کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش بینی مقادیر آتی تولید و مقایسه با روش‌های سری زمانی خطی و غیرخطی
مورد مطالعه : پیش بینی میزان آتی تولید بطری‌های PET (پلی اتیلن ترفتالات) در ایران

سید محمدعلی خاتمی فیروزآبادی[۱]، پریسا عمرانی[۲]، گلنوش حسنی گودرزی[۳]

تاریخ دریافت:۹۳/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش:۹٤/۳/۱٦

چکیده

یکی از مسائل بسیار مهم در شروع یک فعالیت اقتصادی، پیش بینی در مطالعات بازار می‌باشد. روابط موجود در بسیاری از مسائل مدیریتی و تجاری اغلب به صورت پیچیده و غیرخطی بوده و با روش‌های معمول قابل پیش بینی نیستند، بنابراین می‌توان با فنون و روشهای دقیق تری همچون شبکه‌های عصبی به پیش بینی با دقت بالا پرداخت. هدف این مقاله نشان دادن برتری شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای غیرخطی در مقایسه با روش‌های معمول و نیز استفاده از پارامترهای مهم اقتصادی یعنی نرخ تورم و نرخ ارز در بالا بردن دقت پیش بینی است. در این مقاله از داده‌های مربوط

---

[۱]. دانشیار گروه مدیریت، دانشکده مدیریت و حسابداری (نویسنده مسئول)، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
a.khatami@atu.ac.ir

[۲]. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران
p.omranii@yahoo.com

[۳]. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی، تهران، ایران

به میزان تولید بطری‌های PET از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۲ استفاده شده و با بهره گیری از شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های غیرخطی، از طریق نرم افزار MATLAB پیش بینی تولید برای سال ۱۳۹۳ انجام پذیرفت و سپس با توجه به شاخص‌های MAPE و MSE نتایج به دست آمده از روش‌های مزبور با هم مقایسه شدند. یافته‌های تحقیق نشان دهنده موفقیت شبکه عصبی با خطای بسیار پایین در پیش بینی نسبت به روش‌های سری زمانی و نمایی است.

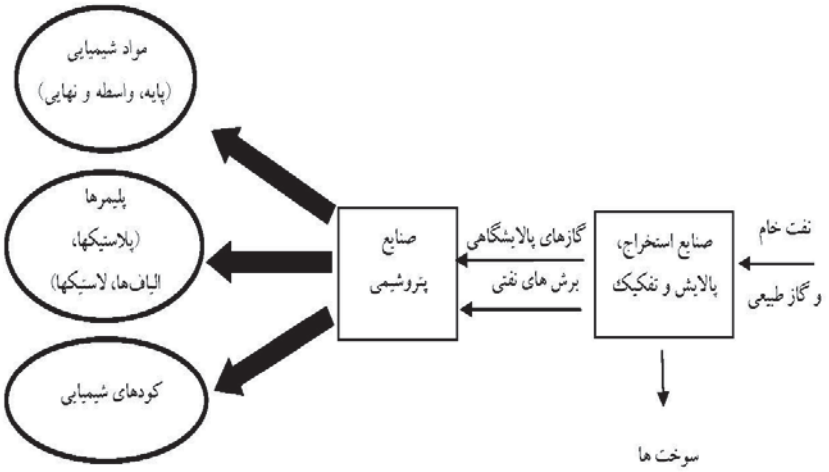
واژگان کلیدی: پیش بینی تقاضا، نرخ تورم، نرخ برابری ارز، شبکه عصبی، شاخص‌های مقایسه

۱- مقدمه

با توجه به اهمیت طرح‌های توجیهی در تصمیم گیری برای شروع یک فعالیت تولیدی، بحث پیش بینی در مطالعات بازار بسیار با اهمیت به نظر می‌رسد.در صورت نبود یک پیش بینی درست و واقع گرایانه ممکن است با شروع یک فعالیت تولیدی مقادیر زیادی از منابع از جمله نیروی انسانی و منابع مالی به هدر روند. بنابراین استفاده از روش‌های پیش بینی که در آنها انحرافات به حداقل رسانده می‌شوند اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. در روش‌های پیش بینی معمول، با اتکا بر اطلاعات گذشته به پیش بینی آینده پرداخته می‌شود و در طرح‌های توجیهی حاضر در وزارت صنعت، معدن و تجارت صرفاً با توجه به میزان رشد تولید و مصرف در سال‌های گذشته پیش بینی انجام می‌شود در واقع مبنای پیش بینی صرفاً روش‌های خطی مانند سری‌های زمانی بوده که صرفاً متکی بر داده‌های گذشته هستند و به عوامل تأثیرگذار دیگر توجهی نمی شود که این روش دقیق به نظر نمی رسد..با توجه به ناکارآمد بودن روش‌های استفاده شده برای پیش بینی تقاضا در صنایع پتروشیمی ایران و در نظر نگرفتن مؤلفه‌های غیر خطی ما بر آن شدیم تا به مطالعه روش‌های نوین پیش بینی و کاربرد آن در این صنعت بپردازیم. سوال اصلی مقاله به شرح زیر است. استفاده از پارامترهایی مانند نرخ تورم و نرخ برابری ارز در افزایش دقت پیش بینی در صنعت تولید بطری‌های PET چه تاثیری دارد؟

محصول مورد مطالعه در این مقاله بطری‌های پلی اتیلن ترفتالات می‌باشد که از مشتقات نفت و جز صنایع پتروشیمی می‌باشد و در صنایع بسته بندی نوشیدنی‌ها کاربرد دارد. صنایع پتروشیمی به صنایعی اطلاق می‌شود که در آنها هیدروکربنهای موجود در نفت خام و یا موجود در گاز طبیعی به انواع محصولات پتروشیمیایی تبدیل شود. فرآیند تولید انواع محصولات پتروشیمی در شکل ۱ مشخص شده است:

شکل ۱. فرآیند تولید محصولات پتروشیمی[۱]



۲- ادبیات موضوعی تحقیق

مدل تقاضا مانند هر مدل اقتصادسنجی دیگر بر اساس یک نظریه اقتصادی شکل می‌گیرد و رفتار مصرف کننده پایه نظری این مدل را شکل می‌دهد. به طور کلی مصرف کننده در صدد رساندن تابع مطلوبیت خود به حداکثر مقدار ممکن است و در این راستا قید بودجه خود را در نظر می‌گیرد و تابع تقاضا حالت بهینه مسائل را پیش بینی می‌کند. در اکثر مطالعات بدون مشخص نمودن صریح تابع مطلوبیت توابع تقاضایی که مناسب مساله مورد نظر باشد، مطرح می‌شود و آنگاه به روش آزمون و خطا تابعی که از برازش بهتری برخوردار است انتخاب می‌شود. [۲]

در طرح‌های توجیهی موجود در وزارت صنعت، معدن و تجارت برای واحدهای مختلف صنعتی فعال در حوزه تولید بطری‌های PET در سراسر کشور روش پیش بینی به این صورت بوده است که با استفاده از آمار تولید کارخانه‌های فعال در صنعت بطری

PET و متوسط رشد ۵ درصدی این صنعت اقدام به پیش بینی برای سال‌های آتی نموده است.[۳]

نمونه ای دیگر از روش‌های استفاده شده برای پیش بینی تقاضا، پیش بینی تابع تقاضای کاغذ روزنامه در ایران است. نوع تابع تقاضای کاغذ روزنامه در ایران یک تابع خطی دو طرف لگاریتمی(log-log) می‌باشد که ضرایب آن بوسیله روش حداقل مربعات معمولی (OLS) تخمین زده شده است. مدل زیر به عنوان تابع تقاضای کاغذ روزنامه در ایران حاصل شد:

LogDnewsprint = -16/3 -0/46LogPnewsprint +0/33 LogPprinting + 1/82LogNIt-1

در این تابع Dnewsprint میزان مصرف سرانه کاغذ روزنامه ،Pnewsprint قیمت واقعی کاغذ روزنامه،Pprinting قیمت کاغذ چاپ و تحریر و NIt-1 درآمد ملی سرانه با یک وقفه می‌باشد. [٤]

در کاربردی دیگر برای استفاده از روش‌های پیش بینی تقاضا، روش استفاده شده برای پیش بینی تقاضای گوشت در ایران مطابق روشی که توسط بلور فروش مورد استفاده قرار گرفته ابتدا نرخ رشد متغیرهای مؤثر در تقاضای گوشت مانند نرخ رشد جمعیت، نرخ رشد درآمد(هزینه) خانوار، نرخ رشد قیمت‌ها به طرق مختلف جداگانه محاسبه و روند گذشته به آینده تعمیم داده می‌شود و بر این اساس رشد تقاضای کالای مورد نظر با استفاده از مدل زیر محاسبه می‌گردد. [۵]

$$d\,i = (1+ e\eta i / 100 - p\,i\,\varepsilon\,ii / 100 + p\,j\,\varepsilon\,i\,j / 100)\,(1+ \pi / 100) - 1$$

d: نرخ رشد سالیانه تقاضا برای کالای i برای خانوار یا فرد

e: نرخ رشد هزینه یا درامد فرد یا خانوار

ηi: کشش هزینه ای (درآمدی) برای کالای i

p i : نرخ رشد قیمت سالیانه کالای i

ε ii : کشش قیمتی تقاضا برای کالای i

p j: نرخ رشد سالیانه قیمت کالای جانشین

ε_{ij}: کشش تقاطعی برای کالای i با توجه به کالای j

π: متوسط نرخ رشد سالیانه جمعیت

مسائلی که در طول روز با آنها سروکار داریم و به طور خاص تر مسائل تجاری و مدیریتی اغلب غیر خطی هستند لذا پیش بینی این مسائل به صورت ساده میسر نیست و به روش‌های جدید پیش بینی و ابزارهای دقیق تری نیاز است. شبکه‌های عصبی مصنوعی ابزار مهمی در مدلسازی مسائل پیش بینی است و نقص‌های موجود را جبران می‌کند. هدف ما در این مقاله نشان دادن برتری شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای غیر خطی در صنایع پتروشیمی بر سایر روش‌های پیش بینی است. مطالعات حاضر نشان می‌دهد اقدامات انجام شده در مدل‌های پیش بینی صنایع پتروشیمی اغلب از روش‌هایی ابتدایی مانند سری‌های زمانی استفاده می‌کنندکه کامل به نظر نمی رسد و بسیاری از فاکتورها مانند نرخ تورم، نرخ برابری ارز و تغییرات غیر خطی ظاهر شده در هر سال را در نظر نمی گیرد و صرفاً به اطلاعات گذشته متکی است. در این مقاله تاثیر متغییرهای نرخ تورم، نرخ برابری ارز در دقیق تر شدن پیش بینی مقادیر آتی تولید مورد بررسی قرار گرفته است.

