مجلهٔ تحقیقات اقتصادی / دوره‌ی ۴۷، شماره‌ی ۴، سال ۹۱ / صفحات ۱۵۴ - ۱۳۷

کاربرد تلفیقی مدل‌های داده - ستانده و شبکه‌ی عصبی در پیش‌بینی تولید کل و تقاضای نهایی

عبدالرسول قاسمی

استادیار دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی ghasemieco@gmail.com

علی اصغر بانویی

دانشیار دانشکده‌ی اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی banouei7@yahoo.com

فاطمه آقائی*

کارشناسی ارشد دانشکده اقتصاد دانشگاه علامه طباطبایی ftm.aghaee@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۳

چکیده

پیش‌بینی متغیرها یکی از وظایف اصلی و مهم علوم مختلف از جمله اقتصاد می‌باشد. به‌طور کلی پیش‌بینی‌ها می‌توانند در ارتباط با انجام بخشی از سیاست‌ها کاربردهای مفید و مؤثری را به نمایش گذارند. در این مطالعه به طور مشخص از مدل تلفیقی داده ستانده و شبکه‌ی عصبی در پیش‌بینی تقاضای نهایی و تولید کل استفاده و با نتایج حاصل از کاربرد مدل داده ستانده مقایسه شده است.

ابتدا با استفاده از میانگین نرخ رشد تقاضای نهایی طی سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۵ به برآورد تقاضای نهایی پرداخته و سپس تولید کل با استفاده از روش داده ستانده پیش‌بینی شده است. در گام بعدی دو شبکه‌ی عصبی پیش خور تعمیم یافته به ترتیب با یک و سه لایه‌ی پنهان و توابع فعال سازی Axon در نظر گرفته شده‌اند. متغیر خروجی شبکه‌ی اول، تقاضای نهایی سال ۱۳۸۰ و متغیر خروجی شبکه‌ی دوم، تولید کل سال ۱۳۸۰ می‌باشد.

استفاده از معیارهای MSE، RMSE، MAD، MAPE و U-Thail در مقایسه‌ی دو مدل نشان می‌دهد که مدل تلفیقی داده ستانده و شبکه‌ی عصبی نسبت به مدل داده ستانده در پیش‌بینی تولید کل از دقت بیش‌تری برخوردار است.

طبقه‌بندی JEL: C53, D57, C54

کلید واژه: داده- ستانده، شبکه‌ی عصبی، پیش‌بینی، پیش خور تعمیم یافته

---

* - نویسنده‌ی مسئول

۱- مقدمه

پیش‌بینی اتفاقات آینده در عرصه‌ی پویای اقتصاد و یا بازار سرمایه، همواره یکی از مهم‌ترین مسائل مورد بحث در میان اقتصاددانان طی دهه‌های اخیر بوده است. روش‌های کلاسیک مورد استفاده‌ی اقتصاددانان مانند رگرسیون گرچه توفیقات ضمنی در این زمینه داشته است، اما نتایج آن نتوانسته است پژوهشگران را در تمام عرصه‌ها راضی کند، بنابراین تلاش برای دستیابی به مدل‌های دقیق‌تر و بهتر هم‌چنان ادامه داشته و دارد. پیدایش شبکه‌های عصبی مصنوعی که توان منحصر به فردی در تحلیل اطلاعات یک سیستم را دارد، منجر به گرایش متخصصان این عرصه به سمت تحلیل و پردازش سیستم‌های مرتبط با سایر رشته‌های علمی از جمله سیستم‌های اقتصادی شده است.

تاکنون در کشورهای مختلف از رویکرد شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی متغیرهای کلان اقتصادی استفاده شده است. ولی استفاده از تلفیق شبکه‌های عصبی و تکنیک داده ستانده جهت پیش‌بینی متغیرهای کلان اقتصادی در ایران اولین گام در این راستا می‌باشد.

۲- بیان مسئله و ضرورت انجام تحقیق

تحلیل داده ستانده‌ی لئون تیف[1]، یکی از ابزارهای کلاسیکی برای توصیف سیستم‌های اقتصادی می‌باشد. تحلیل داده ستانده‌ی ابتدایی یک مدل ایستا بوده، که به مدل داده ستانده‌ی پویا گسترش داده شده است. مدل‌های داده ستانده دارای کاربردهای گوناگونی هستند. یکی از این کاربردها، پیش‌بینی تولید بخشی ناشی از تخمین تقاضای نهایی است. اما به کارگیری این نوع الگوها دارای معایبی می‌باشد که اهم آن‌ها عبارتند از:

۱- فرض رابطه‌ی خطی ثابت بین نهاده و تولید برای هر بخش تولیدی فرض درستی نمی‌باشد. بنابراین در تحلیل داده ستانده‌ی متداول، ماتریس ضرایب نهاده‌ی خطی که بر اساس آمار سال پیش محاسبه شده است، به شکل غیرقابل قبولی برای سال جاری همراه با خطا خواهد بود.

۲- تمام مدل‌های تحلیل داده ستانده‌ی متداول فرض می‌کنند که تقاضاهای نهایی (متغیرهای برون‌زا) از پیش داده شده هستند. به عبارت دیگر تخمین اجزای

1- Leontief.

تقاضاهای نهایی باید به وسیله‌ی مدل پیش‌بینی مستقل از تحلیل داده ستانده (مانند مدل‌های اقتصاد سنجی) به‌دست آید. در حقیقت دقت تخمین تقاضای نهایی به شکل قابل توجهی بر کیفیت نتایج تحلیل داده ستانده اثر می‌گذارد. از این رو تحلیل‌های اقتصادی تمایل دارند که از یک مدل مستقل برای توضیح رابطه‌ی کل بین تقاضا و تولید (یعنی وابستگی تقاضای نهایی به تولیدات بخش‌های تولیدی در دوره‌ی قبل) در یک سیستم اقتصادی غیر خطی استفاده کنند.

