فصلنامه علمی ـ پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی سال نهم، شماره ۲۲، پاییز ۹۰
صفحات ۱۹۱ تا ۲۰۸

کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای تجاری و مدیریتی و مقایسه با مدل‌های غیر خطی مطالعه موردی : صنعت چوب ایران

مهدی کاظمی *
علی اکبر نیک نفس **
وحید رنجبر ***

چکیده

ماهیت روابط تشریح کننده بسیاری از فرآیندهای واقعی زندگی به ویژه در حوزه‌های تجاری و مدیریتی اغلب غیر خطی هستند.لذا پیش بینی رفتار چنین فرآیندهایی نیازمند ابزارهای دقیق و اثر بخش است. شبکه‌های عصبی مصنوعی[i] قادرند به عنوان یک ابزار مهم مدل سازی در پیش بینی مسائل کسب و کار، نقایص مدل‌های معمول را جبران نمایند. هدف مقاله حاضر نشان دادن برتری شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای غیر خطی در مقایسه با سایر مدل‌های پیش بینی است. بدین منظور در این مقاله داده‌های مربوط به صنعت چوب ایران شامل مقدار تولیدات، مقدار واردات و ارزش ارزی واردات از سال ۱۹۶۱ تا سال ۲۰۰۷ میلادی مورد مطالعه قرار گرفته است. ابتدا با استفاده از این داده ها و اعمال شبکه عصبی و مدل‌های غیر خطی به دست آمده از نرم افزار MATLAB، پیش بینی هایی در مورد صنعت چوب ایران انجام شد و سپس با توجه به شاخص میانگین مطلق درصدی خطا (MAPE)[ii] نتایج به دست آمده از روش‌های مزبور با هم مقایسه شدند.یافته‌های تحقیق حاکی از موفقیت چشمگیر شبکه عصبی در هر سه مطالعه صورت گرفته نسبت به مدل‌های غیر خطی به دست آمده از نرم افزار MATLAB می‌باشد.

واژگان کلیدی: پیش بینی، شبکه عصبی، فرآیندهای غیر خطی

---

* استادیار گروه مدیریت دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران. (مسئول مکاتبات) mehdykazemi@gmail.com
** استادیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران.
*** کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۲۴ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۴

مقدمه

فرآیندهای واقعی زندگی اغلب غیر خطی هستند. پیش بینی چنین فرآیندهایی ابزارهای قوی و موثری را طلب می‌کند. با این حال تحقیقات اندکی در زمینه ارائه روش‌های پیش بینی برای مدل‌های غیر خطی صورت گرفته است[۴]. چافیلد[۳] و ارد[۱۶] لزوم انجام تحقیقات در حوزه فرآیندهای غیر خطی را مطرح کردند ولی با گذشت بیست سال از آن زمان هنوز هم مطالعات جدی در زمینه پیش بینی‌های غیر خطی صورت نگرفته است. غیاثی و نانگو[۸] و فادلالا [۶] کمبود تحقیقات تجربی قوی در مورد الگوریتم‌های پیش بینی و فقدان راه حل‌های نرم افزاری را دو عامل اصلی در این ارتباط معرفی کردند.رویکردهای معمول شامل رگرسیون‌های خطی چند گانه[iii]،رگرسیون‌های غیرخطی[iv] و دیگر روش‌های خاص نظیر ARIMA، SETAR، ARFIMA وغیره هستند.

به اعتقاد مایر و دندی، هیچ مدل خطی به تنهایی بهترین نیست و این امر می‌تواند به عنوان شکست مدل‌های خطی در رویارویی با مسائل واقعی زندگی که از درجات مختلف غیر خطی بودن بر خوردارند تفسیر شود[۱۳]. ماهیت غیر خطی ساختار شبکه‌های عصبی می‌تواند در استخراج روابط غیر خطی موجود در مسائل واقعی روزمره بسیار مفید باشد. به عنوان مثال توانایی شبکه‌های عصبی در مدل سازی سری‌های زمانی خطی توسط محققین بسیاری مورد مطالعه و تایید قرار گرفته است([۱۰،۱۵،۱۹]. شبکه‌های عصبی مدل‌های ناپارامتریک مبتنی بر داده[v] هستند و بسیاری از فرض‌های محدود کننده برای انجام فرآیند تحلیل داده‌ها را ندارند. ازاین 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 بر خوردارند. 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 رابطه میان یک متغیر(متغیر وابسته) را با متغیرهای گوناگون دیگر(متغیرهای مستقل) تعیین نماید[۱۸].ترکیب ویژگی‌های مورد اشاره، شبکه‌های عصبی را به یک ابزار منعطف و توانمند برای پیش بینی تبدیل می‌کند.

