شدیم تا جهت اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی از روش تحلیل پوششی داده‌ها و از سوی دیگر برای پیش‌بینی کارایی شعب پست استان گیلان از رویکرد تکاملی شبکه‌های عصبی GMDH استفاده کنیم.

۲ مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۲-۱ کارایی سازمان پست

کارایی[4] بیانگر این مفهوم است که سازمان چگونه می‌تواند از منابع خود در راستای تولید به بهترین شکل استفاده کند و از هدر رفتن امکانات مادی و معنوی جلوگیری نماید. در عصر حاضر، ارتباطات به‌عنوان مهم‌ترین و زیربنایی‌ترین عامل توسعه اجتماعی و اقتصادی و همچنین به منزله یک سرمایه ملی جایگاه ویژه‌ای دارد و سازمان پست به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نهادها در این زمینه ایفای نقش می‌کند. بدیهی است که ایجاد یک نظام کارا و استفاده بهینه از منابع سبب حداکثر ساختن نتیجه در این سازمان می‌شود. بحث پیرامون کارایی در ادبیات علمی

[1] Data Envelopment Analysis (DEA)
[2] Group Method of Data Handeling (GMDH)
[3] Self-organization
[4] Efficiency

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

دارای سابقه‌ای طولانی است؛ زیرا با توجه به افزایش جمعیت جهان و محدود بودن عوامل تولید، استفاده بهینه از امکانات موجود پاسخگوی افزایش تولید کالاها و خدمات برای دستیابی به شرایط زندگی بهتر و رفاه بیش‌تر جامعه بشری می‌شود؛ بنابراین محققان بسیاری در تلاشند تا با مطالعه در این زمینه گامی به سوی این مهم بردارند. در این قسمت کلیه تحقیقات انجام شده در ادارات پست با استفاده از روش‌های ارزیابی مطالعه شد. با توجه به عدم استفاده از روش‌های دقیق پیش‌بینی همچون شبکه‌های عصبی در سازمان مذکور به ذکر موارد استفاده از این روش‌ها در سایر سازمان‌ها پرداختیم.

۲-۲ پیشینه تحقیق

شکاری و چراغی شامی [۱] تحقیقی با عنوان سنجش عملکرد اداره پست استان خراسان رضوی در مسیر بهبود و تعالی با رویکرد مدل خودارزیابی کاف انجام داده‌اند. کیفیت عملکرد اداره کل پست استان خراسان رضوی در مسیر بهبود و تعالی دو حوزه توانمندسازها و نتایج مورد بررسی قرار گرفت، که در حوزه توانمندسازها و نتایج به ترتیب امتیازات ۱۶۶/۴(۳۳٪) و ۱۶۸/۷۲(۴۲٪) را به خود اختصاص داده است و امتیاز نهایی شرکت براساس سنجش ابعاد نه گانه مدل کاف برابر ۳۳۵/۱۲(۳۳٪) می‌باشد که نشان دهنده وجود ارتباط معناداری بین نتایج و توانمندسازها می‌باشد.

منصوری [۲] به ارزیابی عملکرد کیفیت خدمات ارایه شده توسط دفاتر ICT در جامعه روستایی با استفاده از مدل سروکوال در سال ۱۳۸۵ و در استان فارس پرداخته است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه ارزیابی دریافت‌کنندگان خدمات از عملکرد ارایه‌دهندگان خدمات دفاتر ICT در حد خوب و مناسب ارزیابی شده؛ ولی انتظارات آن‌ها از ارایه خدمات به طور کامل برآورد نشده است و در تمامی ابعاد دیدگاه خدمات‌دهندگان مثبت‌تر از خدمات گیرندگان است.

اجلی و صفری [۳] در تحقیقی جهت ارزیابی عملکرد و کارایی شرکت‌های گاز استان مازندران، ابتدا مدل مضربی CCR ورودی محور و روش اندرون-پیترسون[1] را برای رتبه بندی واحدهای کارا در قالب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها مورد بررسی قرار دادند و ضعف این مدل‌ها را از نظر محاسبه و تفکیک کارایی شرکت‌ها مشخص نمودند. در ادامه، برای تحلیل و ارزیابی کارایی از رویکرد شبکه‌های عصبی پیش‌بینی‌کنندهٔ عملکرد در قالب مدل‌های ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی[2] (Neuro/DEA) استفاده کردند. نتایج تحلیل کارایی محاسبه شده با استفاده از مدل ترکیبی، قدرت بالای شبکه را در محاسبه و تفکیک‌پذیری شرکت‌ها از نظر کارایی نمایان ساخت.

تقی زاده و همکاران [۴] تحقیقی با عنوان مدل‌سازی و پیش‌بینی کارایی بانک‌های دولتی و خصوصی ایران با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک ارایه دادند. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها و با در نظر گرفتن جمع کل دارایی‌ها و تعداد کل شعب به‌عنوان ورودی‌های مدل و سود و زیان خالص و مانده تسهیلات اعطایی و مطالبات به‌عنوان متغیرهای خروجی

[1] Anderson-Peterson (AP)
[2] Artificial Neural Network (ANN)

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

مدل به بررسی کارایی بانک ها در بین سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ پرداخته شد. در مرحله بعد از رویکرد رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک[1] برای پیش‌بینی کارایی بانک ها استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی فازی نسبت به سایر مدل‌ها دارای بالاترین دقت در پیش‌بینی کارایی بانک‌هاست.

مظفری شمسی و همکاران [۵] در تحقیقی با عنوان ارزیابی عملکرد و بهره‌وری و تعیین ساختار بهینه منابع و شاخص‌های عملکرد ادارات پست استان یزد، با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها میزان کارایی ادارات پست استان یزد را در سال ۹۰ ضمن به کارگیری نرم افزار WINQSB و SPSS مشخص نمودند. آن‌ها با در نظر گرفتن تعداد کل واحدهای پستی و تعداد کارکنان به عنوان ورودی‌ها و ترافیک به ازای هر نفر جمعیت، ترافیک به ازای هر نفر کارمند و ترافیک به ازای هر واحد پستی به‌عنوان خروجی‌ها، با طراحی و اجرای مدل بازده به مقیاس متغیر نشان دادند که از بین ورودی ها، تعداد کارکنان و از بین خروجی‌ها، ترافیک به ازای هر نفر جمعیت دارای بیش‌ترین اهمیت در مراکز پست استان یزد می‌باشد و اینکه علی رغم وجود امکانات نسبتا مناسب در حوزه زیر ساخت‌های ادارات پست استان یزد، امکان افزایش کارایی و بهره‌وری در مراکز پست این استان همچنان وجود دارد.

رضائیان و عسگری نژاد [۶] به ارزیابی کارایی شرکت آب و فاضلاب استان مازندران به کمک تکنیک تحلیل پوششی داده‌ها و تکنیک اندرسون- پیترسون پرداختند. به علت ضعف این روش ها با افزایش بعد مساله و زمان بر بودن آن‌ها، رویکرد شبکه ای عصبی را مطرح نمودند. نتایج تحلیلی کارایی‌های محاسبه شده واحدهای تصمیم‌گیری[2] به کمک روش ترکیبی Neuro-DEA حاکی از قدرت بالای شبکه عصبی در تفکیک پذیری نواحی تصمیم‌گیری بود.