روش شبکه‌ی عصبی مزیت‌های بیش‌تری نسبت به مدل‌های ریاضی سنتی شامل غیرخطی بودن و انطباق[1] دارد. شبکه‌های عصبی می‌توانند در ایجاد مدل‌های واقعی‌تر از طریق توصیف کردن و فرموله کردن روابط غیرخطی کمک کرده و ویژگی‌های مدل را گسترش دهند.

مزیت اصلی شبکه‌ی عصبی در طرح ریزی داده ستانده اینست که به معیار فرم تابع، برای مشخص کردن روابط نیاز ندارد. در حقیقت فرم‌های انعطاف‌پذیر آن سبب می‌شوند که نیازی به تحمیل فرم تابعی بر داده‌ها نباشد. شبکه‌های عصبی می‌توانند تخمین، پیش‌بینی و پیش‌گویی متغیرهای اقتصادی را با کم‌ترین فروض در مورد روابط بین متغیرها و داده‌ها انجام دهند، بنابراین زمانی که این روابط ناشناخته و غیرخطی هستند، شبکه‌های عصبی ابزار مهمی محسوب می‌شوند. پس شبکه‌های عصبی معمولاً زمانی در اقتصاد به کار برده می‌شوند که تئوری‌ها، اطلاعات لازم در مورد فرم تابع مورد استفاده در مدل‌سازی داده‌ها را تأمین نکنند.

اهمیت این مزیت از طریق افزایش تعداد داده‌ها و ستانده (تولید) بیان می‌شود. هرچه یک‌پارچگی و هم‌بستگی بازارها افزایش یافته و فعالیت‌های اقتصادی پیچیده‌تر شود، حجم و پیچیدگی داده‌ها نیز افزایش می‌یابد. قابلیت شبکه‌ی عصبی در کار با تعداد فراوانی داده در صورت وجود غیرخطی بودن به طور حتم مزایای فراوانی را برای مدل‌سازان اقتصاد به همراه دارد.

بنابراین در صورت وجود عوامل غیرخطی در تصمیم‌گیری یا سایر مزایای شبکه‌ی عصبی که در کاربرد آن مهم هستند، شبکه‌ی عصبی می‌تواند ابزار بسیار ارزشمندی محسوب شود.

یکی از موارد کاربرد این پیش‌بینی‌ها در روزآمد کردن جداول داده ستانده است. تهیه جداول داده ستانده بر اساس آمار و اطلاعات کامل، نیازمند صرف زمان و هزینه‌ی

1- Adaptiveness.

زیادی است. به همین دلیل و به علت محدودیت مالی برای تهیه‌ی چنین جداولی، فاصله‌ی زمانی مناسب جهت تهیه‌ی این جداول در کشورهای در حال توسعه بین ۵ تا ۱۰ سال می‌باشد. نگاهی به فاصله‌ی زمانی انتشار جداول داده ستانده چه در مرکز آمار ایران و چه در بانک مرکزی حاکی از وقفه‌ی زیاد و بعضاً نامتناسب انتشار این جداول است، از این‌رو استفاده از تکنیک‌های روزآمد کردن این جدول مانند روش RAS، می‌تواند گامی مهم و مؤثر در کاهش فاصله‌ی زمانی انتشار این جداول محسوب شود. با استفاده از این روش و با وجود جدول داده ستانده‌ی یک سال خاص در گذشته و در دسترس بودن اطلاعات تکمیلی برای سال هدف، می‌توان نسبت به روزآمد کردن جداول داده ستانده‌ی سال هدف، اقدام کرد. این اطلاعات تکمیلی عبارتند از: بردار تقاضای نهایی، بردار داده‌های اولیه، بردار واردات، بردار ستانده‌ها، بردار کل تقاضای واسطه و بردار کل مصرف واسطه.

از این‌رو پیش‌بینی این متغیرها امری اساسی در روزآمد کردن جداول داده ستانده محسوب می‌شود. با توجه به مطالب فوق هدف اصلی این تحقیق تلفیق روش‌های تحلیل داده ستانده‌ی لئون تیف و شبکه‌ی عصبی ضمن برخورداری از مزایای هر دو روش و برطرف معایب آن‌هاست.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از منابع موجود در بانک مرکزی و مرکز آمار ایران و جداول داده ستانده‌ی سال‌های ۸۵-۱۳۶۵ حاصل شده است.

۳- مروری بر ادبیات موضوع

در این زمینه مطالعه‌ای در داخل کشور انجام نگرفته است و تحقیق حاضر از اولین مطالعات در این زمینه می‌باشد.

شوآنگ وانگ[1] (۲۰۰۱)، در مقاله‌ای با عنوان "استفاده از روش شبکه‌ی عصبی در تحلیل داده ستانده‌ی سیستم‌های اقتصادی"، یک مدل شبکه‌ی عصبی پیشنهاد شده را برای مدل سازی روابط داده ستانده‌ی سیستم‌های اقتصادی در یک منطقه‌ی بزرگ اقتصادی در چین به کار برده است. وی از یک پنجره‌ی زمانی پنج ساله برای مدل‌سازی شبکه‌ی عصبی استفاده کرده است. لایه‌ی ورودی شبکه‌ی عصبی دارای (۱+۵۰) گره ورودی است. تعداد گره‌های خروجی نیز برابر (۱+۱۰۰) گره می‌باشد. وی داده‌های سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۹۰ را برای آموزش دو شبکه‌ی عصبی استفاده کرده است. بعد از

1- Shouhong Wang.

آموزش عمومی، فرآیند غلتان آموزش و پیش‌بینی Y_{t+1} برای تولید به کار گرفته شده‌اند.