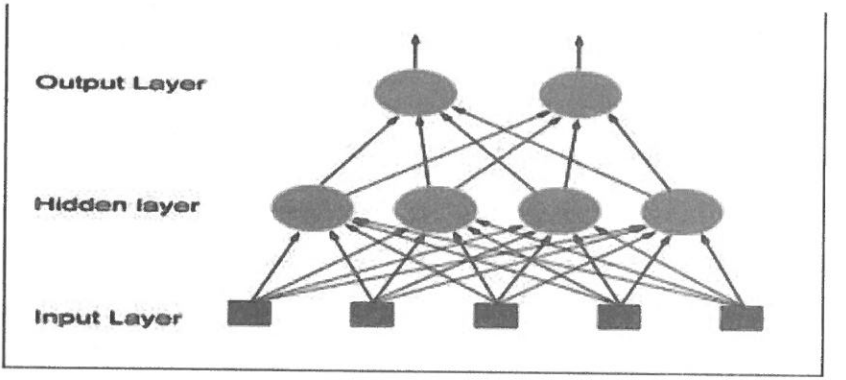
هدف مقاله حاضر نشان دادن توانمندی شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای تجاری در مقایسه با روش‌های معمول پیش بینی است. به این منظور صنعت چوب کشور که یکی از صنایع مهم در سطح ملی و بین المللی است و از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد جهت مطالعه انتخاب شده است. مدیریت محصولات جنگل داری به خاطر ابعاد زیست محیطی و همچنین کسب وکار آن از چالش‌های بزرگ و مهم جهانی محسوب می‌شود. مطالعات اخیر در زمینه گرم شدن زمین و همچنین وقوع سیلاب ها نقش موثر جنگل و تولید محصولات جنگلی را بیش از پیش روشن کرده است[۱۱]. در برخی کشورها مانند هندوستان، جنگل و محصولات جنگلی از جمله منابع ثروت ملی محسوب می‌شود.به علاوه امروزه این محصولات در تولیدات صنعتی، تامین سوخت و انرژی و تهیه تجهیزات و لوازم اداری و خانگی نقش چشمگیری دارند. بنابر این پیش بینی هرچه دقیق تر در مورد محصولات صنعت چوب می‌تواند در برنامه‌ریزی و مدیریت این صنعت تاثیر به سزایی داشته باشد.

شبکه عصبی

یک شبکه عصبی از واحدهای محاسباتی ساده ای به نام نورون[vi] ساخته شده است که در لایه‌های مختلفی قرار می‌گیرند و ارتباطات داخلی بسیار زیادی با هم دارند. در چند دهه اخیر انواع مختلفی از شبکه‌های عصبی ایجاد شده که هر یک هدف خاصی را دنبال می‌کنند [۹]. با این وجود بهترین مدلی که تاکنون برای مسائل پیش بینی مورد استفاده قرار گرفته است «مدل شبکه عصبی پیش خورد»[1] بوده است [۲۰]. در شکل(۱) معماری یک شبکه عصبی پیش خورد سه لایه نشان داده شده است که شامل لایه ورودی، لایه میانی ولایه خروجی است. نورون‌های موجود در لایه ورودی به متغیرهای مستقل یا پیش بینی کننده و نورون‌های موجود درلایه خروجی به متغیر وابسته یا پیش بینی شونده مربوط می‌شوند. نورون‌های موجود در لایه میانی به هر دو لایه ورودی و خروجی متصل هستند و کلید یادگیری الگوهای

1. Feed Forward Neural Networks

میان داده ها هستند. در این شبکه ها جریان اطلاعات از لایه ورودی به لایه میانی و سپس لایه خروجی است و هیچ گونه بازخوردی از لایه خروجی یا میانی وجود ندارد[۱۷].



شکل ۱. شبکه عصبی پیش خورد سه لایه

تحقیق‌های اخیر در مورد شبکه‌های عصبی نشان داده است که این شبکه ها قابلیت‌های پیش بینی و دسته بندی[vii] بالقوه‌ای دارند. شبکه‌های عصبی به طور موفقیت آمیزی در بسیاری از زمینه‌های کسب و کار، صنعت و علم مورد استفاده قرار گرفته‌اند[۲]. برای چندین دهه روش‌های خطی بر پیش بینی سایه افکنده بودند.ایجاد و به کارگیری روش‌های خطی و همچنین درک و تفسیر آنها نسبتا ساده است. با این وجود مدل‌های خطی به دلیل عدم توانایی در استخراج روابط غیر خطی میان داده ها از محدودیت جدی برخوردارند. تقریب مدل‌های خطی برای روابط غیر خطی همواره راضی کننده نیست.

کاربرد شبکه‌های عصبی برای پیش بینی در زمینه‌های مختلف مورد توجه خاص قرار گرفته است. دقرتی: مدل سازی حمل و نقل و پیش بینی[۵]، آزوف: کاربردهای مالی[۱]، ماکریداکیس و همکاران: پیش بینی منابع آب[۱۴] را با استفاده از این شبکه ها مورد مطالعه قرار دادند. دامنه وسیعی از مسائل مربوط به پیش بینی کسب و کار با استفاده از شبکه‌های عصبی مورد مطالعه قرار گرفته است، از جمله در زمینه حسابداری (پیش بینی درآمدهای حسابداری، پیش بینی ورشکستگی و

شکست‌های کسب و کار)، مالی(پیش‌بینی شاخص‌ها، در آمدها، ریسک)، بازاریابی (پیش بینی انتخاب مشتری، سهم بازار،دسته بندی بازار)، اقتصاد (پیش بینی دوره‌های کسب و کار، رکودها، مصرف مشتریان،تورم)، تولید و عملیات (پیش بینی تقاضای برق، ترافیک شهری، موجودی)، گردشگری و حمل‌ونقل (پیش بینی تعداد گردشگران، حجم مسافران هوایی بین ـ المللی) و مسائل زیست محیطی (پیش بینی سطح لایه اوزون،کیفیت هوا)[۱۲].