در مطالعات گذشته در مورد پیش بینی تقاضا برای محصولات گوناگون عواملی همچون نرخ تورم و نرخ برابری ارز در محاسبات دخالت داده نمی شدند که عوامل مهمی در پیش بینی می‌باشند. اقتصاددانان مطالعات زیادی پیرامون علل و راه‌های مقابله با تورم در اقتصاد ایران انجام داده اند. پژوهش‌ها و الگوهای ارائه شده نسبتاً متنوّع است. رابطه بین تولید و تورم یک رابطه ی بلندمدت است .افزایش تورم در کوتاه مدت موجب افزایش تولید بخش‌های خدمات و صنعت در همان وقفه ی اول می‌شود. [٦]

صنایع فلزات اساسی و پتروشیمی که سهم بزرگی از صادرات غیر نفتی را دارند به دلیل انرژی بر بودن، به دنبال رونق نفتی با افزایش قیمت‌ها در بازار جهانی و داخلی مواجه شده اند و مزیت رقابتی بالاتر به دست آورده اند.[۷]

طی دوره کوتاهی در سال ۱۳۷۲ نرخ ارز شناور اعلام شده از طرف دولت به نرخ ارز در بازار آزاد نزدیک شد و سیاست گذاران اقتصادی در جمهوری اسلامی ایران مجدداً اقدام به تثبیت نرخ ارز در سال ۱۳۷٤ کردند. در عین حال در دوران پس از انقلاب اسلامی وبه ویژه با شروع برنامه اول ۵ ساله در جمهوری اسلامی ایران، کوشش مسئولان اقتصادی برای یکسان سازی نرخ ارز در ایران همواره با کاهش ارزش اسمی ریال همراه بوده است. آثار کاهش ارزش واقعی ریال بر تولید در کوتاه مدت و بلندمدت می‌تواند متفاوت باشد. زیرا این سیاست طی زمان بر متغیرهای اقتصادی آثار متفاوتی دارد و آن هم به نوبه خود اثر متغیرهای اقتصادی را بر یکدیگر نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. [۸]

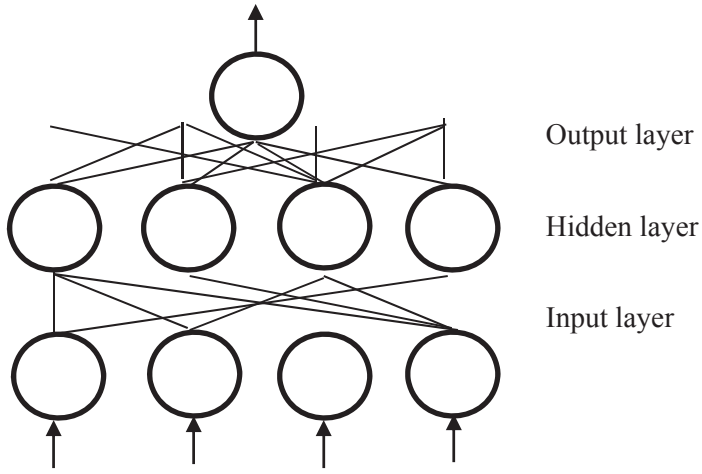
ماهیت غیرخطی ساختار شبکه‌های عصبی می‌تواند در استخراج روابط غیرخطی موجود در مسائل واقعی روزمره بسیار مفید باشد. به عنوان مثال توانایی شبکه‌های عصبی در مدلسازی سری‌های زمانی خطی توسط محققین بسیار مورد مطالعه و تأیید قرار گرفته است.[۹] هدف مقاله حاضر نشان دادن توانمندی شبکه‌های عصبی در پیش بینی میزان تولید آتی بطری‌های PET در مقایسه با روش‌های سری زمانی و تابع برازش تولید می‌باشد.

۳- شبکه عصبی

روش‌های هیوریستیک به سه نوع تقسیم بندی می‌شود که یکی از انواع آن الگوریتم‌های متاهیوریستیک می‌باشند که تقابل بین ایجاد تنوع جستجو و تشدید جستجو را مدیریت می‌کند. الگوریتم‌های متاهیوریستیک الگوریتم‌هایی هستند که بر هدایت هیوریستیک یک الگوریتم سازنده یا جستجوی محلی متمرکز می‌شوند به گونه‌ای که آن الگوریتم بتواند بر شرایط حساس (مانند فرار از بهینه محلی) غلبه کند. یکی از انواع روش‌های متاهیوریستیک شبکه عصبی مصنوعی است که در این مقاله به پیش بینی با استفاده از این روش می‌پردازیم.

یک شبکه عصبی از واحدهای محاسباتی ساده ای به نام نورون ساخته شـده اسـت که در لایه‌های مختلفی قرار می‌گیرند و ارتباطات داخلی بسیار زیادی با هـم دارنـد. در چند دهه اخیر انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی ایجاد شده که هریک هدف خاصـی را دنبال می‌کنند[۱۱]. با این وجود بهترین مدلی که تاکنون برای مسائل پـیش بینـی مـورد استفاده قرار گرفته است «مدل شبکه عصبی پیش خورد» بـوده اسـت[۱۲]. در شـکل ۲ معماری یک شبکه پیش خورد سه لایه نشان داده شده اسـت کـه شـامل لایـه ورودی، میانی و خروجی است نورون‌های موجود در لایه ورودی به متغیرهای مستقل یـا پـیش بینی کننده و نورون‌های موجود در لایه خروجی به متغیر وابسته یا پـیش بینـی شـونده مربوط می‌شوند. نورون‌های موجود در لایه میـانی بـه هـردو لایـه ورودی و خروجـی متصل هستند و کلید یادگیری الگوهای میان داده‌ها هستند[۱۳]. در این شبکه‌ها جریـان اطلاعات از لایه ورودی بـه لایـه میـانی و سـپس لایـه خروجـی اسـت و هـیچ گونـه بازخوردی از لایه خروجی یا میان وجود ندارد[۱٤].