بورنستین و بیکر [۷] تحقیقی با عنوان ارزیابی عملکرد ادارات پست با استفاده از مدل تحلیل پوششی داده‌ها در سال ۲۰۰۴ در کشور برزیل انجام داده‌اند. در این تحقیق متغیرهایی مانند تعداد کارکنان، تعداد مرسولات، مساحت مراکز پست، مجموع هزینه ها و میزان سرمایه گذاری در زیر ساخت‌ها و فناوری اطلاعات و آموزش به عنوان ورودی‌های مدل و متغیرهایی مانند میزان رضایت مشتریان، مجموع درآمدها، مرسولات تحویل داده شده و مرسولات فرستاده شده و میانگین زمان انتظار به عنوان ورودی‌های مدل در نظر گرفته شده‌اند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که از ۱۱۳ مرکز پستی این تحقیق ۳۰ مرکز که معادل ۲۶.۵۰٪ کل مراکز است دارای کارایی کامل؛ یعنی یک می‌باشد و باقی مانده مراکز دارای کارایی کم‌تر از یک؛ یعنی ناکارا هستند.

لیو و همکاران [۸] جهت اندازه‌گیری کارایی تکنیکی ۲۹ شرکت تولید نیمه هدایتی در تایوان سه روش تحلیل پوششی داده‌ها، تحلیل پوششی داده‌های سه مرحله‌ای[3] و شبکه عصبی مصنوعی را مورد بررسی قرار دادند.

[1] Genetic Algorithm (GA)
[2] Decision Making Unit (DMU)
[3] Three-Stage Data Envelopment Analysis (3SDEA)

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]
[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

نتایج نشان داد که تفاوت‌هایی بین کارایی به دست آمده توسط این روش‌ها وجود دارد؛ اما در همه آن‌ها عوامل محیطی یک متغیر مهم و کلیدی در تعیین کارایی تکنیکی به حساب می‌آید.

کومار هتا [۹] تأثیر تفاوت روش شناختی در تخمین کارایی تکنیکی زمین‌های کشاورزی گوناگون شهر ادیشا را بررسی نمود. او جهت انجام این تحلیل از روش های DEA، ANN، شبکه پرسپترون چند لایه[1] و شبکه تابع شعاعی پایه[2] استفاده کرد. مشاهدات حاکی از این بود که شبکه RBF نسبت به سایر روش‌ها به صورت غیر متداول عمل می‌نماید.

شکرا... پور و همکاران [۱۰] در تحقیقی به محاسبه کارایی نسبی و تعیین الگو در شعبات بانک تجارت ایران با مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده‌ها و شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. هدف آن ها از این ترکیب، پوشاندن ضعف روش DEA در اندازه‌گیری کارایی و پیش‌بینی آن نسبت به ANN بود. این محققان نشان دادند که توسط این مدل ترکیبی شعبات می‌توانند استراتژی مناسب را جهت بهبود کارایی مدنظر قرار داده و دلایل ناکارایی را حذف نمایند.

۳ روش تحقیق

با توجه به نقش بسیار مهم پست و واحدهای پستی در جهت گسترش ارتباطات بین جوامع و افراد و همچنین رشد و تعالی جوامع بشری، تحقیق حاضر در راستای شناسایی الگوی مناسب برای اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی این واحدها و یافتن الگویی بهینه انجام پذیرفته است. این پژوهش در زمره پژوهش‌های کاربردی، و تحلیل آن مبتنی بر مدل‌سازی ریاضی و دارای چندین مرحله است؛ زیرا با عنایت به اهمیت داده در الگوریتم‌های شبکه عصبی، آماده سازی داده‌ها گامی مهم و کلیدی در شبکه عصبی به حساب می‌آید؛ بنابراین در ابتدا به نرمالسازی داده‌ها پرداختیم. سپس از کارایی به‌دست آمده ۱۶ واحد پستی استان گیلان برای سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مدل تحلیل پوششی داده‌ها با استفاده از نرم افزار WINQSB به‌عنوان متغیر خروجی مدل پیش‌بینی و از داده‌های تعداد مراکز، تعداد پرسنل، درآمد کل و ترافیک کل این واحدها (ورودی‌ها و خروجی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها) به‌عنوان متغیرهای ورودی مدل پیش‌بینی استفاده شده و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB صورت گرفته است.

۳-۱ تحلیل پوششی داده‌ها

سنگ بنای اولیه این تکنیک توسط فارل[3] در حدود ۵۰ سال قبل گذاشته شده است. چارنز، کوپر و رودز[4] دیدگاه فارل را توسعه داده و مدلی ارایه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و چندین خروجی را داشت. این مدل که اولین بار در رساله دکتری رودز و به راهنمایی کوپر با عنوان ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا در سال ۱۹۷۶ ارایه شد، تحلیل پوششی داده‌ها نام گرفت [۱۱]. تحلیل پوششی داده‌ها

[1] Multi-Layer Perceptron (MLP)
[2] Radial Basis Function (RBF)
[3] Farrell
[4] Charnes, Cooper, Rohdes

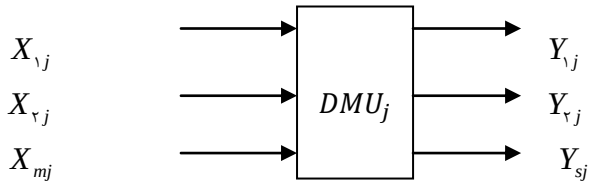
[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

روشی غیر پارامتری است که کارایی نسبی واحدها را در مقایسه با یکدیگر ارزیابی می‌کند [۱۲] یا به عبارت دیگر، DEA یک تکنیک برنامه‌ریزی است جهت اندازه‌گیری عملکرد نسبی واحدهای سازمانی، که دارای ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف هستند [۱۳]. در DEA با توجه به رابطه (۱) از نسبت مجموع وزنی خروجی‌ها به مجموع وزنی ورودی‌ها برای اندازه‌گیری کارایی استفاده می‌شود که کم‌تر یا مساوی عدد یک می‌باشد. در صورتی که برابر یک شود آن واحد کارا و کم‌تر از یک، واحد ناکارا تلقی می‌شود.

$$\text{کارایی واحد } j \text{ ام} = \frac{\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij}} \qquad (۱)$$

در فرمول (۱) m تعداد ورودی‌ها و s تعداد خروجی‌های هر DMU می‌باشند. X_{ij} و Y_{rj} نمایانگر ورودی‌ها و خروجی‌های jامین واحد تصمیم‌گیری و V_i و U_r نیز وزن وروی‌ها و خروجی‌ها هستند. جهت به کار گیری تکنیک DEA و ارزیابی هر یک از واحدهای تصمیم گیری باید یک مدل برنامه ریزی ساخت و طبق آن، کارایی نسبی هریک از DMUها را با همدیگر مقایسه کرد. شکل (۱) یک نوع مدل DEA را نشان می‌دهد.



شکل ۱. یک واحد تصمیم گیری همراه با ورودی‌ها و خروجی‌ها

مدل‌های اصلی DEA عبارتند از: مدل CCR (حروف اول نام چارنز، کوپر و رودز) و مدل BCC (بنکر[1]، چارنز و کوپر) که هرکدام از این مدل‌ها را می‌توان از دو رویه مورد بررسی قرار داد. این دو رویه به رویه‌های ورودی محور و خروجی محور معروف هستند که به فرم‌های مضربی و پوششی به کار می‌روند.