سوالات تحقیق

با توجه به داده های موجود در مورد صنعت چوب ایران، سوالات تحقیق به شرح زیر طرح شده است:

- پیش بینی میزان تولید صنعت چوب ایران توسط شبکه های عصبی در مقایسه با پیش بینی توسط مدل های غیر خطی و داده‌های واقعی چگونه است؟
- پیش بینی مقدار واردات محصولات چوبی ایران توسط شبکه‌های عصبی در مقایسه با پیش بینی توسط مدل های غیر خطی و داده های واقعی چگونه است؟
- پیش بینی ارزش واردات محصولات چوبی ایران توسط شبکه‌های عصبی در مقایسه با پیش بینی توسط مدل های غیر خطی و داده های واقعی چگونه است؟

روش تحقیق

در این مطالعه جامعه و نمونه آماری مورد استفاده یکسان هستند. داده‌های مورد استفاده در این تحقیق به روش کتابخانه‌ای و آرشیوی جمع‌آوری گردید. به دلیل آنکه اعتبار داده‌ها در استفاده از مدل‌های پیش بینی نقش اساسی دارد، داده‌های مورد نیاز مربوط به صنعت چوب ایران با استفاده از پایگاه داده سازمان جهانی غذا و محصولات کشاورزی[viii] جمع آوری شد. این داده‌ها بر حسب قاره‌های مختلف دنیا،کشورهای پیشرفته، در حال توسعه و سایر کشورها موجود است[۷]. در مقاله حاضر داده‌های مربوط به صنعت چوب ایران شامل میزان تولید (برحسب متر مکعب)، میزان واردات محصولات چوبی (بر حسب متر مکعب) وارزش ارزی واردات محصولات چوبی (بر حسب هزار دلار) مورد استفاده قرار گرفته است. در

ابتدا داده ها با استفاده از نرم افزار MATLAB مورد تحلیل قرار گرفت و رابطه حاکم بر داده ها با استفاده از این نرم افزار مشخص شد. با توجه به شاخص MAPE، نتایج حاصل از اعمال مدل به عنوان تابع پیش بینی کننده با شبکه عصبی مقایسه گردید. یک شبکه عصبی پیش خورد با الگوریتم آموزشی پس انتشار با شیب نزولی و نرخ یادگیری انطباقی[ix] با دولایه میانی مورد استفاده قرار گرفته است .در لایه‌های ورودی و خروجی هر کدام یک نورون و در لایه‌های میانی به ترتیب ۶ و ۱۰ نورون با توابع انتقال تانژانت هایپربولیکی[x] به‌کار رفته است. برای لایه خروجی تابع انتقال استفاده شده ،تابع خطی[xi] است.

شاخص مقایسه مدل‌ها

فرمول شاخص میانگین مطلق درصدی خطا (MAPE) که برای انتخاب مدل مناسب در این تحقیق از آن استفاده شده عبارت است از:

فرمول(۱)

$$MAPE = 1/n \times (\sum_1^n |Yi - Yf|/Yi)$$

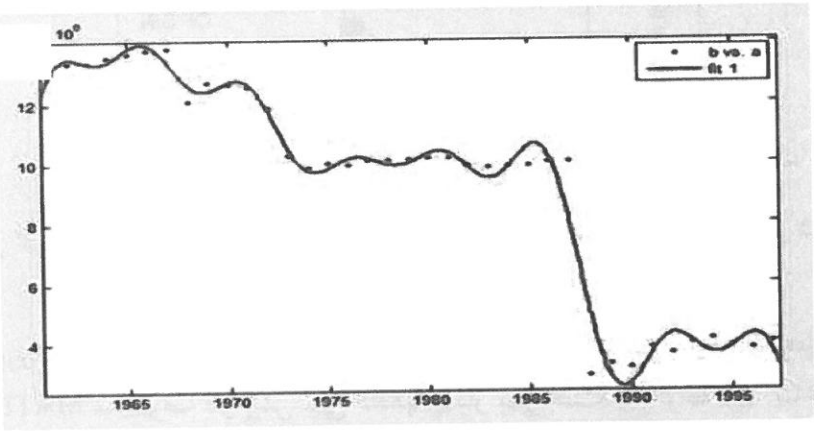
در این فرمول n تعداد مشاهدات ، Y_i مشاهده i ام، Y_f مقدار پیش بینی شده برای مشاهده i ام می‌باشد.