شکل ۲. شبکه پیش خورد سه لایه[۱۵]



شبکه‌های عصبی مدل‌های ناپارامتریک مبتنی بر داده هستند و بسیاری از فرض‌های محدود کننده برای انجام فرآیند تحلیل داده‌ها را ندارند. از این جهت نسبت به مدل‌های

پارامتریک از احتمال خطای کمتری برای تعیین مدل‌های مورد نظر برخوردارند همچنین از نظر ریاضی اثبات شده است که شبکه‌های عصبی از توانایی بالقوه برای تقریب توابع کلی برخوردارند. آنها قادرند بسیاری از روابط تابعی پیچیده را کشف نمایند. این یک ویژگی مهم و اساسی است زیرا هر مدل پیش بینی سعی دارد تا روابط میان یک متغیر (متغیر وابسته) را با متغیرهای گوناگون دیگر (متغیرهای مستقل) تعیین نماید. [۱۰ و ۱۹ و ۲۰]

ترکیب ویژگی‌های مورد اشاره، شبکه‌های عصبی را به یک ابزار منعطف و توانمند برای پیش بینی تبدیل می‌کند. از شبکه‌های عصبی برای پیش بینی در زمینه‌های متنوعی استفاده شده است. برخی از این کاربردها عبارتند از: دقرتی: مدل سازی حمل و نقل و پیش بینی[۲۲]، آزوف: کاربردهای مالی [۲۳]، ماکریداکیس و همکاران: پیش بینی منابع آب[۲٤]، لاو و آو در حوزه گردشگری [۱۸]، کاندانانوند و محبوب نیز از شبکه‌های عصبی جهت پیش بینی میزان تقاضا بهره برده اند [۱٦و ۱۷].

تحقیق‌های اخیر در مورد شبکه‌های عصبی نشان داده است که این شبکه‌ها قابلیت‌های پیش بینی بالقوه ای دارند. شبکه‌های عصبی امروزه در بسیاری از زمینه‌های کسب و کار و صنعت مورد استفاده قرار گرفته اند[۲۱]. برای مدت زمانی طولانی روش‌های خطی گسترده ترین متدها در پیش بینی بودند که با وجود درک و تفسیر نسبتاً ساده آنها، به دلیل عدم توانایی در استخراج روابط غیرخطی میان داده‌ها از محدودیت جدی برخوردارند.

٤- روش تحقیق

در این مطالعه جامعه و نمونه آماری مورد استفاده یکسان هستند.(این تحقیق در کشور ایران انجام شده است) داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به روش کتابخانه ای و آرشیوی جمع آوری گردیده است و نوع داده‌ها کمی هستند. به دلیل آنکه اعتبار داده‌ها در استفاده از مدل‌های پیش بینی نقشی اساسی دارد داده‌های مربوط به میزان تولید بطری‌های PET در کارخانه‌های فعال در سراسر کشور که تعداد این کارخانه‌ها

٤٤٩ می‌باشد و دارای راندمان ٦٠٪ می‌باشند و با توجه به زمان مورد نیاز برای تأسیس کارخانه که ۳ سال می‌باشد، میزان تولید از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ محاسبه گردید. این اطلاعات از پایگاه داده وزارت صنعت، معدن و تجارت و از لیست تولیدکنندگان محصولات شیمیایی و پتروشیمی در ایران، استخراج شده است. در مقاله حاضر داده‌های مربوط به میزان تولید بطری‌های PET شامل میزان تولید (بر حسب تن)، نرخ تورم و نرخ برابری دلار از سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ می‌باشدکه از پایگاه داده‌های بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران استخراج شده اند. ابتدا داده‌ها با استفاده از نرم افزار MATLAB مورد تحلیل قرار گرفت و رابطه حاکم بر داده‌ها و تابع برازش آنها با استفاده از این نرم افزار مشخص شد. با توجه به شاخص MSE نتایج حاصل از اعمال مدل به عنوان تابع پیش بینی کننده با شبکه عصبی مقایسه گردید، همچنین میزان MSE این دو روش با روش‌های سری زمانی نیز مورد مقایسه قرار گرفت. بهترین ساختار شبکه عصبی برای این پیش بینی، یک شبکه عصبی Feedforward با الگوریتم آموزشی Levenberg-Marquardt Backpropagation و با دو لایه میانی می‌باشد. در لایه‌های ورودی و خروجی هرکدام یک نورون که سایز نورون‌های ورودی بردارهایی با ۳ عنصر (سال، تورم و نرخ دلار) است و در لایه‌های میانی به ترتیب ٦ و ۹ نورون با توابع انتقال تانژانت سیگموئیدی به کار رفته است. برای لایه خروجی تابع انتقال استفاده شده، تابع خطی است.

۵- شاخص مقایسه مدل‌ها

فرمول شاخص میانگین مربع خطاها (MSE) و میانگین مطلق درصدی خطا که برای انتخاب مدل مناسب در این تحقیق از آنها استفاده شده عبارتست از:

$$MSE = E[(Y_i - Y_f)^2]$$

$$MAPE = 1/n * (\sum_{1}^{n} \left| Y_i - Y_f \right| / Y_i)$$

که Y_i مشاهده i ام و Y_f مقدار پیش بینی شده برای مشاهده iام می‌باشد.

٦- یافته‌های تحقیق

به دلیل استفاده از فاکتورهای نرخ تورم و نرخ برابری دلار در عملیات پیش بینی توسط شبکه عصبی نیاز به استفاده از شاخص همبستگی برای بررسی میزان وابستگی این دو نرخ بـه یکـدیگر وجـود دارد. میـزان ضـریب همبسـتگی در شـاخص‌هـا در جـدول ۱ آمـده است.(ضرایب همبستگی جدول۱ بر اساس داده‌های واقعی موجود در مـورد میـزان تولیـد بطری‌های PET از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲ است که با برنامه نویسی در نرم افزار MATLAB بدست آمده است، که این داده‌های مورد استفاده به شرح زیر است.)