در بررسی نتایج تحقیق ابتدا نسبت تقاضای پیش‌بینی شده به تقاضای واقعی با توجه به فرض خطی بودن محاسبه شده است. هم‌چنین نسبت تقاضای پیش‌بینی شده به تقاضای واقعی با توجه به تحلیل داده ستانده‌ی لئون تیف نیز به‌دست آمده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های شبکه‌ی عصبی می‌توانند در مدل‌سازی سیستم‌های اقتصادی غیرخطی بسیار کارا عمل کنند[1].

پاپاداس کریستوس و جرج‌هاچینسون[2] (۲۰۰۲)، در مطالعه‌ای با عنوان "پیش‌بینی تکنولوژی داده ستانده با استفاده از شبکه‌ی عصبی" به ساخت، ارائه و کاربرد شبکه‌ی عصبی پس انتشار خطا با هدف پیش‌بینی ضرایب تکنولوژی داده ستانده و سپس ضرایب فنی پرداخت‌هاند. هم‌چنین از روش RAS برای مجموعه مشابهی از جداول داده ستانده‌ی انگلستان استفاده و نتایج هر دو روش با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج نشان می‌دهد که شبکه‌ی عصبی پس انتشار خطا راه‌های جایگزین قابل قبولی را برای پیش‌بینی ضرایب تکنولوژی داده ستانده ارائه می‌کند و بسیاری از پیش‌بینی‌ها با استفاده از این روش دقیق‌تر عمل می‌کنند. به طور کلی هرچند روش RAS نسبت به روش شبکه‌ی عصبی پس انتشار خطا بهتر عمل می‌کند، اما تفاوت‌ها کم‌تر از آن هستند که سیستماتیک باشند و راه‌های بیش‌تری برای بهبود عملکرد شبکه‌ی عصبی پس انتشار خطا وجود دارد.

باهار سلیکول و اسپیرو استفانو[3] (۲۰۰۹)، این مطالعه با عنوان "کاربرد اقتصاد خرد شبکه‌ی عصبی با استفاده از نگاشت داده ستانده" برای بهینه‌سازی تولید ۸۲ سرمایه‌گذار- مالک عمده تسهیلات الکتریکی آمریکا در سال ۱۹۹۶ به کار رفته است. (سلیکول و استفانو، ۲۰۰۹، ۲۳-۱۷)

در این تحقیق از شبکه‌ی چندلایه‌ای پس خور با الگوریتم پس انتشار خطا استفاده شده است. شبکه‌ی طراحی شده دارای سه نرون ورودی است که به لایه‌ی پنهان با نه نرون متصل شده است. شبکه به ترتیب با استفاده از ۸۰ و ۲۰ درصد از داده‌ها آموزش و آزمون شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که شبکه‌ی پس‌خور رابطه‌ی تولید بین ورودی‌ها و خروجی‌ها را بهتر تخمین می‌زند و از کارایی بالایی در تخمین خارج از

1- Shouhong wang, 2001, 26.
2- T. Papadas Christos and W.George Hatchinson.
3- Bahar Celikol Erbas and Spiro Stefanou.

نمونه برخوردار است، لذا کاربرد این‌گونه می‌تواند تحلیل‌های اقتصاد خرد و مدل‌سازی به‌ویژه در زمینه‌ی سیاست‌گذاری را بهبود بخشد. (سلیکول و استفانو، ۲۰۰۹، ۲۳-۲۵)

۴- روش‌شناسی تحقیق

در این تحقیق از چهار جدول داده ستانده‌ی معیار به قیمت جاری شامل سه جدول داده ستانده‌ی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ مرکز آمار ایران و یک جدول برای سال ۱۳۷۵ حاصل شده از SAM که توسط بانویی و عسگری ارائه شده، استفاده شده است. انتخاب جداول پایه از سوی مرکز آمار ایران به دلیل تطابق مفاهیم آماری و همگونی بیش‌تر در داده‌های آن می‌باشد، زیرا با دقت و جامعیت بیش‌تری از نظر مبنا قرار گرفتن آن به آمار و اطلاعات سرشماری نفوس و مسکن تهیه شده است.

پس از این‌که جداول چهارگانه‌ی خالص کالا در کالای پایه مشخص شدند، با توجه به تفاوت‌هایی که در سطرها و ستون‌های آن وجود داشت، دقت کافی در هماهنگ‌سازی و همسان سازی آن جهت انجام تحلیل‌های اقتصادی به عمل آمد و در این خصوص با بررسی‌هایی که انجام گرفت، در مجموع چهار جدول بر اساس جداول فوق‌الذکر در ابعاد ۹×۹ تجمیع شدند.

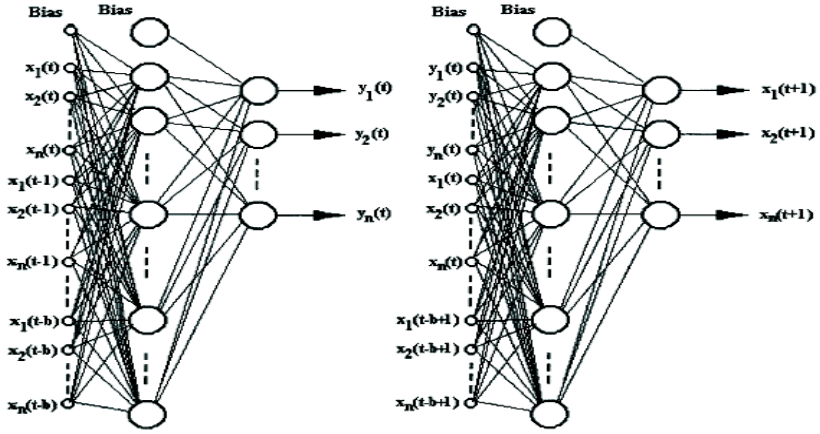
هم‌چنین از جداول داده ستانده بین سال‌های جداول معیار (بکایی، ۱۳۸۸) که با استفاده از روش RAS متعارف برآورد شده‌اند، استفاده شده است. با به کارگیری روش RAS متعارف، جداول سال ۱۳۶۶ الی ۱۳۶۹ بر پایه‌ی جدول سال ۱۳۶۵، جداول سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۴ بر پایه‌ی جدول ۱۳۷۰، جداول ۱۳۷۶ الی ۱۳۷۹ بر پایه‌ی جدول ۱۳۷۵ و جداول ۱۳۸۱ الی ۱۳۸۵ بر پایه‌ی جدول ۱۳۸۰ با استفاده از نرم افزار تخصصی IO7، IO and SAM و Excel تعدیل و در نهایت مجموعه‌ای از سری جداول بیست و یک گانه در دوره‌ی زمانی ۱۳۶۵ الی ۱۳۸۵ ارائه شده است.