یافته ها ی تحقیق

میزان تولید صنعت چوب ایران

داده‌های مربوط به میزان تولید صنعت چوب ایران به دو بخش تقسیم بندی شد. داده‌های آموزشی که جهت ایجاد مدل و تعیین رابطه میان آنها با استفاده از MATLAB مورد استفاده قرار گرفت.این داده ها به سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۷ میلادی مربوط می‌شود.گروه دوم ، داده‌های آزمون هستند که با استفاده از آنها قدرت پیش بینی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. این داده‌ها مربوط به سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۷ میلادی می‌باشد. بدین ترتیب بهترین مدل حاصل از داده‌های آموزشی با استفاده از نرم افزار MATLAB ، در سطح معنی داری ۹۵٪ ، با مقادیر«R-square= ۰/۹۷۷۶

و«adj R-square= ۰/۹۳۸۰» به صورت مجموع توابع سینوسی به دست آمد. شکل (۲) نمودار این مدل را نشان می‌دهد. همان طور که از این نمودار می‌توان دریافت سری زمانی تشریح کننده رابطه میان داده ها غیر خطی است. به عبارت دیگر، میزان تولیدات صنعت چوب ایران از سالهای ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۷ به گونه ای تغییر کرده که نمودار مدل ریاضی مربوط به آن دارای دو نقطه اکسترمم مطلق و چندین نقطه اکسترمم نسبی می‌باشد. وجود چنین نقاطی در توابع ریاضی بیانگر غیر خطی بودن آنهاست، 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 سری زمانی میزان تولید صنعت چوب ایران نیز در مقایسه با معادله کلی خط بیانگر غیر خطی بودن این سری زمانی است (رابطه ریاضی مدل در پیوست ۱ آمده است).



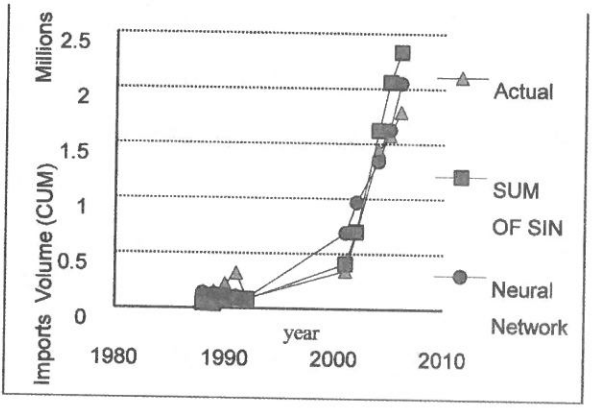
شکل۲. نمودار میزان تولید صنعت چوب ایران (مجموع توابع سینوسی)

سپس از این مدل برای پیش بینی داده‌های آزمون استفاده شد. در ارتباط با شبکه عصبی، متغیر ورودی عبارت است از زمان بر حسب سال و متغیر هدف میزان تولیدات صنعت چوب ایران می‌باشد. نتایج حاصل از این پیش بینی به همراه نتایج حاصل از اعمال شبکه عصبی در جدول (۱) آمده است. به منظور انجام تحلیل مقایسه‌ای، نتایج مربوط به مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی بر اساس

شاخص آماری MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند (جدول ۱). شکل (۳) نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقدار تولیدات صنعت چوب ایران

Model	MAPE
Neural Net	۲۹/۸۷
Sum Of Sin	۳۹/۰۷



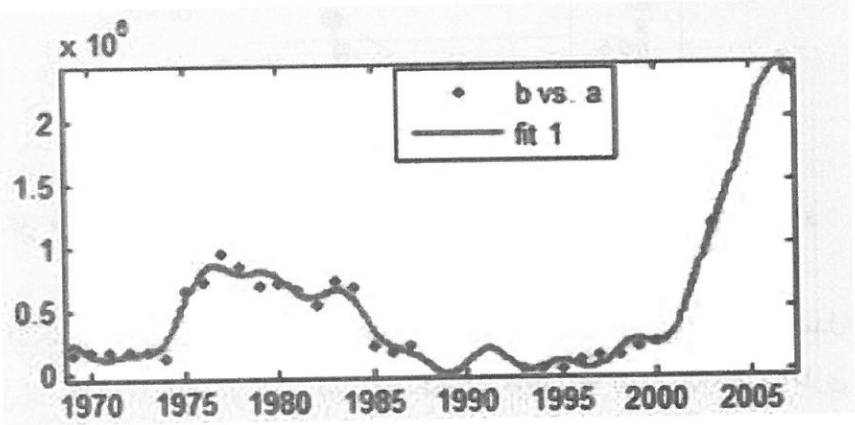
شکل ۳. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل مجموع توابع سینوسی و شبکه عصبی

بررسی نتایج نشان می‌دهد عملکرد شبکه عصبی نسبت به مدل حاصل از MATLAB مخصوصا در پیش بینی دادهها بسیار بهتر است. با توجه به شاخص آماری MAPE شبکه عصبی در پیش بینی داده ها ۹۶/۶۳ درصد بهتر عمل کرده است. شکل (۳) نیز عملکرد بهتر شبکه عصبی را در پیش بینی داده‌ها در مقایسه با داده‌های واقعی به وضوح نشان می‌دهد (رابطه ریاضی این مدل در پیوست ۲ آمده است).