میزان تولید بطری‌های PET از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۲

تولید واقعی	سال
٦١٤	۱۳۷۹
١٦٣٨	۱۳۸۰
٢٧٥٥	۱۳۸۱
٣٢٤٦	۱۳۸۲
٧٦٨٨	۱۳۸۳
١٢٤١٣	۱۳۸٤
١٧٥٤٠	۱۳۸٥
٣١٩٢٥	۱۳۸٦
٥٠٧٦٨	۱۳۸۷
٨٢٣٩٣	۱۳۸۸
١١٢١٩٥	۱۳۸۹
١٦٢٧٢٨	۱۳۹۰
٢١٣٦٦٩	۱۳۹۱
٢٣٣٣٨٥	۱۳۹۲

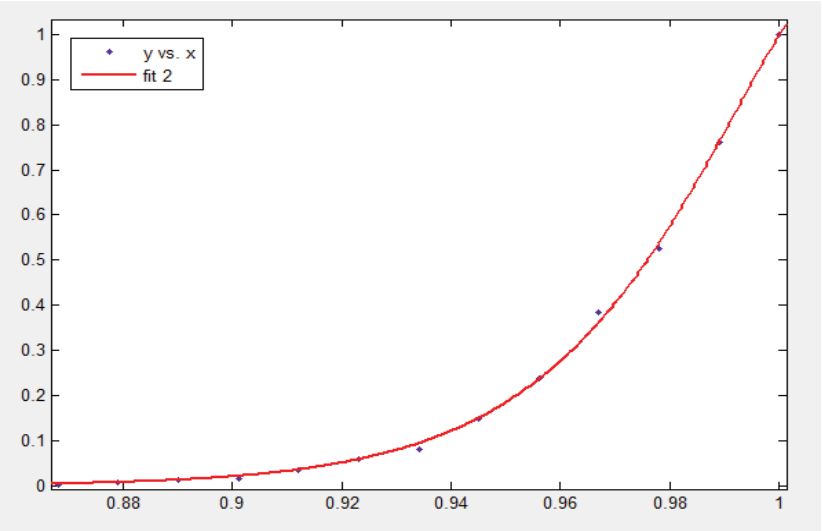
جدول۱. میزان ضریب همبستگی ورودی‌های شبکه عصبی

ضریب همبستگی	
۰/۵۵	ضریب همبستگی سال و نرخ تورم
۰/۷٦	ضریب همبستگی سال و نرخ دلار
۰/۷۱	ضریب همبستگی نرخ تورم و نرخ دلار

میزان ضریب همبستگی نرخ‌های تورم و ارز(دلار) به میزان ۰,۷۰۸۹ می‌باشد بنابراین در یک مرحله شبکه توسط هر سه نوع ورودی آموزش داده می‌شود و در مرحله بعدی تنها با استفاده از ورودی‌های سال و نرخ تورم آموزش انجام می‌گردد. زیرا میزان وابستگی سال و نرخ دلار از میزان وابستگی سال و نرخ تورم بیشتر است و شبکه با استفاده از داده‌های مستقل پاسخ دقیق تری را به دست می‌دهد. سپس میزان خطای هر دو روش محاسبه می‌گردد.

داده‌های مربوط به میزان تولید بطری‌های PET به سه بخش تقسیم می‌شوند. در نرم افزار MATLAB ۷۰٪ داده‌ها به عنوان داده‌های آموزشی در نظر گرفته می‌شوند و ۱۵٪ از داده‌ها، داده‌های آزمون هستند که با استفاده از آنها قدرت پیش بینی مدل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و ۱۵٪ باقی مانده داده‌های Validation هستند. داده‌های مورد استفاده در این مقاله مربوط به سال‌های ۱۳۷۹ الی ۱۳۹۱ هستند. بهترین مدل حاصل از داده‌های ورودی با استفاده از نرم افزار MATLAB در سطح معنی داری ۹۵٪ با مقادیر «R-square= 0.99928» و «adj R-square= 0.99904» به صورت تابع نمایی (Exponential) به دست آمد. شکل۳ نمودار این مدل را نشان می‌دهد که در آن مقادیر x (سال‌ها) و مقادیر y (میزان تولید) نرمالیزه شده اند. نرمالایز کردن داده‌ها در مقاله حاضر به صورت خطی بوده و در مقایسه با استفاده از شکل واقعی داده‌ها موجب رسیدن به جواب‌های بسیار دقیق‌تر می‌شود.

شکل ۳. نمودار میزان تولید بطری‌های PET در ایران (تابع نمایی)



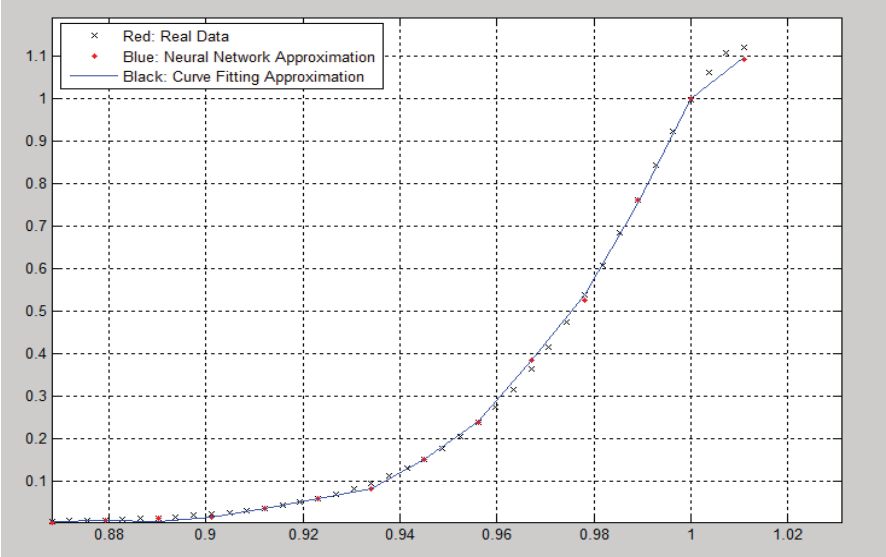
همان طور که از این نمودار می‌توان دریافت سری زمانی تشریح کننده رابطه میان داده‌ها غیرخطی است. به عبارت دیگر میزان تولیدات بطری‌های PET در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱ به صورت نمایی تغییر کرده است حال آنکه در سری‌های زمانی خطی مدل ریاضی تشریح کننده داده‌های سری زمانی به صورت یک معادله خط با فرمول کلی y=ax+b می‌باشد.رابطه ریاضی مدل مربوط به میزان تولید بطری‌های PET، که در نرم افزار MATLAB مدل آن نوشته شده و مورد استفاده قرار گرفته است به شرح زیر است:

General model Exp2:
fittedmodel1(x) = a*exp(b*x) + c*exp(d*x)
Coefficients : (with 95% confidence bounds)
a = -1.504e-022 (-5.93e-019, 5.927e-019)
b = 54.03 (-1048, 1156)
c = 3.318e-022 (-5.702e-019, 5.709e-019)
d = 53.26 (-1004, 1110)

سپس از این مدل برای پیش بینی میزان تولید در سال ۱۳۹۲ استفاده شد. متغیرهای ورودی در شبکه عصبی عبارتند از سال، میزان تورم و نرخ برابری ارز در سال ۱۳۹۲

که با توجه به مشخص نبودن میزان تورم و نرخ برابری دلار در سال ۱۳۹۲ از شبکه عصبی به ترتیب با ٤ و ٤ لایه میانی و شبکه ٤ و ٥ لایه میانی، برای پیش بینی این دو مقدار نیز استفاده شد. متغیر هدف میزان تولیدات بطری‌های PET می‌باشد. نتایج حاصل از این پیش بینی به همراه نتایج حاصل از اعمال شبکه عصبی در جدول زیر آمده اند. به منظور انجام تحلیل‌های دقیق، نتایج حاصل از MATLABو شبکه عصبی بر اساس شاخص‌های آماری MSE و MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند(جدول ۲). شکل ٤ نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

شکل ۴. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط نمودار نمایی و شبکه عصبی(با سه نوع ورودی)



جدول ۲. میزان خطا در روش‌های نمایی و شبکه عصبی (با سه نوع ورودی)

Model	MSE	MAPE
Exponential	۰/۰۰۱۲۹	۰/۰۹
Neural Network	۰/۰۰۰۲	۰/۰۵

بررسی نتایج نشان می‌دهد عملکرد شبکه عصبی همان گونه که میزان خطاها نشان می‌دهد، نسبت به مدل نمایی (Exponential) در پیش بینی داده‌ها بسیار بهتر است. شکل نیز عملکرد بهتر شبکه عصبی را در پیش بینی داده‌ها در مقایسه با داده‌های واقعی به وضوح نشان می‌دهد. میزان تولید در سال ۱۳۹۲به میزان ۲۳۳۳۸۵ تن خواهد بود که شبکه عصبی این میزان را ۲۳٤٤۷۱ تن و تابع نمایی برازش شده میزان ۲۳۹۸۲٤ تن را برای سال ۹۲ پیش بینی می‌کند. این در حالی است که در شبکه عصبی سه پارامتر سال، تورم و نرخ برابری دلار در محاسبات در نظر گرفته می‌شود اما مدل نمایی صرفاً برحسب سال پیش بینی را انجام می‌دهد. با استفاده از پیش بینی‌های انجام شده با سایر روش‌های سری زمانی (نایو، میانگین ساده، میانگین متحرک، نمو هموار ساده، نمو هموار دوبل و رگرسیون خطی) بهترین جواب مربوط به نمو هموار دوبل می‌باشد و پیش بینی برای سال ۱۳۹۲ به میزان ۲٦۳۹۰۷ تن می‌باشد. در جدول ۳ میزان MAPE مربوط به روش‌های سری زمانی آورده شده است.

جدول۳. میزان خطای پیش بینی روش‌های سری زمانی خطی

Model	MAPE
نایو	۰/۳۵
میانگین ساده	۰/۷۳
میانگین متحرک	۰/۵۳
نمو هموار ساده	۰/۳۷
نمو هموار دوبل	۰/۱۵
رگرسیون خطی	۸/۲٦

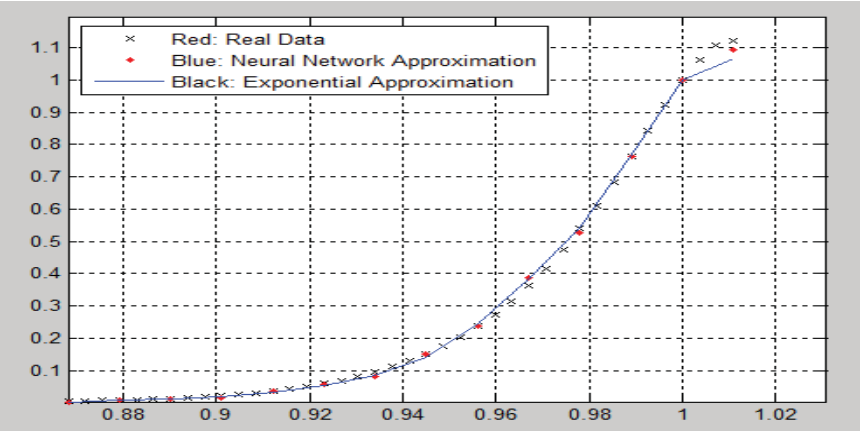
به دلیل این که در روش‌های سری زمانی صرفاً از سال به عنوان متغیر ورودی استفاده می‌شود در این مقاله نیز یک بار پیش بینی با در نظر گرفتن فقط یک ورودی یعنی سال در شبکه عصبی انجام می‌شود.با این روش میزان پیش بینی در سال ۱۳۹۲، ۲۲۷۸٤۱ تن خواهد بود. خطاهای محاسبه شده در این حالت در جدول ٤ دیده می‌شوند.