در یک مدل ورودی محور یک واحد در صورتی ناکاراست که امکان کاهش هر یک از ورودی‌ها بدون افزایش ورودی‌های دیگر یا کاهش هر یک از خروجی‌ها وجود داشته باشد؛ اما در یک مدل خروجی محور یک واحد در صورتی ناکاراست که امکان افزایش هریک از خروجی‌ها بدون کاهش خروجی‌های دیگر یا افزایش در هریک از ورودی‌ها وجود داشته باشد. بر این اساس یک واحد وقتی کارا خواهد بود که هیچ یک از دو مورد یاد شده تحقق نیابد [۱۴].

مدل CCR نخستین بار توسط چارنز، کوپر و رودز (۱۹۷۸) به صورت مدل‌های (۲) و (۳) ارایه شد:

[1] Banker

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

$$Max\ E_{\circ} = \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{r\circ}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{i\circ} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \le \circ, \quad j = 1,...,n,$$

$$U_r \ge \circ, \quad r = 1,...,s,$$

$$V_i \ge \circ, \quad i = 1,...,m.$$

(۲) CCR ورودی محور

$$Min\ E_{\circ} = \sum_{i=1}^{m} V_i X_{i\circ}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{r\circ} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} \le \circ, \quad j = 1,...,n,$$

$$V_i \ge \circ, \quad i = 1,...,m,$$

$$U_r \ge \circ, \quad r = 1,...,s.$$

(۳) CCR خروجی محور

در مدل‌های بالا، n واحد تصمیم‌گیری وجود دارد که هر یک از آن ها m ورودی و s خروجی دارند. به‌علاوه متغیرهای $X_{i\circ}$ و $Y_{r\circ}$ ورودی‌ها و خروجی‌های واحد صفر (واحد تحت بررسی) را نشان می‌دهند.

یکی از ویژگی‌های مدل تحلیل پوششی داده‌ها ساختار بازده به مقیاس آن است. بازده به مقیاس می‌تواند ثابت یا متغیر باشد. در بازده به مقیاس ثابت با افزایش در مقدار ورودی، خروجی به همان نسبت افزایش می یابد. در بازده متغیر، افزایش خروجی، بیش‌تر یا کم‌تر از نسبت افزایش در ورودی است. در سال ۱۹۸۴، بنکر، چارنز و کوپر با تغییر در مدل CCR، مدل BCC را عرضه کردند [۱۵]. مدل BCC بر طبق مدل‌های (۴) و (۵) کارایی نسبی واحدهای با بازده به مقیاس متغیر را ارزیابی می کند:

$$Max\ E_{\circ} = \sum_{r=1}^{s} U_r Y_{r\circ} + w$$

$$s.t.$$

$$\sum_{i=1}^{m} V_i X_{i\circ} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} + w \le \circ, \quad j = 1,...,n,$$

$$U_r \ge \circ, \quad r = 1,...,s,$$

$$V_i \ge \circ, \quad i = 1,...,m,$$

w آزاد در علامت.

(۴) BCC ورودی محور

$$Min\ E_{\circ} = \sum_{i=1}^{m} V_i X_{i\circ} + w$$

$$s.t.$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{r\circ} = 1,$$

$$\sum_{r=1}^{s} U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i X_{ij} + w \le \circ, \quad j = 1,...,n,$$

$$V_i \ge \circ, \quad i = 1,...,m.$$

$$U_r \ge \circ, \quad r = 1,...,s,$$

w آزاد در علامت.

(۵) BCC خروجی محور

مدل‌های پوششی دوگان مدل‌های مضربی‌اند که کارایی را براساس تخمین تابع تولید و مقایسه واحد تحت ارزیابی با مرز کارایی محاسبه می کنند [۶].

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

۳-۲ مدل اندرسون و پیترسون (رتبه بندی کامل)

در سال ۱۹۹۳، اندرسون و پیترسون روشی را برای رتبه بندی واحدهای کارا پیشنهاد کردند که تعیین کاراترین واحد را میسر می‌سازد. با این روش امتیاز واحدهای کارا می‌تواند از یک بیش‌تر شود. به این ترتیب، واحدهای کارا نیز مانند واحدهای غیر کارا رتبه بندی می‌شوند. این روش از دو مرحله تشکیل می‌شود: در گام اول باید مدل مضربی (یا پوششی) CCR را برای واحدهای تصمیم‌گیری حل کرده تا واحدهای کارا و ناکارا مشخص شود. سپس فقط واحدهای کارا را در نظر گرفته و از مجموعه محدودیت قدم اول، محدودیت مربوط به آن واحد را از مدل حذف و دوباره مدل را حل کنیم. به این ترتیب واحدهای کارا با امتیازهایی بالاتر از یک رتبه‌بندی می‌شوند.

از آنجا که در گام دوم، محدودیت مربوط به واحد تحت بررسی (که حد بالای آن عدد یک می باشد) حذف می شود، مقدار کارایی می تواند بیش‌تر از یک گردد. به این ترتیب واحدهای کارا با امتیازاتی بالاتر از۱ رتبه‌بندی می‌شوند [۱۴].

۳-۳ شبکه‌های عصبی مصنوعی

از قرن نوزدهم، ریاضیدانان متعددی تلاش کردند تا مدلی ریاضی بسازند که قابلیت فراگیری و تجزیه و تحلیل عمومی مسایل را داشته باشد. نخستین کوشش‌ها در شبیه‌سازی با استفاده از یک مدل منطقی توسط مک کلوک و والتر پیتس[1] (۱۹۶۰) انجام شد که امروزه پایه اصلی اکثر شبکه های عصبی مصنوعی را تشکیل می‌دهد. شبکه-های عصبی یکی از پرکاربردترین و عملی‌ترین ابزارها جهت مدل‌سازی مسایل پیچیده و کلان هستند که با استفاده از یک سری عناصر پردازش ساده (نرون) کارایی و عملکرد مورد نظر را فراهم می‌کنند. نرون کوچک‌ترین واحد پردازش اطلاعات است که سیگنال اولیه را دریافت و آن را به کمک توابع فعال‌سازی یا تبدیل، پردازش می‌نماید و همین ویژگی شبکه عصبی را به‌عنوان یک روش محاسباتی قدرتمند معرفی کرده است. ماهیت ذاتی شبکه‌های عصبی قابلیت آن در پردازش موازی و همزمان اطلاعات در قالب شبکه‌هایی از عناصر محاسباتی مربوط به هم است. این مساله بیانگر افزایش سرعت محاسبات شبکه‌های عصبی و استفاده از آن‌ها در حل مسایل گوناگون می‌باشد.