مقدار واردات محصولات چوبی ایران

داده‌های مربوط به مقدار واردات محصولات چوبی ایران از سال ۱۹۶۹ تا ۲۰۰۷ میلادی جمعآوری و به دو بخش تقسیم شد.در این قسمت به دلیل عدم توزیع

مناسب داده‌ها و جهت پرهیز از اثر نامناسب آن بر تجزیه و تحلیل، داده‌های مربوط به سالهای ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۲ و ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۶ به عنوان داده‌های آزمون و داده‌های بقیه سالها برای داده‌های آموزشی مورد استفاده قرار گرفت. در واقع در اینجا ابتدا به پیش پردازش داده ها پرداخته و سپس مدل مناسب اعمال گردید. لازم به ذکر است که در قسمت قبل داده ها از توزیع مناسبی بر خوردار بودند، لذا تقسیم بندی داده ها به این صورت لازم نبود. با این شرایط باز هم بهترین مدل با استفاده از نرم افزار MATLAB، در سطح معنی داری ۹۵٪ و با مقادیر« R-square = ۰/۹۷۲۱» و «adj R-square= ۰/۹۲۹۰» به صورت مجموع توابع سینوسی بود. شکل (۴) نمودار این مدل را نشان می‌دهد. در اینجا نیز می‌توان رابطه غیر خطی میان داده ها را به وضوح مشاهده کرد.



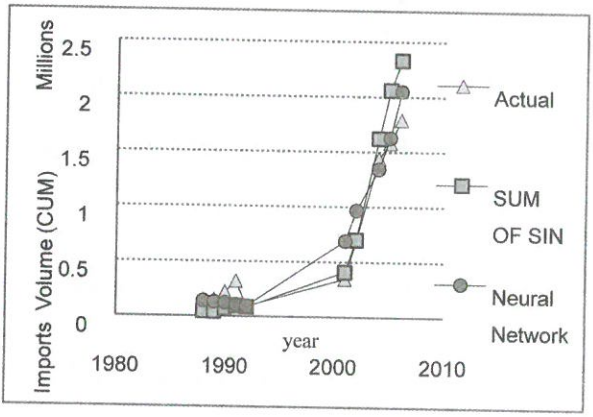
شکل٤. نمودار میزان واردات محصولات چوبی ایران (مجموع توابع سینوسی)

نتایج حاصل از اعمال این مدل به داده‌های آزمون در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج مربوط به اعمال شبکه عصبی نیز در این جدول ارائه شده است. در ارتباط با شبکه عصبی، متغیر ورودی عبارت است از زمان بر حسب سال و متغیر هدف میزان واردات محصولات چوبی ایران می‌باشد. در اینجا نیز به منظور انجام تحلیل مقایسه‌ای، نتایج مربوط به مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی بر اساس شاخص آماری MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند(جدول۲). شکل (۵)

نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

جدول۲. میزان واردات محصولات چوبی ایران

Model	MAPE
Neural Net	۲۹/۸۷
Sum Of Sin	۳۹/۰۷



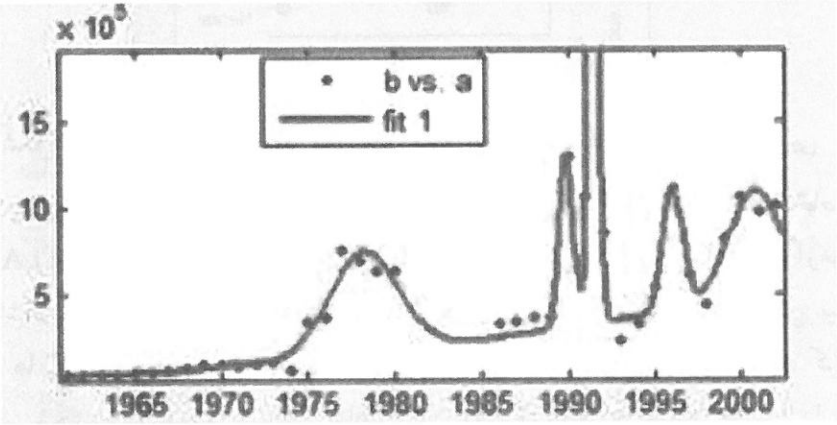
شکل ۵.مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل مجموع توابع سینوسی و شبکه عصبی

در اینجا نیز بررسی نتایج نشان می‌دهد که عملکرد شبکه عصبی نسبت به مدل حاصل از MATLAB در پیش بینی داده‌های آزمون بهتر است. شاخص آماری MAPE نشان می‌دهد که شبکه عصبی در پیش بینی داده ها ۲۳/۵۷ درصد نسبت به مدل حاصل از MATLAB بهتر عمل کرده است. شکل(۵) نیز عملکرد بهتر شبکه عصبی را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان می‌دهد.

ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران (هزار دلار)

پس از جمع آوری داده‌های مربوط به مقدار ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران از سالهای ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۷ میلادی، در اینجا نیز به دلیل عدم توزیع مناسب داده‌ها، داده‌های مربوط به سالهای ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵ و۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ را به عنوان داده‌های آزمون و داده‌های مربوط به سایر سال ها را به منظور آموزش مدل‌ها

مورد استفاده قرارگرفت. به این ترتیب، بهترین مدل حاصل از نرم افزار MATLAB در سطح معنی داری ۹۵٪ ، بصورت یک تابع گاوسی[xii] با مقادیر« R-square= 0.9770» و« adj R-square= 0.9482 » بود. شکل(۶) نمودار مدل مربوط را نشان می‌دهند. نکته قابل توجه غیر خطی بودن رابطه میان داده هاست(رابطه ریاضی این مدل در پیوست ۳ آمده است).

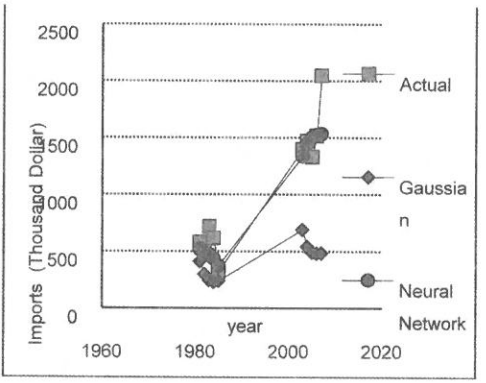


شکل٦. نمودار مربوط به ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران (تابع گاوسی)

پیش بینی داده‌های آزمون برای این مدل و همچنین مدل شبکه عصبی در جدول(۳) ارائه شده است. همچنین تحلیل مقایسه ای میان مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی بر اساس شاخص آماری MAPE صورت گرفته است(جدول ۳). شکل (۷) نمودارهای مربوط به پیش بینی داده‌های آزمون برای این دو مدل در مقایسه با داده‌های واقعی را نشان می‌دهد. در ارتباط با شبکه عصبی، متغیر ورودی عبارت است از زمان بر حسب سال و متغیر هدف ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران می‌باشد.

جدول۳. ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران

Model	MAPE
Neural Net	13.7
Gaussian	54.69



شکل۷. مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده توسط مدل گاوسی و شبکه عصبی

در این تحلیل نیز بررسی عملکرد شبکه عصبی در مقایسه با مدل حاصل ازMATLAB نشان دهنده عملکرد برتر شبکه عصبی در پیش بینی داده‌های آزمون می‌باشد. شاخص آماری MAPE نشان می‌دهد که شبکه عصبی در پیش بینی داده ها ۷۴/۹۴درصد نسبت به مدل حاصل از MATLAB بهتر عمل کرده است. شکل (۷) عملکرد مدل حاصل از MATLAB و شبکه عصبی را در مقایسه با داده‌های واقعی نشان میدهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود پیش بینی شبکه عصبی در مقایسه با داده‌های واقعی نسبت به مدل حاصل از MATLAB بهتر است.

نتیجه گیری

همان طورکه قبلا اشاره شد هدف این تحقیق نشان دادن مزایا و قابلیت‌های شبکه‌های عصبی در پیش بینی فرآیندهای تجاری و مقایسه آن با روش‌های سنتی پیش بینی است. اگر چه این مطالعه بصورت موردی بر داده‌های صنعت چوب ایران انجام شده است و نتایج آن می‌تواند به صورت کاربردی مورد استفاده قرار گیرد ولی جنبه توسعه ای آن بیشتر مد نظر بوده است. زیرا شبکه‌های عصبی ممکن است به صورت ابزاری نیرومند در پیش بینی انواع فرآیندهای تجاری و مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد.

مدیریت اثر بخش و کارآمد نیازمند پیش بینی وآگاهی از آینده است. بدین

منظور روشهای مختلفی برای پیش بینی آینده ارائه شده است.پیش فرض بسیاری از این روشها وجود روابط خطی میان داده ها است. در صورتیکه ماهیت اکثر پدیده‌های طبیعی غیر خطی است. لذا اکثر این روشها با تقریب خطی روابط غیر خطی سعی در پیش بینی آنها دارند و طبیعی است که خطای چنین روشهایی زیاد باشد. البته روشهای دیگری نیز وجود دارند که با تاکید بر غیر خطی بودن این روابط بدنبال پیش بینی آنها هستند که در اینجا نیز مسئله فرابرازش داده ها باعث ایجاد خطای قابل توجهی می‌شود.

