Forecasting Model for Annual Drug Demand in Iran

Nafiseh Davodi*[1], Sadigh Raissi[2]

Abstract

Introduction: The analysis of the sale and use of drugs plays an important role in meeting the country's drug demands in different therapeutic groups. In the meantime, the most important challenge is the conventional and empirical methods of predicting drug demand in the pharmaceutical industry. The current study aimed to examine the efficiency of the two proposed methods of Artificial Neural Network and Curve Fitting in comparison with the current conventional method, i.e., the Compound Annual Growth Rate model.

Methods: Pharmaceutical sales data (from March 20, 2000 to March 19, 2017) were aggregated and necessary treatments were applied. In the next step, the three aforementioned forecasting methods were used, and their efficiencies were compared by using the root mean square error.

Results: About 200 generic drugs were studied and 17 major therapeutic groups were identified. The sale prices for two years (from March 21, 2018 to March 19, 2020) were predicted. The calculated annual sales error for the artificial neural network and curve fitting from March 20, 2000 to March 19, 2017 was reported to be less than 7 percent for 11 years (of 13 years computed with Neural Network method) and 15 years (of 17 years computed with Curve Fitting method), respectively.

Conclusion: The Neural Network and Curve Fitting methods outperform the conventional Compound Annual Growth Rate model and in the case of low experimental data for drug sales, the Curve Fitting model acts more efficiently but with more input data, the Neural Network method acts more efficiently than the other two methods.

Keywords: Drug Demand Forecasting, Curve Fitting, Artificial Neural Network, Compound Annual Growth Rate Model, Price of Consumable Drugs

● **Received:** 19/June/2019 ● **Modified:** 06/Sep/2019 ● **Accepted:** 19/Sep/2019

1. MSc graduated in Industrial Engineering, school of Industrial Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran; Corresponding Author, nafisehdavodi@gmail.com

2. Associate Professor, school of Industrial Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran, raissi@azad.ac.ir

الگوی پیش‌بینی تقاضای سالانه داروی مصرفی ایران

نفیسه داودی*[۱]، صدیق رئیسی[۲]

چکیده

مقدمه: تحلیل مقدار فروش داروهای مصرفی کشور نقش مهمی در تأمین تقاضای داروی کشور در گروه‌های درمانی مختلف دارد. دراین‌بین مهم‌ترین چالش فرارو، روش‌های متداول و تجربی پیش‌بینی صنعت دارو است. هدف پژوهش حاضر بررسی کارایی دو روش پیشنهادی شبکه عصبی مصنوعی و برازش منحنی در مقایسه با روش متداول نرخ رشد مرکب است.

روش ها: پس از تجمیع داده‌های ۱۷ سال فروش محصولات دارویی (از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵) و اعمال اصلاحات لازم ازهر سه روش یاد شده جهت پیش‌بینی استفاده شد. سپس با شاخص متداول جذر میانگین مربعات خطاهای پیش‌بینی، کارایی سه روش مقایسه شده است.

یافته‌ها: پس از بررسی حدود ۲۲۰۰ محصول ژنریک دارویی و شناسایی ۱۷ گروه‌درمانی اصلی با استفاده از سه روش یادشده، فروش ریالی ۱۷ گروه‌درمانی برای سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ پیش‌بینی شد و درصد خطای فروش سالیانه محاسبه شده برای دو روش شبکه عصبی مصنوعی و برازش منحنی در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ به ترتیب برای ۱۱ سال (از ۱۳ سال محاسبه شده با روش شبکه عصبی) و ۱۵ سال (از ۱۷ سل محاسبه شده با روش برازش منحنی) کمتر از هفت درصد، گزارش شد.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد که به‌کارگیری روش شبکه عصبی و برازش منحنی در پیش‌بینی میزان فروش ریالی دارو همواره عملکرد بهتری از روش مرسوم دارد و در مواقعی که سوابق داده‌های تجربی گذشته برای فروش دارو کم است، روش برازش منحنی کارایی بهتری دارد اما با داده‌های ورودی بیشتر، روش شبکه عصبی کارایی بهتری نسبت به دو روش دیگر خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: پیش‌بینی تقاضای دارو، برازش منحنی، شبکه عصبی، نرخ رشد مرکب، ارزش داروی مصرفی

• وصول مقاله: ۹۸/۰۳/۲۹ اصلاح نهایی: ۹۸/۰۶/۱۵ پذیرش نهایی: ۹۸/۰۶/۲۸

۱. کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد جنوب، تهران، ایران؛ نویسنده مسئول، nafisehdavodi@gmail.com

۲. دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد جنوب، تهران، ایران، raissi@azad.ac.ir

مقدمه

امروزه مطلوب بودن خدمات و کیفیت محصول نهایی به‌تنهایی عامل اساسی موفقیت در رقابت و حضور پیوسته در بازار به شمار نمی‌آید، بلکه عوامل متعدد و مؤثر دیگری نیز مطرح‌شده‌اند که ازجمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به تصویر مطلوب اندازه فروش، بودجه‌ریزی عملیاتی، بهبود تخمین‌های موجودی، برنامه‌ریزی مالی بهتر و بهبود تخمین اندازه گروه فروش اشاره کرد.