از آن‌جایی که ارزش‌گذاری جداول داده ستانده‌ی مذکور بر حسب قیمت تولیدکننده می‌باشد، لذا جداول بیست و یک گانه با استفاده از شاخص‌های قیمت تولیدکننده (PPI) به طور ضمنی برای بخش‌های اقتصادی بنابر طبقه بندی ISIC, Rev5 معادل طبقه‌بندی CPC, Rev 1 در نظر گرفته شده و به قیمت ثابت سال ۱۳۷۵ تعدیل شده است.

۴-۱- معماری شبکه‌های عصبی در مدل‌های IO

در این بخش با طراحی دو مدل شبکه‌ی عصبی مصنوعی به پیش‌بینی تقاضای نهایی و تولید کل پرداخته می‌شود. هر یک از شبکه‌ها دارای سه لایه‌ی ورودی، پنهان و خروجی می‌باشند. این دو شبکه مدل‌های پیش خور تعمیم یافته‌ای (GFF)[1] هستند که از الگوریتم پس انتشار خطا جهت تخمین وزن‌های شبکه استفاده می‌کنند.

نرم افزار مورد استفاده جهت پیش‌بینی‌ها، نرم افزار Neuro solution می‌باشد. به‌منظور انجام مقایسه بین مدل‌های تلفیقی و داده ستانده از $\frac{۲}{۳}$ حجم نمونه برای آموزش و از $\frac{۱}{۳}$ باقیمانده برای بررسی دقت پیش‌بینی استفاده می‌شود. هم‌چنین انجام پیش‌بینی نیز به صورت پویا انجام گرفته است.



نمودار ۱- معماری شبکه‌ی عصبی در پیش‌بینی تولید و تقاضای نهایی

۴-۲- معماری شبکه‌ی عصبی اول برای پیش‌بینی تقاضای نهایی

در معماری شبکه‌ی اول از وقفه‌ی اول تا پنجم سری تولید کل[2] به عنوان ورودی شبکه و از تقاضای نهایی به عنوان خروجی استفاده شده است. این شبکه دارای شش

1- Generalized FeedForward.

۲- با استفاده از روش آزمون و خطا و به کارگیری وقفه‌های متفاوت، وقفه‌ی اول تا پنجم به عنوان بهترین نتیجه ممکن انتخاب شده است.

متغیر ورودی و ۱ متغیر خروجی است. ورودی اول، شامل داده‌های تولید کل با شش وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۴)، ورودی دوم شامل داده‌های تولید کل با پنج وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۶ الی ۱۳۷۵)، ورودی سوم شامل داده‌های تولید کل با چهار وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های۱۳۶۷ الی ۱۳۷۶)، ورودی چهارم شامل داده‌های تولید کل با سه وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۸ الی ۱۳۷۷)، ورودی پنجم شبکه شامل داده‌های تولید کل با دو وقفه (تولید کل طی بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۹ الی ۱۳۷۸)، ورودی ششم شبکه شامل داده‌های تولید کل با یک وقفه (تولید کل طی بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۷۹) و ورودی هفتم شامل داده‌های بدون وقفه‌ی تولید کل (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۸۰) می‌باشد. مقادیر تقاضای نهایی طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۹ نیز به عنوان خروجی مطلوب در نظر گرفته شده‌اند. تعداد واحدهای لایه‌ی میانی از طریق روش آزمون و خطا برابر با یک واحد تعیین شده است. نرخ شتاب یا حرکت ۰/۷ و میزان هر گام یا نرخ یادگیری ۱/۰ وزن ارتباطی بین لایه‌ی ورودی و لایه‌ی پنهان به دست آمده و نرخ حرکت ۰/۷ و نرخ یادگیری ۱/۰ وزن ارتباطی بین لایه‌ی پنهان و لایه‌ی خروجی حاصل شده است. معیار برای بهینه شدن وزن‌ها، حداقل شدن میانگین مربع خطاها (MSE) می‌باشد.

هم‌چنین در این شبکه تابع فعال سازی Axon برای لایه‌ی واحد میانی و لایه‌ی خروجی در نظر گرفته شده است. این تابع نگاشت یکسانی را بین ورودی و خروجی‌هایش ایجاد می‌کند.

$$F(x) = x_i \qquad (1)$$

پس از ساخت شبکه، ابتدا داده‌های انتخاب شده برای آموزش، با روش شبکه‌های پیش خور برای ۱۰۰۰ فرآیند تکرار، توسط الگوریتم آموزش داده می‌شود.

از آن‌جایی که جدول داده ستانده‌ی سال ۱۳۸۰ به عنوان مبنای تحلیل‌ها در این تحقیق قرار گرفته است، لذا پس از ساخت شبکه‌ی بهینه برای سال ۱۳۸۰ از این شبکه برای پیش‌بینی تقاضای نهایی در سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۷۹ استفاده می‌شود تا بتوان این مقادیر برآورد شده را برای پیش‌بینی تولید کل در شبکه‌ی دوم به کار برد.