امروزه شبکه‌های عصبی یکی از ابزارهای مهم پیش بینی کسب و کار و مدیریت است. شبکه‌های عصبی ویژگی‌های مطلوب زیادی دارند به گونه ای که برای استفاده در مسائل پیش بینی کاملا مناسب هستند. در این مقاله ضمن بررسی اجمالی کاربرد شبکه‌های عصبی در مسائل پیش بینی، به مطالعه و پیش بینی تولیدات، واردات و ارزش ارزی واردات صنعت چوب ایران پرداخته شد. وجود روابط کاملا غیر خطی میان داده ها مشخصه اصلی این مطالعه بود. به همین دلیل برآورد مدل حاکم بر این داده ها و در نتیجه پیش بینی آنها با استفاده از روشهای معمول خطی و غیر خطی و نرم افزارهای آماری متداول نظیر SPSS ناکارآمد و غیر اثربخش می‌نمود. بدین منظور پس از استخراج مدلهای حاکم بر داده ها با استفاده از نرم افزار MATLAB، نتایج حاصل از به‌کارگیری این مدلها با نتایج به‌دست آمده از یک شبکه عصبی پیش خورد بر اساس شاخص آماری MAPE مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که شبکه عصبی در هر سه مطالعه صورت گرفته موفقیت چشم گیری نسبت به مدل‌های به‌دست آمده از نرم افزار MATLAB دارد. البته باید گفت که هیچ روشی به تنهایی برای همه مسائل مفید و مناسب نیست و در اغلب موارد استفاده ترکیبی از روش‌های مختلف نتایج بهتری به دست می‌دهد. شبکه عصبی به عنوان یکی از پر کاربردترین این روشها توانایی ترکیب با روش‌های دیگر از جمله الگوریتم‌های ژنتیک را نیز دارد.

منابع

1. Azoff, E. M. **Neural Network Time Series Forecasting of Financial Markets**. Chichester, UK:John Wiley & Sons. (1994).
2. Bishop, M. **Neural Networks for Pattern Recognition**. Oxford, UK: Oxford University Press. (1995).
3. Chatfield, C. **The future of time-series forecasting**. International Journal of Forecasting, *4*, 411–419. (1988).
4. De Gooijer, J. G., & Hyndman, R. J. **25 years of time series forecasting.** International Journal of Forecasting, 22, 443–473. (2006).
5. Dougherty, M. **A review of neural networks applied to transport**. Transportation Research, Part C, 3(4), 247-260. (1995).
6. Fadlalla, A. & Lin, C.-H. **An analysis of the applications of neural networks in finance**. Interfaces, 31(4), 112-122.(2001).
7. FAO. (2009).FAOSTAT: ForeSTAT. http://www.faostat.fao.org/ Accessed on April 2009).
8. Ghiassi .M , Nangoy. S. **A dynamic artificial neural network model for forecasting nonlinear processes**. Computers & Industrial Engineering. 76(5), 302–316. (2009)
9. Hoptroff, R. G. **The principles and practice of time series forecasting and business modeling using neural networks**. Neural Computing and Applications, *1*, 59-66. (1993).
10. Hwang, H. B. **Insights into neural network forecasting of time series corresponding to ARMA (p,q) structures**. Omega, *29*, 273-289. (2001).
11. Khotanzad, A., Afkhami-Rohani, R., Lu, T. L., Abaye, A., Davis, M., &Maratukulam, D. J. ANNSTLF — **A neural-network-based electric load forecasting system**. IEEE Transactions on Neural Networks,8(4), 835-846. (1997).
12. Lennon, B., Montague, G. A., Frith, A. M., Gent, C., & Bevan,V. **Industrial applications of neural networks — An investigation**. Journal of Process Control, 11, 497-507. (2001).
13. Maier, H. R. & Dandy, G. C. **Neural networks for the prediction and forecasting of water resource variables**: A review of modeling issues and applications. Environmental Modeling and Software, 15, 101-124. (2000).
14. Makridakis, S., Anderson, A., Carbone, R., Fildes, R., Hibdon, M.,Lewandowski, R., Newton, J.,Parzen, E., & Winkler, R. **The accuracy of extrapolation (time series) methods: Results of a forecasting competition**. Journal of Forecasting, 1(2), 111-153. (1982).
15. Medeiros, M. C. & Pedreira, C. E. **What are the effects of forecasting linear time series with neural networks?** Engineering Intelligent Systems,4, 237-424. (2001).
16. Ord, J. K. **Future developments in forecasting: The time series connexion**. International Journal of Forecasting, 4, 389–401. (1988).
17. Smith, M. **Neural Networks for Statistical Modeling**. New York:Van Nostrand Reinhold. (1993).
18. Zhang, G. P. **Neural Networks in Business Forecasting**. British

Cataloguing in Publication Data,4-13. (2003).
19. Zhang, G. P. **An investigation of neural networks for linear time-series forecasting**. Computers & Operations Research, 28, 1183-1202. (2001).
20. Zhang, G. P. & Hu, M. Y. **Neural network forecasting of the British Pound/US dollar exchange rate**. Omega, 26(4), 495-506. (1998).