جدول۴. میزان خطا در روش‌های نمایی و شبکه عصبی (با یک نوع ورودی)

Model	MSE	MAPE
Exponential	۰/۰۰۱۲۹	۰/۰۹
Neural Network	۰/۰۰۸٤٥	۰/۰۷

همان گونه که در جدول نشان داده شده است میزان خطای هردو شاخص نسبت به حالت سه نوع ورودی کمتر از شبکه عصبی با یک نوع ورودی یعنی فقط سال می‌باشد. در نمودار ۵ روش نمایی و شبکه عصبی با یک نوع ورودی نشان داده شده است.

شکل ۵. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط نمودار نمایی و شبکه عصبی(با یک نوع ورودی)



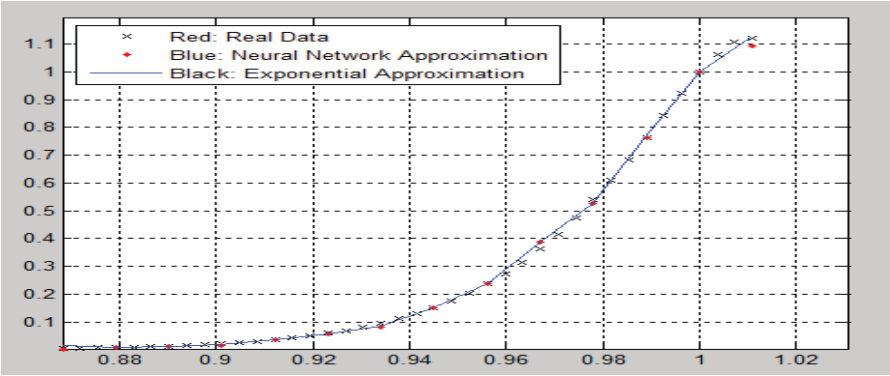
در روش بعدی آموزش شبکه عصبی صرفاً از داده‌های سال و نرخ تورم استفاده می‌کنیم و میزان خطا محاسبه می‌گردد. در این روش نیز در جدول ۵ میزان خطای روش نمایی و شبکه عصبی محاسبه گردیدند.

جدول۵. میزان خطا در روش‌های نمایی و شبکه عصبی (بادو نوع ورودی)

Model	MSE	MAPE
Exponential	۰/۰۰۰۱۳	۰/۰۹
Neural Network	۰/۰۰۰۱۵	۰/۳۴

همان گونه که مشاهده می‌گردد در صورت استفاده در شاخص MSE از دو ورودی میزان خطای پیش بینی با استفاده از روش نمایی بیشتر از شبکه عصبی می‌باشد اما برای شاخص MAPE میزان خطای روش نمایی کمتر از شبکه عصبی است. همچنین در صورت استفاده از سه ورودی در شبکه عصبی برای هردو میزان خطا به طرز چشمگیری کم و اختلاف بالایی با روش نمایی دارد. و در این حالت شبکه عصبی میزان تولید ۲٤۱۰۲۷ تن بطری PET را برای سال ۱۳۹۲ پیش بینی می‌کند. شکل ٦ نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

شکل۶. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط نمودار نمایی و شبکه عصبی(با دو نوع ورودی)



۷- نتیجه گیری

هدف این تحقیق نشان دادن قابلیت بالای شبکه‌های عصبی در پیش بینی مقادیر تولید بطری‌های PET و آگاهی از میزان تولید در آینده و پیش بینی آن، برای تصمیم گیری مدیران در احداث واحدهای تولیدی می‌باشد. با توجه به قدرتی که شبکه‌های عصبی در پیش بینی دارند، می‌توانند به صورت ابزار نیرومندی در پیش بینی انواع فرآیندهای تجاری و مدیریت مورد استفاده قرار گیرند. از آنجا که ماهیت اکثر پدیده‌های طبیعی غیر خطی است نیاز به روش‌هایی برای پیش بینی این نوع روابط وجود دارد که در مقاله حاضر شبکه عصبی با دقت بالا پیش بینی را انجام داده است در حالی که روش‌های سری زمانی که ماهیت خطی دارند با خطای بالا پیش بینی را انجام داده اند. امروزه شبکه‌های عصبی یکی از ابزارهای مهم پیش بینی کسب و کار و مدیریت هستند. مشخصه اصلی داده‌های این مطالعه روابط غیرخطی داده‌هاست و پیش بینی میزان تولید با روش‌های معمول خطای بالای پیش بینی را به همراه داشت. در روش‌های معمول پیش بینی صرفاً یک عامل تأثیر گذار در نظر گرفته می‌شود این در حالی است که در مقاله پیش رو با در نظر گرفتن فاکتورهایی چون نرخ تورم و نرخ برابری ارز به پیش بینی پرداخته شد که این امر موجب دقت بالای پیش بینی شده است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی با در نظر گرفتن فاکتورهای بیشتری پیش بینی انجام شود و میزان دقت پیش بینی مورد ارزیابی قرار گیرد.