۳-۴- معماری شبکه‌ی عصبی دوم برای پیش‌بینی تولید کل

در طراحی شبکه‌ی دوم، از تقاضای نهایی پیش‌بینی شده در شبکه‌ی قبل و وقفه‌ی اول تا پنجم[۱] تولید کل به عنوان ورودی شبکه و از سری تولید کل به عنوان خروجی مطلوب استفاده شده است. این شبکه شامل ۷ واحد ورودی و یک واحد خروجی می‌باشد. ورودی اول شامل داده‌های تولید کل با پنج وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۳)، ورودی دوم شامل داده‌های تولید کل با چهار وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۶ الی۱۳۷۴)، ورودی سوم شامل داده‌های تولید کل با سه وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۷ الی ۱۳۷۵)، ورودی چهارم شبکه شامل داده‌های تولید کل با دو وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۸ الی ۱۳۷۶)، ورودی پنجم شبکه شامل داده‌های تولید کل با یک وقفه (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۶۹ الی ۱۳۷۷)، ورودی ششم شامل داده‌های بدون وقفه‌ی تولید کل (تولید کل بخش‌های مختلف طی سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۷۸) و ورودی هفتم شامل داده‌های تقاضای نهایی طی سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۷۸ می‌باشد. هم‌چنین مقادیر تولید کل طی سال‌های ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۹ به عنوان خروجی مطلوب برای پیش‌بینی تولید کل در سال ۱۳۸۰ در نظر گرفته شده‌اند.

در این شبکه نیز تعداد واحدهای لایه‌ی میانی از طریق روش آزمون و خطا برابر با سه واحد به دست آمده است. تابع AXON به عنوان تابع لایه‌ی پنهان و لایه‌ی خروجی انتخاب شده است. این تابع نگاشت یکسانی را بین ورودی و خروجی‌هایش ایجاد می‌کند.

$$F(x) = x_i \qquad (۲)$$

در این شبکه‌ها یک رابطه‌ی جایگزینی میان اطلاعات و قدرت پیش‌بینی وجود دارد. چنان‌چه تعداد واحدهای ورودی در مدل افزایش یابد، قدرت پیش‌بینی کنندگی مدل نیز بالا می‌رود.

فرآیند آموزش این مدل تحلیلی داده ستانده به صورت غلتان و جایگزین می‌باشد. داده‌های تولید کل و تقاضای نهایی برای آموزش شبکه‌ی اول استفاده می‌شوند. از این شبکه می‌توان برای پیش‌بینی تقاضای نهایی در دوره‌ی زمانی t (y_t) استفاده کرد.

---

۱ - با استفاده از روش آزمون و خطا و به‌کارگیری وقفه‌های متفاوت، وقفه‌ی اول تا پنجم به عنوان بهترین نتیجه‌ی ممکن انتخاب شد.

داده‌های تولید کل و تقاضای نهایی در دوره‌ی t به همراه مقادیر تولید کل در سال‌های قبل برای آموزش شبکه‌ی دوم مورد استفاده قرار می‌گیرند. این شبکه‌ی x_{t+1} را پیش‌بینی می‌کند که می‌تواند برای پیش‌بینی y_{t+1} در شبکه‌ی اول نیز به کار برده شود. این فرآیند غلتان برای پیش‌بینی تولید کل و تقاضای نهایی ادامه می‌یابد. پس از ساخت شبکه، داده‌های انتخاب شده برای آموزش، با روش شبکه‌های پیش خور تعمیم یافته برای ۱۰۰۰ فرآیند تکرار، توسط الگوریتم آموزش داده می‌شود.

۵- تجزیه و تحلیل نتایج

۵-۱- مدل داده ستانده

الف- برآورد تقاضای نهایی

ابتدا با استفاده از جداول داده ستانده‌ی پایه‌ای، میانگین نرخ رشد تقاضای نهایی طی سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۹ به تفکیک بخش‌ها محاسبه می‌شود. نتایج این محاسبات در جدول زیر آمده است:

جدول ۱- میانیگن نرخ رشد تقاضای نهایی به تفکیک بخش‌ها

میانگین نرخ رشد	نرخ رشد دوره‌ی دوم (۱۳۷۰-۱۳۷۵)	نرخ رشد دوره‌ی اول (۱۳۶۵-۱۳۷۰)	بخش‌ها	
۰/۰۷۸۹۳۴	۰/۰۲۲۴۶۴	۰/۱۳۶۴۶	زراعت	سال ۱۳۸۰
۰/۰۲۲۲۹	-۰/۰۷۵۵۶	۰/۱۲۳۴۱۲	نفت و گاز	
-۱/۳۹۷۰۹	۰/۳۷۰۵۶۱	-۲/۲۳۷۷۲	سایرمعادن	
-۰/۰۶۳۶۳	۰/۱۶۰۷۵۱	-۰/۲۷۲۰۹	صنایع غذایی	
-۱/۰۱۶۲	-۱/۶۸۷۶۳	-۰/۰۰۱۲۶	محصولات غیرفلزی	
-۱/۰۶۵۹۵	۰/۰۱۶۰۷۷	-۱/۷۵۹۸	محصولات فلزی	
۰/۰۵۰۰۱۶	۰/۱۲۸۸۴۸	-۰/۰۲۶۸۳	تأمین آب و برق و گاز	
-۰/۰۲۹۳۱	۰/۰۶۹۸۲۱	-۰/۱۲۵۲۴	ساختمان	
۰/۰۶۰۲۱۶	۰/۰۸۵۷۹۶	۰/۰۳۴۸۴۸	خدمات	

ماخذ: نتایج تحقیق

با توجه به جدول فوق مشاهده می‌شود که تقاضای نهایی در دوره‌ی اول (سال‌های ۱۳۶۵ الی ۱۳۷۰) تنها در بخش‌های زراعت و باغداری، نفت و گاز و خدمات دارای نرخ رشد مثبت می‌باشد. در این دوره سایر بخش‌ها دارای نرخ رشد منفی هستند.