۳-۳-۱ معرفی الگوریتم شبکه‌های عصبی از نوع GMDH

روش دسته‌بندی گروهی داده‌ها یک فناوری آموزش آماری شبکه‌ای است که اولین بار توسط ایواخنینکو، مهندس و دانشمند اکراینی معرفی و گسترش پیدا کرد. GMDH روشی خودسامانده و استقرایی است که براساس ارزیابی داده‌ها به وسیله معیارهای خارجی برای مدل‌سازی سیستم های پیچیده، پیش‌بینی، شناسایی الگو، تشخیص و خوشه‌بندی داده‌ها کاربرد فراوان دارد. مبنای ریاضی الگوریتم GMDH، تجزیه سری توابع ولترا به چند جمله‌ای‌های دو متغیره درجه دوم همانند رابطه (۶) است.

$$y_i = f(x_i, x_j) = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_i^2 + a_4 x_j^2 + a_5 x_i x_j \qquad (۶)$$

[1] Mc Cullock & Walter Petz

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

تابع f دارای شش ضریب مجهول است. به همین خاطر جهت برقرار نمودن خروجی مطلوب $\{(y_i), i = ۱,۲,...,N\}$ به ازای تمام نمونه‌های دو متغیره وابسته به سیستم $\{(x_i, x_j), i, j = ۱,۲,...,N\}$ تابع G برای پیشگویی مقادیر خروجی براساس قاعده کم‌ترین مربعات خطا و به صورت رابطه (۷) طرح ریزی می‌شود.

$$\sum_{k=۱}^{N}[(G(x_i,x_j)-y_k)^۲] \to Min \qquad (۷)$$

برای حل مسایل کم‌ترین مربعات با احتمال بروز تکینگی و محاسبه بهینه بردار ضرایب چندجمله ای درجه دوم (a) از روش تجزیه مقادیر منفرد[1] استفاده می‌شود. کاربرد روش SVD که حدود ۱۰۰ سال قدمت دارد در الگوریتم GMDH کار بدیع و عاملی جهت بهینه‌سازی این الگوریتم به حساب می‌آید.

۳-۳-۲ شبکه عصبی GMDH

شبکه عصبی GMDH، جلوه‌ای از الگوریتم GMDH و یکی از معروف‌ترین نوع شبکه‌های عصبی است. GMDH سیستمی خودسامانده و یک سویه می‌باشد که دربرگیرنده چندین لایه و مجموعه‌ای از نرون‌ها در هر لایه بوده که در طول فرایند آموزش تعیین می‌شود و با پیوند جفت‌های مختلف از طریق یک چند جمله‌ای درجه دوم طبق رابطه (۸) به‌وجود می‌آید [۱۶]. به طور کلی طول نرون طبق رابطه $۲^{HL+۱}$ محاسبه می‌شود که HL نشان‌دهندهٔ تعداد لایه های مخفی است.

$$y_{ik}^{*} = N(x_{i\alpha}, x_{i\beta}) = b^k + w_۱^k x_{i\alpha} + w_۲^k x_{i\beta} + w_۳^k x_{i\alpha}^۲ + w_۴^k x_{i\beta}^۲ + w_۵^k x_{i\alpha}^۲ x_{i\beta}^۲ \qquad (۸)$$

$$K = (۱,...,C_m^۲)\ i = (۱,....,N)$$

رابطه بالا N تعداد نمونه‌های ورودی و خروجی و m تعداد نرون‌های لایه قبلی است. وزن‌ها از طریق روش SVD محاسبه شده و به‌عنوان مقادیر ثابت در داخل هر نرون جایگذاری می‌شود. ویژگی بارز این نوع از شبکه، تولید نرون‌های جدید به تعداد $C_m^۲ = \frac{m(m-۱)}{۲}$ توسط نرون‌های لایه قبلی (m) و حذف تعدادی از آن‌ها برای جلوگیری از واگرایی شبکه می‌باشد. معیار حذف مجموعه‌ای از نرون ها در یک لایه، میزان مجموع مربعات خطا ($R_j^۲$) میان مقادیر خروجی واقعی (y_i) و خروجی نرون j ام (y_{ij}^{*}) همانند رابطه (۹) در نظر گرفته می‌شود.

$$R_j^۲ = \frac{\sum_{i=۱}^{N}(y_i - y_{ij}^{*})^۲}{N} \qquad j \in \{۱,۲,...,C_m^۲\} \qquad (۹)$$

۳-۳-۲-۱ طراحی ساختارهای گوناگون برای شبکه‌های GMDH

یکی از مسایل مهم مطرح شده در شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه (پرسپترون و ...) طراحی ساختار شبکه است. در این طراحی جهت برقراری یک نگاشت ایده‌آل بین داده‌های ورودی و خروجی باید تعداد لایه‌ها و نیز ساختار درونی آن‌ها و همچنین نتایج تحریک هر نرون به صورت مناسب انتخاب شود؛ اما در شبکه‌های عصبی

[1] Singular Value Decomposition (SVD)

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

GMDH هدف از طراحی، جلوگیری از رشد واگرایی شبکه و نیز ایجاد ارتباط بین شکل و ساختار شبکه و یک یا چند پارامتر عددی است. به طوری که با تغییر پارامتر، ساختار شبکه‌ها نیز تغییر یابد. دو اصل کلی در طراحی ساختارهای متنوع شبکه‌ها عبارتند از:

۱- تعداد لایه‌ها و نرون‌های هر لایه و ارایه روش برای کنترل و انتخاب آن‌ها

۲-چگونگی ارتباط نرون‌ها با هم و ارایه روش برای ایجاد ارتباط بهینه میان آن‌ها.

۳-۳-۲-۲ طراحی تکاملی ساختار شبکه عصبی

یکی از روش‌های ایجاد ساختار، طراحی تکاملی[1] به واسطه الگوریتم ژنتیک است. در این روش محدودیت ناشی از قرار دادن خطا به‌عنوان معیار تعیین ساختار شبکه برداشته شده است و تمامی نرون‌ها شانس یکسانی برای تشکیل شبکه عصبی دارند. در واقع در ایجاد شبکه هیچ محدودیتی فرض نمی‌شود و کلیه عملیات به صورت فرایندی تصادفی و هدفمند جهت پیدا کردن بهینه‌ترین ساختار انجام می‌شود. تنها معیار برازندگی برای انتخاب دو پارامتر تعداد نرون‌های کل شبکه و همچنین میزان خطای خروجی شبکه در مقایسه با مقدار آزمایش شده می‌تواند باشد.

۳-۳-۳ کاربرد الگوریتم ژنتیک در طراحی شبکه‌های عصبی GMDH

روش‌های تکاملی از قبیل الگوریتم ژنتیک به‌عنوان تنها روش یافتن بهینه سراسری در فضای جستجویی که مشتق‌پذیر نیست، کاربرد وسیعی در مراحل مختلف طراحی شبکه های عصبی دارد. این گونه روش‌های اتفاقی در آموزش شبکه‌های عصبی نسبت به روش‌های کلاسیک گرادیان عملکرد بهتری دارند. در طراحی بهینه ساختار شبکه عصبی GMDH، با استفاده از الگوریتم ژنتیک جهت اجرای فرایند بهینه سازی، ابتدا داده‌های ورودی به دو دسته آموزش و پیش‌بینی تقسیم و خطای آموزش[2] و خطای پیش‌بینی[3] به‌عنوان دو تابع هدف انتخاب می‌شود. بدین صورت متناظر با داده های ورودی، الگوریتم ژنتیک توابع هدف را محاسبه کرده و ساختار بهینه GMDH را به صورت نقاط پارتو ارایه می‌دهد. طراح با برقراری مصالحه بین توابع هدف یک نقطه پارتو را انتخاب و بدین ترتیب ساختار شبکه GMDH تعیین می‌گردد.