به دلیل وجود همبستگی میان دو نوع ورودی نرخ تورم و ارز، آموزش شبکه عصبی در دو مرحله انجام شد. در صورت استفاده از دو نوع ورودی سال و نرخ تورم میزان خطای پیش بینی بالاتر از حالت استفاده از سه نوع متغیر ورودی بود. که این نشان از مؤثر بودن ورودی سوم یعنی نرخ ارز در صحت میزان پیش بینی است. همچنین در بخشی از مقاله فقط از یک نوع متغیر ورودی یعنی سال برای پیش بینی استفاده شد که میزان خطا به میزان قابل توجهی از حالت سه ورودی بیشتر و از حالت فقط دو ورودی کمتر بود که این نشان از مؤثر بودن هر سه متغیر ورودی دارد.همان

طور که گفته شد در قدرت شبکه‌های عصبی مصنوعی برای شناسایی و مدلسازی انواع سیستم‌های استاتیکی و دینامیکی تردیدی نیست ولی بهتر است که برای نمایش قدرت واقعی آنها از قیاس با روش‌های مناسب پیش بینی استفاده گردد. به عنوان نمونه در مرجع [۱۳] برای نمایش این توانایی از قیاس با روش بسط فوریه محدود شده استفاده گردیده است. این در حالی است که با توجه به ماهیت شبه تناوبی بسط فوریه محدود شده و خطای بالای آن در نواحی خارج از فواصلی که مورد نظر ماست، بسیار بدیهی خواهد بود که در انجام پیش بینی با روش بسط فوریه محدود شده خطای فاحشی رخ دهد. در ریاضیات مهندسی پیشرفته و مباحثی چون آنالیز تابعی (Functional Analysis) و فضاهای برداری توپولوژیکی (Topological Vector Spaces) روش‌های بسیار پیشرفته ای وجود دارد که بر اساس ماهیت داده‌های ما برازش‌های مناسبی را ارائه می‌دهند. از آن جا که بیان این روشها نیاز به مقدمات فراوان و پیچیده ای دارد، در این مقاله تنها به استفاده از نتایج آن بسنده گردیده است. این روشها با توجه به ماهیت داده‌های ما در مقاله حاضر، استفاده از برازش نمایی را پیشنهاد می‌دهند. به همین منظور و برای نشان دادن قدرت شبکه‌های عصبی، در این مقاله از قیاس نتایج پیش بینی توسط این شبکه‌ها، با برازش نمایی استفاده گردیده است. نکته جالب توجه دیگر میزان بسیار اندک خطای پیش بینی توسط شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌باشدکه در این مقاله به خوبی اثبات شد.

منابع

اسد سنگابی فرد، سیما؛ درآمدی بر روش‌های برآورد توابع تقاضا، روند، نشریه علمی تخصصی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران، سال اول، شماره سوم، زمستان ۱۳۶۹

پدرام، مهدی، پورمقیم، سید جواد؛ سیاست یکسان سازی نرخ ارز در ایران و تأثیر آن بر تولید در دوره ۱۳۵۸-۷۵

حمصی، امیرهومن، غفاری، فرهاد، حمدی، کریم، بیرانوند، احسان؛ تخمین تابع تقاضای کاغذ روزنامه و پیش بینی مصرف آن در ایران، مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره ۳، ۱۳۸۵

طرح تولید پریفرم و بطری پت، وزارت صنایع و معادن،۱۳۸۵

کاظمی، مهدی، نیک نفس، علی اکبر، رنجبر، وحید؛ کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای تجاری و مدیریتی و مقایسه با مدل‌های غیرخطی مطالعه موردی : صنعت چوب ایران، فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی، ۱۳۹۰

کمیجانی، اکبر، نقدی، یزدان؛ بررسی ارتباط متقابل بین تولید و تورم در اقتصاد ایران با تأکید بر تولید بخشی،۱۳۸۷

کمیسیون اقتصاد کلان، بیمه و بانک، اتاق بازرگانی صنایع و معادن ایران، تورم در ایران و پیامدهای آن بر تولید و اقتصاد،۱۳۸۷

میرمظاهری، مهدی؛ تحلیل محیطی (بررسی فرصتها و تهدیدها) صنعت پتروشیمی ایران با رویکرد استراتژیک، دانشگاه امام حسین، ۱۳۸۶

- Hoptroff,R.G. The principles and practices of time series forecasting and business modeling using Neural Networks. Neural computing and applications,1, 59 -66 (1993)
- Zhang, G, O. Neural networks in business forecasting. British cataloguing in publication data, (2003)
- Zhang,G.P. & Hu,M.Y. Neural Network forecasting of the British Pound/US Dollar exchange rate.Omega,26(4),495-506. (1998)
- Azzof,E.M. Neural network time series forecasting of financial markets.Chichester, UK:John Wiley &Sons.(1994).
- Bishop, M. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford, UK: Oxford university Press. (1995)
- Bloorforoosh. M. (1977), "Demand estimation of meat in Iran".Ph.D Thesis, Iowa State University.Ames. Iowa.
- Dougherty, M. A review of neural networks applied to transport. Transportation research, part C, 3(4), 247-260.(1995).
- Guoqiang Zhang, B. Eddy Patuwo, Michael Y. Hu. Forecasting with artificial neural networks:The state of the art. International Journal of Forecasting 14 (1998)
- Haykin, Simon. Neural Networks, A comprehensive foundation, Second edition, 2006
- Hwang, H.B. insights into a Neural Network forecasting of time series corresponding to ARMA (p,q) structures. Omega, 29, 2001
- Makridakis,S., Anderson, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibdon, M., Lewandowsky, R., Newton , J., Parzen, E., & wrinkler , R. The accuracy of extrapolation (time series) methods: results of a forecasting competition. journal of forecasting, 1(2), 111-153. (1982).
- Mohamad H.Hassoum, Fundamentals of Artificial Neaural Network, 2005
- Nafisa Mahbub and S.M.Hassan Shahrukh, An Artificial Neural Network Approach: An improved Demand Forecast, Proceedings of the Global Engineering, Science and Technology Conference 2012 28-29 December 2012, Dhaka, Bangladesh
- Rob Law, Norman Au, A neural network model to forecast Japanese demand for travel to Hong Kong, Tourism Management 20 (1999)
Karin Kandananond, Consumer Product Demand Forecasting based on Artificial Neural Network and SupportVector Machine, World Academy of Science, Engineering and Technology 63 ,2012
Smith,M. Neural Networks for statistical modeling. New York: Van Nostrand Reinhold.(1993)