اما در دوره‌ی دوم (سال‌های ۱۳۷۰ الی ۱۳۷۵) تقاضای نهایی در بخش‌های زراعت و باغداری، سایر معادن، صنایع غذایی، محصولات فلزی، تأمین آب و برق و گاز، ساختمان و خدمات دارای نرخ رشد مثبت است. در این دوره تنها بخش‌های نفت و گاز و محصولات غیرفلزی نرخ رشد منفی دارند.

مشاهده می‌شود که نرخ رشد تقاضای نهایی در دوره‌های مختلف روند ثابتی را طی نمی‌کند و نمی‌توان یک رابطه‌ی خطی برای تغییرات آن در نظر گرفت. حال با استفاده از میانگین نرخ رشد به دست آمده به برآورد تقاضای نهایی برای سال ۱۳۸۰ پرداخته می‌شود.

جدول ۲- مقادیر تقاضای نهایی واقعی و برآورد شده توسط میانگین نرخ رشد

تقاضای نهایی واقعی	تقاضای نهایی برآورد شده	بخش‌ها	
۲۸۸۳۷	۲۴۱۴۳	زراعت	سال ۱۳۸۰
۲۹۹۰۴	۲۹۲۵۶	نفت و گاز	
-۵۰۵	-۲/۹۱	سایرمعادن	
۴۱۷۸۶	۳۳۵۹۱	صنایع غذایی	
۵۲۱۳		محصولات غیرفلزی	
۲۱۹۶۴	-۰/۰۰۴۲۳	محصولات فلزی	
۱۴۹۸	۲۸۵۹	تأمین آب و برق و گاز	
۳۸۲۶۰	۲۵۵۲۱	ساختمان	
۱۵۲۲۳۷	۱۸۲۴۴۳	خدمات	

ماخذ: نتایج تحقیق

ب- پیش‌بینی تولید کل

پس از برآورد تقاضای نهایی به پیش‌بینی تولید کل با استفاده از مدل داده ستانده پرداخته می‌شود.

طبق نظریه‌ی لئونتیف داریم:

$$\begin{aligned} &(1-a_{11})x_1 - a_{12}x_2 - \cdots - a_{1n}x_n = y_1 \\ &-a_{21}x_1 + (1-a_{22})x_2 - \cdots - a_{2n}x_n = y_2 \\ &\cdots \quad \cdots \quad \cdots \\ &-a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \cdots + (1-a_{nn})x_n = y_n \end{aligned} \qquad (۳)$$

که در آن:

x_i= تولید کل، y_i= تقاضای نهایی، a_{ij}= ضرایب فنی تولید = نسبت تولید بخش i که توسط بخش j جذب شده به تولید کل بخش j

راه حل عمومی معادلات تعادلی عبارت است از :

$$\begin{aligned} x_1 &= A_{11}y_1 + A_{12}y_2 + \cdots + A_{1n}y_n \\ x_2 &= A_{21}y_1 + A_{22}y_2 + \cdots + A_{2n}y_n \\ \cdots &\quad \cdots \quad \cdots \\ x_n &= A_{n1}y_1 + A_{n2}y_2 + \cdots + A_{nn}y_n \end{aligned} \qquad (۴)$$

که A_{ij}ها عناصر معکوس ماتریس زیر هستند:

$$\begin{matrix} (1-a_{11}) & -a_{12} & \cdots & -a_{1n} \\ -a_{21} & (1-a_{22}) & \cdots & -a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \cdots & (1-a_{nn}) \end{matrix} \qquad (۵)$$

با استفاده از مدل فوق و در دست داشتن مقادیر تقاضای نهایی برآورد شده، تولید کل سال ۱۳۸۰ تخمین زده می‌شود. مقادیر به دست آمده توسط مدل داده ستانده در جدول زیر آورده شده است:

جدول ۳- مقادیر تولید کل واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل داده ستانده

	بخش‌ها	تولیدکل پیش‌بینی شده	تولیدکل واقعی
سال ۱۳۸۰	زراعت	۵۲۴۵۸	۶۳۱۴۷
	نفت و گاز	۳۱۸۷۲	۳۳۶۰۲
	سایرمعادن	۱۶۰۲	۲۹۸۸
	صنایع غذایی	۴۵۲۳۱	۵۵۱۲۰
	محصولات غیرفلزی	۲۶۸۷۶	۳۸۷۸۵
	محصولات فلزی	۱۹۷۷۰	۶۲۵۸۸
	تأمین آب و برق و گاز	۸۹۶۶	۸۸۲۷
	ساختمان	۳۱۱۴۴	۴۴۴۱۳
	خدمات	۲۳۴۸۳۹	۲۱۶۴۵۶

ماخذ: نتایج تحقیق

۲-۵- مدل تلفیقی داده ستانده و شبکه‌ی عصبی

در این مرحله با استفاده از شبکه‌های عصبی طراحی شده، به پیش‌بینی تقاضای نهایی و تولیدکل پرداخته می‌شود.