٤ یافته‌های پژوهش

در این پژوهش کارایی واحدهای تصمیم گیری (نواحی شانزده گانه پستی استان گیلان) در سه مرحله تحلیل شد. مرحله اول نتایج مدل DEA، مرحله دوم مقایسه بین مدل‌های پایه‌ای DEA و مرحله سوم پیش‌بینی کارایی به وسیله رویکرد تکاملی شبکه عصبی GMDH. اولین گام در مطالعه کارایی سیستم‌ها تعیین ورودی‌ها و خروجی-های هر DMU است که در این تحقیق با بررسی پیشینه و مطالعات گذشته و لحاظ کردن نظر خبرگان انتخاب شدند. پس از تعیین ورودی‌ها و خروجی‌های هر DMU، جهت اندازه‌گیری و ارزیابی کارایی واحدها، اطلاعات هریک از آن ها جمع‌آوری و نرمالیزه شده است. مقیاس‌های متفاوت در متغیرهای مختلف نتایج نهایی را از

[1] Evolutionary Design (ED)
[2] Training Error (TE)
[3] Prediction Error (PE)

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

جنبه‌های مختلف تحت تأثیر قرار خواهند داد. برای همین باید همه داده‌ها را هم مقیاس کرده و آن‌ها را تغییر شکل داد [۳]. روش‌های مختلفی بدین منظور وجود دارد. روش به کار رفته در این پژوهش نرم اقلیدسی است که از رابطه (۱۰) به دست می‌آید [۱۷]:

$$N_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sqrt{\sum_{1}^{m} r_{ij}^{2}}} \qquad (10)$$

در این رابطه r_{ij} معرف عناصر شاخص j ام و N_{ij} عناصر نرمال شاخص j ام می‌باشد.

جداول (۱) و (۲) داده‌های نرمال شدهٔ واحدها را همراه کارایی محاسبه شده با مدل‌های اصلی DEA در سال-های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ نشان می‌دهد. برای شناخت اینکه کدام یک از مدل‌های پایه‌ای تحلیل پوششی داده‌ها برای اندازه‌گیری کارایی واحد تصمیم‌گیری مناسب‌تر است، اطلاعات جمع آوری شده با دو مدل اصلی CCR و BCC ورودی‌گرا آزمون گردید که نتایج حاصل بین صفر و یک بوده، عدد یک مبین کارایی و کم‌تر از آن فقدان کارایی لازم را نشان می‌دهد.

جدول ۱. جدول نرمالیز شده داده‌های سال ۱۳۹۲

واحدهای پستی	ورودی‌ها				کارایی(CCR ورودی‌گرا)	کارایی(BCC ورودی‌گرا)
	تعداد مراکز	تعداد پرسنل	ترافیک کل	درآمد کل		
رشت	۰/۶۱	۰/۹۷	۰/۸۴	۰/۹۶	۱	۱
آستانه اشرفیه	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۵	۰/۷
لاهیجان	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۱	۱
لنگرود	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۰۹	۱	۱
رودسر	۰/۳۸	۰/۱	۰/۴۵	۰/۰۹	۱	۱
رودبار	۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۴	۰/۶
رضوانشهر	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۶	۰/۹
صومعه سرا	۰/۳	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۵	۰/۷
تالش	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۶	۰/۸
آستارا	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱	۰/۱۱	۱	۱
سیاهکل	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۳	۱
املش	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۴	۱
انزلی	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۵	۱	۱
شفت	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۶	۱
فومن	۰/۱۵	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴	۰/۷
ماسال	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۵	۱

با توجه به نظر خبرگان همان‌طور که مشاهده می‌شود مدل CCR ورودی‌گرا به دلیل نزدیکی به شرایط واقعی برای تبیین کارایی و ناکارایی مناسب تشخیص داده شد. در این ارزیابی برای داده‌های سال ۹۲، شش واحد کارایی یک کسب کرده‌اند که عبارتند از: رشت، لاهیجان، لنگرود، رودسر، آستارا و بندرانزلی.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

جدول۲. جدول نرمالیز شده داده‌های سال ۱۳۹۳

واحدهای پستی	ورودی‌ها				کارایی(CCR ورودی‌گرا)	کارایی(BCC ورودی‌گرا)
	تعداد مراکز	تعداد پرسنل	ترافیک کل	درآمد کل		
رشت	۰/۶۱	۰/۹۷	۰/۹۶	۰/۹۶	۱	۱
آستانه اشرفیه	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۵	۰/۷
لاهیجان	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۴	۰/۱۳	۱	۱
لنگرود	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۶	۱
رودسر	۰/۳۸	۰/۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۵	۰/۶
رودبار	۰/۴۵	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۴	۱	۱
رضوانشهر	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۵	۰/۹
صومعه سرا	۰/۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۵	۰/۷
تالش	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۷	۰/۸
آستارا	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۸	۱
سیاهکل	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۴	۱
املش	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۴	۱
انزلی	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۳	۱	۱
شفت	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۴	۱
فومن	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۵	۰/۹
ماسال	۰/۱۵	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۵	۱

در سال ۹۳ تعداد واحدهای کارا به چهار واحد شامل رشت، لاهیجان، رودبار و انزلی کاهش یافت. همان‌طور که ذکر شد به دلیل ناتوانی مدل‌های مقدماتی DEA در رتبه بندی واحدهای کارا، برای بررسی بیش‌تر روش اندرسون و پیترسون (AP) به کار رفته است. با توجه به جدول ۳ در سال ۹۲، واحد رودسر رتبه اول و واحد انزلی رتبه ششم را کسب کردند. همچنین در سال ۹۳ براساس جدول ۴، واحد انزلی در رتبه اول و واحد رودبار در رتبه چهارم قرار گرفت. ترتیب سایر نواحی در جداول مشخص می‌شود؛ بنابراین واحدهای رودسر و انزلی به ترتیب در سال ۹۲ و ۹۳ به عنوان الگویی بهینه مشخص شدند.

جدول ۳. کارایی واحدهای کارا برای سال ۹۲

رتبه	واحد تصمیم گیری	کارایی
۱	رودسر	۱/۹۲
۲	آستارا	۱/۲۴
۳	لنگرود	۱/۱۴
۴	رشت	۱/۰۴۸۹
۵	لاهیجان	۱/۰۴۸۳
۶	انزلی	۱/۰۲

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

جدول٤. کارایی واحدهای کارا برای سال ۹۳

رتبه	واحد تصمیم گیری	کارایی
۱	انزلی	۱/۴۳
۲	لاهیجان	۱/۳۳
۳	رشت	۱/۰۰۲
۴	رودبار	۱/۰۰۱