پیوست شماره۱: رابطه ریاضی مدل مربوط به میزان تولید صنعت چوب ایران

```
General model Sin8:
  ans(x) =
              a1*sin(b1*x+c1) + a2*sin(b2*x+c2) + a3*sin(b3*x+c3) +
              a4*sin(b4*x+c4) + a5*sin(b5*x+c5) + a6*sin(b6*x+c6) +
              a7*sin(b7*x+c7) + a8*sin(b8*x+c8)
Coefficients (with 95% confidence bounds):
  a1 =  1.533e+007  (-2.547e+013, 2.547e+013)
  b1 =     0.08727  (-8.843e+004, 8.843e+004)
  c1 =       -1.18  (-1.754e+008, 1.754e+008)
  a2 =  5.285e+006  (-2.501e+013, 2.501e+013)
  b2 =      0.1745  (-2.425e+005, 2.425e+005)
  c2 =      -1.338  (-4.804e+008, 4.804e+008)
  a3 =  1.945e+006  (-1.167e+012, 1.167e+012)
  b3 =      0.3491  (-3.077e+004, 3.077e+004)
  c3 =       1.139  (-6.134e+007, 6.134e+007)
  a4 =  1.112e+006  (-1.773e+011, 1.773e+011)
  b4 =      0.5236  (-1.974e+004, 1.974e+004)
  c4 =      -0.684  (-3.913e+007, 3.913e+007)
  a5 =  6.175e+005  (-3.544e+008, 3.556e+008)
  b5 =       1.222  (-29.94, 32.38)
  c5 =     0.05234  (-6.165e+004, 6.165e+004)
  a6 =  5.041e+005  (-1.852e+010, 1.852e+010)
  b6 =      0.8727  (-3394, 3395)
  c6 =       3.038  (-6.719e+006, 6.719e+006)
  a7 =  5.314e+005  (-2.133e+010, 2.133e+010)
  b7 =      0.6981  (-5028, 5030)
  c7 =      -2.791  (-1.004e+007, 1.004e+007)
  a8 =  3.544e+005  (-6.398e+008, 6.405e+008)
  b8 =       1.047  (-108.7, 110.7)
  c8 =       2.004  (-2.121e+005, 2.121e+005)
```

پیوست شماره۲: رابطه ریاضی مدل مربوط به میزان تولید صنعت چوب ایران

```
General model Sin6:
  ans(x) =
              a1*sin(b1*x+c1) + a2*sin(b2*x+c2) + a3*sin(b3*x+c3) +
              a4*sin(b4*x+c4) + a5*sin(b5*x+c5) + a6*sin(b6*x+c6)
Coefficients (with 95% confidence bounds):
  a1 =  1.353e+006  (-4.945e+010, 4.946e+010)
  b1 =     0.08267  (-364.1, 364.3)
  c1 =     -0.3624  (-7.098e+005, 7.098e+005)
  a2 =  1.823e+005  (-9.397e+009, 9.397e+009)
  b2 =      0.3307  (-8064, 8065)
  c2 =      -2.579  (-1.599e+007, 1.599e+007)
  a3 =  1.296e+006  (-2.528e+010, 2.528e+010)
  b3 =      0.1653  (-2997, 2997)
  c3 =       1.764  (-5.944e+006, 5.944e+006)
  a4 =  1.322e+005  (-8.735e+008, 8.738e+008)
  b4 =      0.6614  (-445.6, 446.9)
  c4 =      0.7657  (-8.871e+005, 8.871e+005)
  a5 =  2.219e+005  (-3.869e+009, 3.869e+009)
  b5 =       0.496  (-1882, 1883)
  c5 =     -0.7172  (-3.736e+006, 3.736e+006)
  a6 =  1.114e+005  (-6.537e+007, 6.559e+007)
  b6 =      0.8267  (-25.55, 27.2)
  c6 =       1.698  (-5.248e+004, 5.249e+004)
```

پیوست شماره۳: رابطه ریاضی مدل مربوط به ارزش ارزی واردات محصولات چوبی ایران

```
General model Gauss7:
  ans(x) =
          a1*exp(-((x-b1)/c1)^2) + a2*exp(-((x-b2)/c2)^2) +
          a3*exp(-((x-b3)/c3)^2) + a4*exp(-((x-b4)/c4)^2) +
          a5*exp(-((x-b5)/c5)^2) + a6*exp(-((x-b6)/c6)^2) +
          a7*exp(-((x-b7)/c7)^2)
Coefficients (with 95% confidence bounds):
  a1 =  1.008e+006  (-7.992e+008, 8.012e+008)
  b1 =        1990  (865.4, 3114)
  c1 =      0.5651  (-794.2, 795.3)
  a2 =   7.15e+005  (4.195e+005, 1.01e+006)
  b2 =        1996  (1996, 1996)
  c2 =      0.8204  (0.4672, 1.174)
  a3 =  6.517e+005  (4.366e+004, 1.26e+006)
  b3 =        2001  (2000, 2001)
  c3 =       2.186  (0.5095, 3.863)
  a4 =  4.865e+005  (-1.12e+006, 2.093e+006)
  b4 =        2010  (1901, 2118)
  c4 =          29  (-25.8, 83.8)
  a5 =  2.872e+006  (-5.085e+010, 5.086e+010)
  b5 =        1991  (1700, 2282)
  c5 =      0.4026  (-2310, 2311)
  a6 =  5.926e+005  (4.293e+005, 7.559e+005)
  b6 =        1978  (1978, 1979)
  c6 =       2.854  (1.779, 3.929)
  a7 =  1.969e+004  (-1.508e+005, 1.902e+005)
  b7 =        1971  (1960, 1982)
  c7 =       1.599  (-15.26, 18.45)
```