الف- پیش‌بینی تقاضای نهایی

با استفاده از شبکه‌ی اول، تقاضای نهایی برای سال ۱۳۸۰ پیش‌بینی می‌شود. نتایج این شبکه در جدول زیر آورده شده است:

جدول ۴- مقادیر تقاضای نهایی واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل تلفیقی

	بخش‌ها	تقاضای نهایی پیش‌بینی شده	تقاضای نهایی واقعی
سال ۱۳۸۰	زراعت	۶۷۹۱۸	۲۸۸۳۷
	نفت و گاز	۳۹۵۶۰	۲۹۹۰۴
	سایرمعادن	-۷۹۳۷	-۵۰۵
	صنایع غذایی	۵۱۹۱۱	۴۱۷۸۶
	محصولات غیرفلزی	۲۵۲۸۳	۵۲۱۳
	محصولات فلزی	۳۲۹۶۱	۲۱۹۶۴
	تأمین آب و برق و گاز	-۲۲۰۰	۱۴۹۸
	ساختمان	۳۴۶۱۸	۳۸۲۶۰
	خدمات	۱۹۲۶۶۷	۱۵۲۲۳۷

ماخذ: نتایج تحقیق

ب- پیش‌بینی تولید کل

پس از تخمین تقاضای نهایی به پیش‌بینی تولید کل پرداخته می‌شود. در پیش‌بینی تولید کل با استفاده از مدل تلفیقی از دو رویکرد استفاده شده است.

ب-۱) رویکرد اول: در این رویکرد از مقادیر تقاضای نهایی پیش‌بینی شده با استفاده از شبکه‌ی عصبی اول، در پیش‌بینی تولید کل استفاده شده است، لذا با استفاده از شبکه‌ی دوم و نتایج شبکه‌ی اول برای تقاضای نهایی، تولید کل پیش‌بینی می‌شود. نتایج شبکه‌ی دوم به صورت جدول ۵ می‌باشد:

جدول ۵- مقادیر تولید کل واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل تلفیقی- رویکرد اول

تولیدکل واقعی	تولیدکل پیش‌بینی شده	بخش‌ها	
۶۳۱۴۷	۸۶۹۰۲	زراعت	سال ۱۳۸۰
۳۳۶۰۲	۵۵۲۱۷	نفت و گاز	
۲۹۸۸	۲۶۴۲	سایرمعادن	
۵۵۱۲۰	۶۹۳۹۰	صنایع غذایی	
۳۸۷۸۵	۴۰۰۲۲	محصولات غیرفلزی	
۶۲۵۸۸	۴۸۶۹۴	محصولات فلزی	
۸۸۲۷	۹۰۹۶	تأمین آب و برق و گاز	
۴۴۴۱۳	۵۰۴۹۱	ساختمان	
۲۱۶۴۵۶	۲۲۷۵۴۹	خدمات	

ماخذ: نتایج تحقیق

ب-۲) رویکرد دوم: در این رویکرد از مقادیر تقاضای نهایی تخمین زده شده با استفاده از میانگین نرخ رشد دو دوره، در پیش‌بینی تولید کل استفاده شده است.

جدول ۶- مقادیر تولید کل واقعی و پیش‌بینی شده توسط مدل تلفیقی- رویکرد دوم

تولیدکل واقعی	تولیدکل پیش‌بینی شده	بخش‌ها	
۶۳۱۴۷	۹۰۴۷۸	زراعت	سال ۱۳۸۰
۳۳۶۰۲	۵۵۴۲۱	نفت و گاز	
۲۹۸۸	۱۷۸۰	سایرمعادن	
۵۵۱۲۰	۶۹۷۱۶	صنایع غذایی	
۳۸۷۸۵	۴۲۰۹۶	محصولات غیرفلزی	
۶۲۵۸۸	۵۱۴۸۳	محصولات فلزی	
۸۸۲۷	۸۴۷۸	تأمین آب و برق و گاز	
۴۴۴۱۳	۵۰۵۲۹	ساختمان	
۲۱۶۴۵۶	۲۲۷۳۵۶	خدمات	

ماخذ: نتایج تحقیق

۵-۳- آزمون قدرت پیش‌بینی رویکرد داده ستانده و تلفیقی

پس از آموزش مدل توسط شبکه، نتایج با استفاده از معیارهای زیر آزمون می‌شود. در ادامه، نتایج آزمون قدرت پیش‌بینی کنندگی مدل تلفیقی با مدل داده ستانده در برآورد تولید کل تطبیق داده خواهد شد.

۵-۴- معیارهای قدرت پیش‌بینی مدل‌ها

معیار میانگین مربع خطا (MSE) و ریشه‌ی میانگین مربع خطا (RMSE)[1]

$$MSE = \frac{\sum_{t=0}^{n}(\hat{y}_t - y_t)^2}{n} \quad (۶)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=0}^{n}(\hat{y}_t - y_t)^2}{n}} \quad (۷)$$

معیار میانگین قدرمطلق انحراف (MAD)[2] و میانگین قدرمطلق درصد خطا (MAPE)[3]

$$MAD = \frac{\sum_{t=0}^{n}|\hat{y}_t - y_t|}{n} \quad (۸)$$

$$MAPE = \left|\frac{\frac{\sum_{t=0}^{n}(\hat{y}_t - y_t)}{y_t}}{n}\right| \quad (۹)$$

معیارهای فوق تفاوت ویژه‌ای با یکدیگر ندارند. در معیارهای گروه اول برای از بین بردن مشکل خنثی کردن جملات مثبت و منفی، از ابزار مجذور خطاها و در معیارهای گروه دوم، از ابزار قدرمطلق استفاده می‌شود.

آماره‌ی U تایل[4]

$$U = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_t - y_t)^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n} y_t^2}{n}}} \quad (۱۰)$$

این آماره، یک معیار اندازه‌گیری بر اساس RMSE است. هر اندازه آماره‌ی U به صفر نزدیک‌تر باشد، عملکرد مدل پیش‌بینی بهتر است. معمولاً ارزش‌های کوچک‌تر از

1- Root Mean Squared Error (RMSE).
2- Mean Absolute Deviation (MAD).
3- Mean Absolute Percentage Error (MAPE).
4 -U Thail.