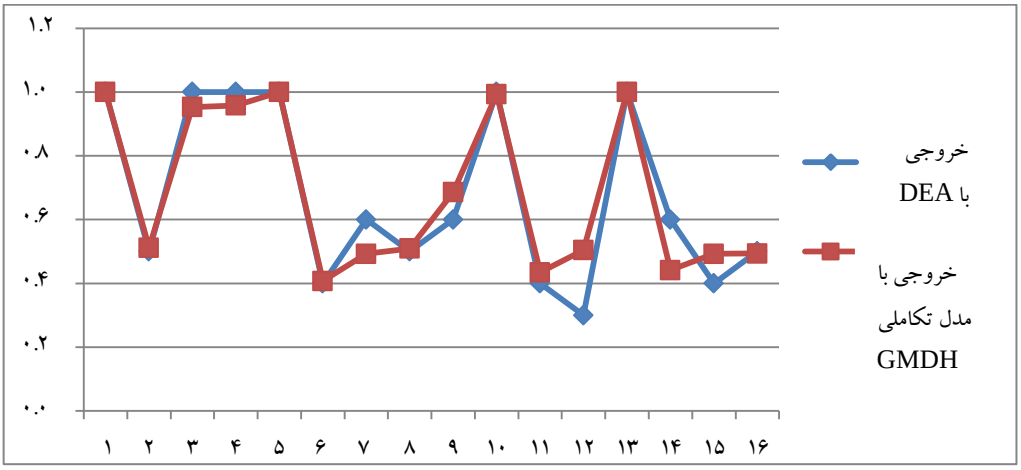
در مرحله آخر به دلیل قابلیت شبکه‌های عصبی در تقریب توابع غیر خطی و پیش‌بینی، داده‌های نرمال واحدهای تصمیم‌گیرنده در سال‌های **۹۲** و **۹۳** به همراه کارایی محاسبه شده با مدل CCR ورودی محور به شبکه داده می‌شود. شبکه پس از چندین تکرار الگوی کارایی واحدها را یاد گرفته و یک نگاشت غیرخطی بین ورودی‌ها و خروجی برقرار می‌کند. خروجی به‌دست آمده از طریق شبکه عصبی پیش‌بینی کننده در جداول **۵** و **۶** و شکل-های **۲** و **۳** مشاهده می‌شود.

جدول ۵. مقایسه کارایی (خروجی) محاسبه شده با مدل CCR ورودی محور و رویکرد تکاملی GMDH در سال ۹۲

خروجی مدل تکاملی GMDH	خروجی مدل CCR ورودی محور	واحد تصمیم گیری
۱	۱	رشت
۰/۵۱	۰/۵	آستانه اشرفیه
۰/۹۵	۱	لاهیجان
۰/۹۶	۱	لنگرود
۱	۱	رودسر
۰/۴۱	۰/۴	رودبار
۰/۴۹	۰/۶	رضوانشهر
۰/۵۱	۰/۵	صومعه سرا
۰/۶۹	۰/۶	تالش
۰/۹۹	۱	آستارا
۰/۵۰	۰/۳	سیاهکل
۰/۴۳	۰/۴	املش
۱	۱	انزلی
۰/۴۴	۰/۶	شفت
۰/۴۹	۰/۴	فومن
۰/۴۹	۰/۵	ماسال

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]



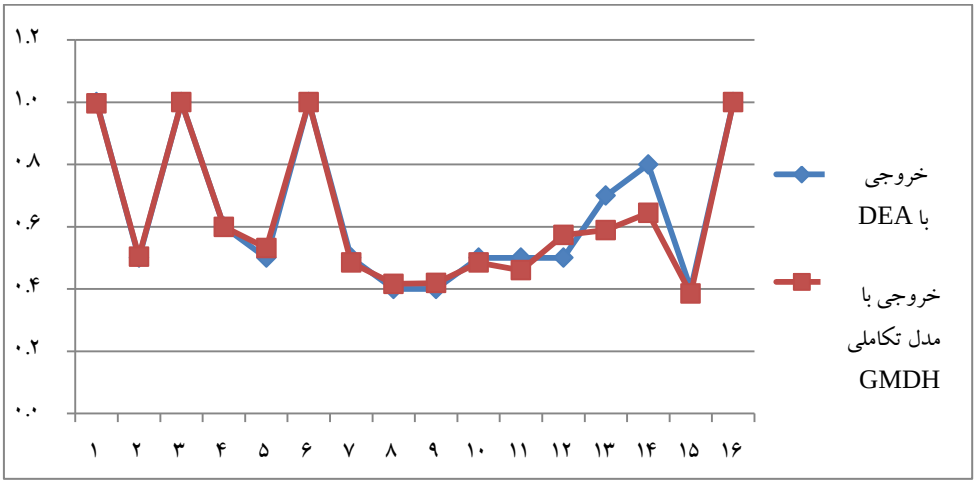
شکل ۲. نمودار مقایسه کارایی واحدها برای سال ۹۲ حاصل مدل CCR ورودی محور و مدل تکاملی GMDH

جدول ٦. مقایسه کارایی (خروجی) محاسبه شده با مدل CCR ورودی محور و رویکرد تکاملی GMDH در سال ۹۳

خروجی مدل تکاملی GMDH	خروجی مدل CCR ورودی محور	واحد تصمیم گیری
۰/۹۹	۱	رشت
۰/۵۰	۰/۵	آستانه اشرفیه
۱	۱	لاهیجان
۰/۶	۰/۶	لنگرود
۰/۵۳	۰/۵	رودسر
۱	۱	رودبار
۰/۴۸	۰/۵	رضوانشهر
۰/۵۷	۰/۵	صومعه سرا
۰/۵۹	۰/۷	تالش
۰/۶۴	۰/۸	آستارا
۰/۳۸	۰/۴	سیاهکل
۰/۴۲	۰/۴	املش
۱	۱	انزلی
۰/۴۲	۰/۴	شفت
۰/۴۸	۰/۵	فومن
۰/۴۶	۰/۵	ماسال

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]



شکل ۳. نمودار مقایسه واحدها برای سال ۹۳ حاصل روش‌های CCR ورودی محور و مدل تکاملی GMDH

برای مشخص کردن توانایی و دقت شبکه‌های ایجاد شده ۷۰٪ داده های ورودی-خروجی جهت آموزش شبکه و ۳۰٪ داده‌ها برای پیش‌بینی شبکه مورد استفاده قرار گرفته و درصد خطا MAPE و R^2 به ترتیب توسط رابطه‌های (۱۱) و (۱۲) حاصل شده است که با توجه به محاسبات میزان خطا ۰/۱۰۹ و ۰/۰۵۵ به ترتیب برای سال‌های ۹۲ و ۹۳ به‌دست آمد. همچنین مقادیر ۰/۸۶۴۹ و ۰/۹۴۸۷ برای متغیر R^2 به ترتیب در نمودارهای مربوط به سال های ۹۲ و ۹۳ مشاهده می‌شود.

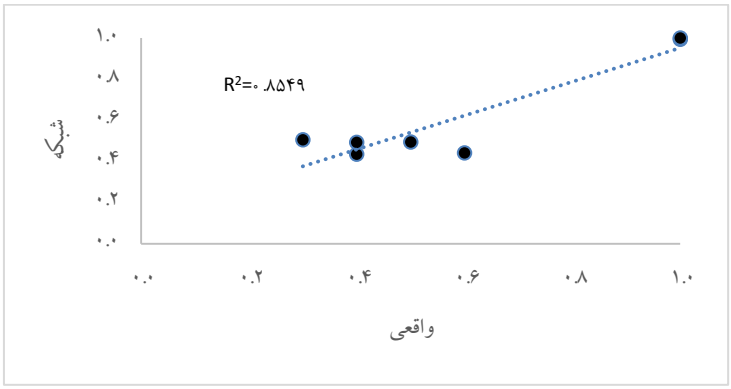
$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{y_i - y_{ij}^*}{y_i}\right| \times 100 \qquad (11)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - y_{ij}^*)^2}{N} \qquad (12)$$

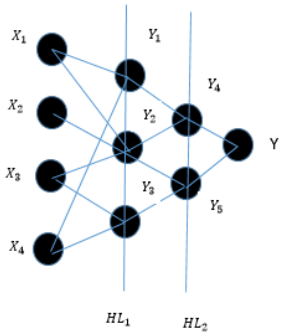
در شکل‌های ۴ و ۶ دیاگرام پراکنش برای مدل تکاملی GMDH و در شکل‌های ۵ و ۷ ساختار شبکه عصبی GMDH در سال‌های ۹۲ و ۹۳ آورده شده است. با توجه به نمودارها ملاحظه می‌شود، بهترین خط برازش داده شده دارای زاویه ۴۵ درجه است که نشان‌دهنده دقت بالای پیش‌بینی توسط مدل مورد نظر در تخمین کارایی می-باشد.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

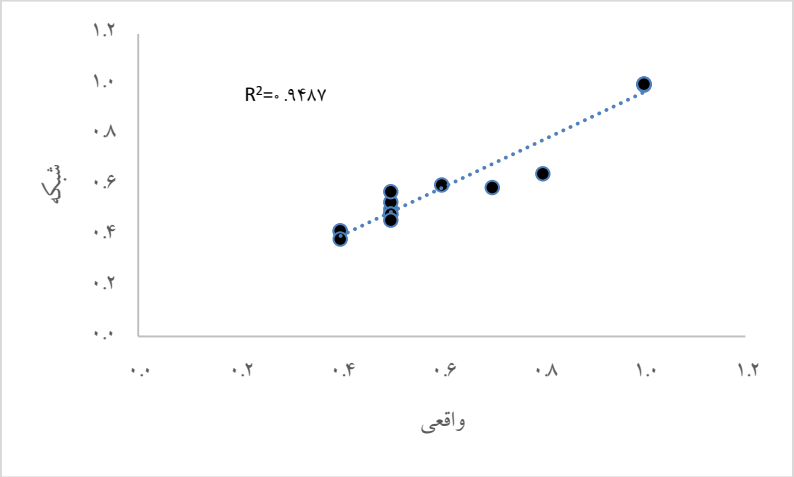
[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]



شکل ٤. نمودار پراکنش برای مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده با استفاده از رویکرد تکاملی GMDH در سال ۹۲



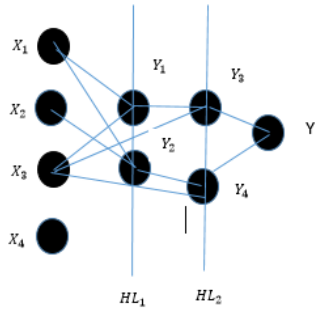
شکل ٥. ساختار شبکه عصبی GMDH برای مدل‌سازی کارایی شعب پست در سال ۹۲



شکل ٦. نمودار پراکنش برای مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده با استفاده از رویکرد تکاملی GMDH در سال ۹۳

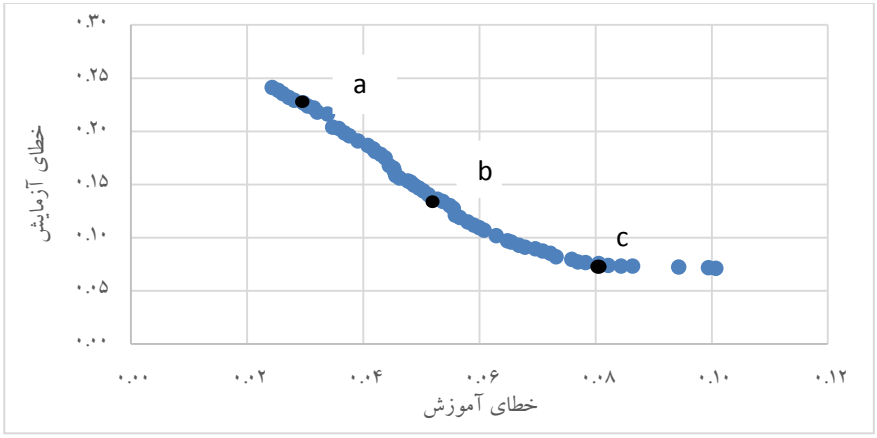
[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

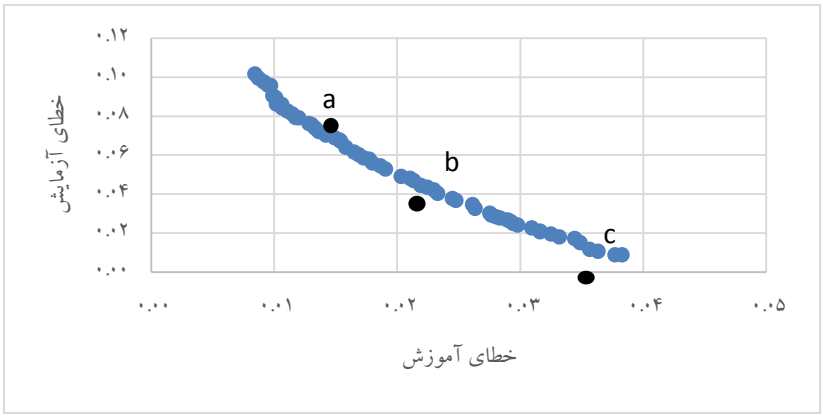


شکل ۷. ساختار شبکه عصبی GMDH برای مدل‌سازی کارایی شعب پست در سال ۹۳

در شکل‌های ۸ و ۹ منحنی مقدار خطای آزمایش (پیش‌بینی) بر حسب خطای آموزش که اصطلاحاً منحنی پارتو[1] نامیده می شود، نشان داده شده است. همان‌طور که در هر دو شکل مشخص شده، نقطه a دارای کم‌ترین خطای آموزش و نقطه c دارای کم‌ترین خطای پیش‌بینی است. نقطه بهینه طراحی از بین تمامی نقاط پارتو نقطه b می‌تواند باشد؛ زیرا خطای مدل‌سازی نسبت به خطای آموزش در این نقطه دارای توازن بیش‌تری نسبت به نقاط دیگر است.