۰/۵۵ مورد قبول‌اند. مدل‌هایی که آماره‌ی آن‌ها بزرگ‌تر از یک باشد رد می‌شوند، زیرا در این حالت پیش‌بینی مدل از یک مدل ابتدایی نیز بدتر بوده است.

۵-۵- مقایسه‌ی دقت دو مدل در پیش‌بینی تولید کل

نتایج حاصل از کاربرد معیارهای فوق و مقایسه‌ی آن در رویکردهای مختلف در جدول زیر منعکس شده است:

جدول ۷- مقایسه دقت مدل داده ستانده و تلفیقی در پیش‌بینی تولید کل

رویکرد	MSE	RMSE	MAD	MAPE	U-Thail
مدل تلفیقی- رویکرد اول	۱۷۶۶۶۰۳۶۱	۱۳۲۹۱/۳۶	۱۰۲۸۴/۱۶	۰/۲۰۷	۰/۱۵۹
مدل تلفیقی- رویکرد دوم	۱۹۲۰۱۹۳۲۵	۱۳۸۵۷/۱۰	۱۰۷۴۸/۳۴	۰/۲۴۹	۰/۱۶۶
مدل داده ستانده	۳۰۰۶۸۷۴۱۳	۱۷۳۴۰/۳۴	۱۲۲۴۵/۷۸	۰/۲۵	۰/۲۰۸

ماخذ: نتایج تحقیق

همان‌طور که مشاهده می‌شود در پیش‌بینی تولید کل براساس تمامی معیارها، مدل تلفیقی در هر دو رویکرد برتر از مدل داده ستانده می‌باشد.

۶- نتیجه گیری

کاربرد معیارهای MSE، RMSE، MAD، MAPEو U- Thail در ارزیابی قدرت پیش‌بینی مدل‌های پیش‌بینی نشان دهنده‌ی برتری مدل‌های ترکیبی نسبت به رویکرد داده ستانده می‌باشد.

۷- پیشنهادها

با توجه به آن‌که بخش مهمی از ادبیات تحلیل‌های داده ستانده به توسعه و کاربرد روش‌های پیش‌بینی و بروز رسانی اختصاص دارد و نتایج این برآوردها مبنای برنامه‌ریزی در مدل‌های کلان اقتصادی می‌باشد و با توجه به نتایج تحقیق، توصیه می‌شود تا قبل از کاربرد نتایج، کارامدی پیش‌بینی‌ها با مدل‌های مختلف آزموده شود.

هم‌چنین روزآمد کردن جداول داده ستانده در فواصل زمانی تهیه‌ی جداول، از دیگر فعالیت‌های محققان بانک مرکزی و مرکز آمار ایران است. هرچند در حال حاضر

مهم‌ترین روش مورد استفاده، تکنیک RAS می‌باشد، پیشنهاد می‌شود به استفاده از روش‌های جدید نظیر شبکه‌های عصبی مصنوعی در روزآمد کردن جداول نیز توجه شود.

فهرست منابع

۱- انوار، سید حسام الدین .۱۳۸۱. پیش‌بینی نرخ ارز با استفاده از شبکه‌های عصبی . پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، به راهنمایی دکتر محمدرضا امین ناصری.

۲- جلالی، محمد. ۱۳۸۶. محاسبه ی تولید ناخالص داخلی به روش تولید با استفاده از الگوی داده - ستانده (مورد: داده‌های مرکز آمار ایران)"، پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد، دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبائی، به راهنمایی دکتر اسفندیار جهانگرد.

۳- جهانگرد، اسفندیار. ۱۳۷۵. تجزیه و تحلیل ساختار اقتصاد ایران براساس جدول داده ستانده به قیمت ثابت ۱۳۵۳ (دوره‌ی ۶۷-۱۳۴۸). پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، به راهنمایی دکتر علی اصغر بانویی.

۴- قدیمی، محمدرضا. ۱۳۸۱. پیش‌بینی رشد تولید ناخالص داخلی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم ژنتیک. پایان نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، به راهنمایی دکتر سعید مشیری.

۵- ناظم بکایی، محسن . ۱۳۸۸. تبیین ساختار اقتصاد ایران با استفاده از الگوی اینفوروم. پایان نامه‌ی دکتری، دانشکده‌ی اقتصاد، دانشگاه علامه طباطبایی، به راهنمایی دکتر علی اصغر بانویی.

6- Alain Ntumba Kabundi. 2002. Macroeconomic Forecasting: A Comparison between Artificial Neural Network and Econometric models. Dissertation for the degree of Master of Commerce, Rand Afrikaans University, Faculty of Economic and Management Science.

7- Celikkol Erbas, Bahar, E.Stefanou, Spiro . 2009. An Application of Neural Networks in Microeconomics: Input – Output Mapping in a Power Generation Subsector of The US ,Electricity Industry", Expert Systems with Applications 36, p: 2317–2326.

8- Chen, Jianhua. 2005. Neural Network Application in Agricultural Economics", A Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, University of Kentucky, college of Agriculture.

9- CHRISTOS T. PAPADAS, and W. GEORGE HUTCHINSON, Neural Network Forecast of Input- Output Technology. Applied Economics, 2002, p:1607-1615.

10- E. Kutsurelis, Jason. 1998. Forecasting Financial Markets Using Neural Networks: An Analysis of Methods And Accuracy. Thesis oF Master Of Science, Naval Academy.

11- Freeman, Daniel, and Felsenstein, Daniel. 2007. Forecasting Regional Investment in The Hotel Industry: An Input Output Approach", Special Section: Tourism and Regional Science JRAP 37(3), p: 243-256.

12- Wang, Shouhong. 2001. The Neural Network Approach To Input – Output Analysis for Economic Systems. Neural computing and Applications10, p:22-28.