شکل ۸. منحنی پارتو مربوط به سال ۹۲



شکل ۹. منحنی پارتو مربوط به سال ۹۳

[1] Pareto

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

۵ بحث، نتیجه‌گیری

انسان در همه اعصار با محدودیت منابع روبه رو و به دنبال این بوده است که حداکثر نتیجه را با کم‌ترین منابع و امکانات موجود به‌دست آورد. این تمایل جز با افزایش کارایی و استفاده بهینه از منابع سازمان‌های مختلف حاصل نمی‌شود. اولین و اساسی‌ترین گام در جهت بهبود کارایی، اندازه‌گیری و ارزیابی آن و همچنین ارایه روشی برای پیش‌بینی کارایی بین واحدها می‌باشد. در همین راستا، شبکه پستی به‌عنوان یکی از نهادهای خدماتی و شاهرگ حیاتی ارتباط بین جوامع نقش به سزایی در امر توسعه داشته است؛ بنابراین در این پژوهش، ابتدا با در نظر گرفتن شاخص‌های تعداد مراکز و تعداد پرسنل به‌عنوان شاخص‌های ورودی و شاخص‌های درآمد کل و ترافیک کل به‌عنوان متغیرهای خروجی، به ارزیابی و درک مدل بهتر در این زمینه توسط دو مدل اصلی تحلیل پوششی داده‌ها (CCR و BCC ورودی محور) برای نواحی شانزده گانه پستی استان گیلان در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ پرداختیم. در مرحله بعد، برای معرفی الگوی بهینه از بین واحدها، تکنیک اندرسون و پیترسون مطرح شد و در نهایت برای پیش‌بینی کارایی این واحدها از رویکرد تکاملی شبکه عصبی GMDH استفاده شده که چهار شاخص تعداد مراکز، تعداد پرسنل، درآمد کل و ترافیک کل به‌عنوان ورودی و کارایی (محاسبه شده در مدل DEA) به‌عنوان خروجی شبکه به کار گرفته شدند. نتایج نشان داد که مدل CCR نسبت به مدل BCC از جهت توان ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری و واقع بینانه‌تر بودن، مناسب‌تر عمل می‌کند و در بین واحدها، واحد رودسر و واحد انزلی به ترتیب در سال ۹۲ و ۹۳ در زمینه کارایی بر سایر واحدها مزیت دارند. نتایج همچنین حاکی از این بود که با استفاده از GMDH می‌توان در کوتاه‌ترین زمان به تقریب‌های منطقی و دقیق از کارایی واحدهای تصمیم‌گیری دست یافت. استفاده از بهینه‌سازی چند هدفی در طراحی سیستم GMDH برای سیستم‌ها و فرایندهای پیچیده، مجموعه نقاط طراحی بهینه غیر پرتو(پارتو) را به‌دست می‌دهد و طراحان با در دست داشتن تمامی نقاط طراحی بهینه، می‌توانند نقطه طراحی مصالحه را انتخاب کنند. مدل‌سازی رفتار سیستم‌ها توسط الگوریتم ژنتیک و روش حل متعامد (SVD) به صورت چند هدفی، منجر به نتایج خوبی در داده‌های آموزش دیده و همچنین در پیش‌بینی رفتار داده‌های آموزش ندیده، می‌شود. براساس دقت و کاربرد بالای مدل GMDH به مدیران سازمان‌ها پیشنهاد می‌شود، این شبکه را به‌عنوان یک ابزار قدرتمند برای پیش‌بینی‌ها مورد توجه قرار دهند.

منابع

[۱] شکاری، غ.ع. و چراغی شامی، ف.، (۱۳۸۹). سنجش عملکرد ادارات پست استان خراسان رضوی در مسیر بهبود و تعالی (با رویکرد مدل خودارزیابی CAF). فصلنامه مدیریت دولتی.

[۲] منصوری، ا.، (۱۳۸۹). ارزیابی عملکرد کیفیت خدمات ارایه شده توسط دفاتر ICT در جامعه روستایی. دومین همایش خدمات فناوری اطلاعات در روستا، ۹۲-۷۹.

[۳] اجلی، م. و صفری، ح.، (۱۳۹۰). ارزیابی عملکرد واحدهای تصمیم گیری با استفاده از مدل ترکیبی شبکه های عصبی پیش‌بینی کننده عملکرد و تحلیل پوششی داده ها (مورد مطالعه: شرکت ملی گاز ایران). نشریه تخصصی مهندسی صنایع، ۴۵(۱)، ۱۳-۲۹.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]

[۴] تقی زاده مهرجردی، ر.، فاضل یزدی، ع. و محبی، ر.، (۱۳۹۲). مدل سازی و پیش‌بینی کارایی بانک های دولتی و خصوصی ایران با استفاده از مدل های شبکه عصبی مصنوعی، شبکه عصبی فازی و الگوریتم ژنتیک. فصلنامه علمی-پژوهشی مدیریت دارایی و تأمین مالی، ۱(۲)، ۱۰۳-۱۲۶.

[۵] مظفری شمسی، م.، رحمانی پور، ع.م. و فاضل یزدی، ع.، (۱۳۹۲). ارزیابی عملکرد و بهره وری و تعیین ساختار بهینه منابع و شاخص های عملکرد ادارات پست استان یزد با رویکرد تحلیل پوششی داده ها. دومین همایش ملی علوم مدیریت نوین. استان گلستان، گرگان.

[۶] رضائیان، ج. و عسگری نژاد، ع.، (۱۳۹۳). ارزیابی عملکرد شرکت هاب آب و فاضلاب استان مازندران به کمک مدل ترکیبی تحلیل پوششی داده ها و شبکه عصبی مصنوعی. نشریه تخصصی مهندسی صنایع، دوره ۴۸ (۲)، ۲۰۱-۲۱۳.

[۱۲] مظفری، م.ر (۱۳۹۶). تخصیص منابع مرکزی براساس کارایی ارزش در DEA و DEA-R. مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن، سال چهاردهم، شماره سوم (پیاپی ۵۴)، ۱۱۷-۱۳۰

[۱۴] مهرگان، م.ر.، (۱۳۹۲). تحلیل پوششی داده ها (مدل های کمی در ارزیابی عملکرد داده ها)، چاپ دوم تهران، نشر کتاب دانشگاهی.

[7] Borenestein, D., Becker L., (2004). Measuring the efficiency of Brazilian post office stores using data envelopment analysis. International journal of operation and production management,10, 1056-1078.

[8] Liu, Hsiang-His, Chen, Tser-Yieth, Chin Yung-Ho, Kuo, Fu-Hsiang., (2013). A Comparison of three-stage DEA and Artificial Neural Network on the operational Efficinency of semi-conductor Firms in Taiwan. Modern Economy, 4, 20-31.

[9] Kumar Hota, S., (2014). Artificial Neural Network and Efficiency Estimation in Rice Yield. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 3(7).

[10] Skokrollahpour, E., Hosseinzadeh Lotfi, F., Zandieh, M., (2016). An integrated data envelopment analysis-artificial neural network approach for benchmarking of bank branches. International Journal of Industrial Engineering, 12, 137-143.

[11] Coelli T., (1996). Assesing the performance of Australian universities using DEA [report project]. New South Wales: University of New England.

[13] Fortuna,T., (2000). A DEA Model for the Efficiency Evaluation of Nondominated Paths on a Road Network European. Journal of Operation Reaserch, 549-558.

[15] Banker, R.D., Charnes, A., Cooper, W.W., (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiency in data envelopment.

[16] Najafzadeh, M., Lim, S. Y.,(2015). Application of improved neuro-fuzzy GMDH to predict scour depth at sluice gates. Earth Sci. Inform, 8, 187-196.

[17] Abdi, H., (2010). Normalizing Data. In Nein Salkind (Ed.). Encyclopedia of Research Design, Thousand Oaks, CA: Sag.

[Downloaded from jorlu.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22517286.2018.15.3.3.9]