به‌طورکلی یکی از عارضه‌های روش‌های بکار گرفته‌شده در صنعت دارویی ایران، رویکرد تجربی و استفاده از ابزارهای شهودی بوده است. تحلیل فروش ریالی داروهای مصرفی کشور اعم از واردات و تولیدات داخلی یکی از مهم‌ترین عوامل درزمینه شناسایی داروهای پرفروش و گروه‌درمانی‌ها است. در حال حاضر مهم‌ترین عامل مرگ‌ومیر در جمعیت کشور به ترتیب مربوط به بیماری‌های قلبی-عروقی، مصدومیت‌ها و انواع سرطان‌ها است.[۱]

پیش‌بینی تقاضا در چرخه نهایی هر صنعتی و برای ارزیابی الزامات و احتیاجات ظرفیت آتی یا تصمیم‌گیری در مورد وارد شدن به بازار جدید استفاده می شود.[۲] امروزه فن‌های مدل‌سازی متنوعی به‌منظور پیش‌بینی تقاضا توسعه‌یافته‌اند و حساسیت بازار را بررسی کرده اند. انتخاب مدل مناسب به ماهیت کالا، هدف مطالعه، طول دوره پیش‌بینی، دسترسی به داده‌های معتبر و درک تحلیلگر از پویایی بازار بستگی دارد.[۲] اما بحث مهم در موضوع پیش‌بینی مشخص کردن بهترین مدل پیش‌بینی است که دقیق‌ترین نتایج را ارائه می‌کند.[۳]

یکی از مدل‌های پیش‌بینی تقاضا مبتنی بر داده‌های «سری‌های زمانی» (Time Series) در روش آماری است. سری زمانی به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای توصیف سیستم‌های پیچیده در نظر گرفته‌شده و از آن در بسیاری از مطالعات همچون خوشه‌بندی (Clustering)، بازشناخت الگو (Pattern Recognition)، طبقه‌بندی (Classification) و پیش‌بینی استفاده‌شده است.[۴] پیش‌بینی بارزترین مورداستفاده از سری زمانی است و در صنعت و اقتصاد نیز از اهمیت زیادی برخوردار است.[۵]

بااین‌حال، بهبود عملکرد پیش‌بینی با استفاده ازسری‌های زمانی یک کار نسبتاً مشکل و مهم به شمار می‌رود. مطالعات بسیار و رویکردهای متفاوتی در این حوزه انجام‌شده است، همانند مدل خود همبسته میانگین متحرک ((ARMA) Autoregressive Moving Average)، ماشین‌های بردار پشتیبانی ((Support Vector Machines(SVMs) و شبکه عصبی مصنوعی((Artificial Neural Network (ANN) که به این موضوع به‌طورجدی توجه نموده اند.[۴]

در این میان قدرت واقعی ANN در توان آموزش پذیری بالای آن است. قدرت بالای تشخیص انواع الگوهای موجود در داده‌های بازار، تقریب توابع پیچیده، پایداری و انعطاف‌پذیری در برابر نوفه‌های داده‌ها از مشخصات بارز و قدرتمند ANN در کشف فرآیند مولد قیمت بازار می‌باشند. به‌طوری‌که پیش‌بینی سری‌های زمانی دومین زمینه پرکاربرد استفاده از ANN را به خود اختصاص داده است.[۵،۶] امروزه دامنه کاربرد ANN در صنایع و حوزه‌های مختلف بسیار گسترده است و ازجمله آن‌ها می‌توان به مواردی همچون هوا و فضا، امور مالی، صنعت، حمل‌ونقل، بانکداری، سرگرمی، امور دفاعی، الکترونیک و نفت و گاز اشاره کرد.[۷]

در مطالعه جلال کمالی و همکاران، تحقیقات جامعی درباره پیش‌بینی تقاضای دارو با استفاده از روش ANN انجام شده است. در این تحقیق، از داده‌های فروش ماهانه یک نوع آنتی‌بیوتیک خاص در خلال سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۵ از یک شرکت توزیع دارو برای انجام مطالعه بهره گرفته شده است. همچنین، به دلیل پراکندگی دامنه داده‌ها، شاخص استاندارد میانگین مجذور مربعات خطا ((Normalized (NRMSE) Root-Mean-Square Error را برای ارزیابی روش برتر بکار گرفته شده است. در این تحقیق برای طراحی شبکه عصبی تقاضای هرماه متأثر از تقاضای یک تا شش ماه قبل در نظر گرفته‌شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که ANN در مقایسه با روش کلاسیک میانگین متحرک خود همبسته یکپارچه

(Autoregressive Integrated Moving (ARIMA)) Average دارای عملکرد بهتری بوده و قادر است میزان تقاضای دارو را دقیق‌تر پیش‌بینی نماید.[۸]

در مطالعه قاسمی و همکاران، استفاده از رهیافت شبکه عصبی پرسپترون چندلایه(Multilayer Perceptron (MLP)) در پیش‌بینی تقاضای کالای فاسدشدنی در خرده‌فروشی‌ها» یکی از روش‌های مناسب پیش‌بینی سری زمانی را تعمیم رفتار گذشته سری به آینده معرفی شده است. برای این منظور اولین قدم، شناخت دقیق رفتار گذشته متغیر است. از مهم‌ترین روش‌های الگوسازی رفتار گذشته سری زمانی که در این پژوهش به آن اشاره‌شده است مدل غیرخطی شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه است. در این تحقیق، از مدل ANN(MLP) برای پیش‌بینی تقاضای هفتگی کالاهای انزال پذیر دریکی از خرده‌فروشی‌های شهر گرگان استفاده شد. برای درک میزان دقت پیش‌بینی، نتایج با نتایج به‌دست‌آمده از دو مدل دیگر، ARIMA و میانگین متحرک ۱۴ روزه بکار رفته در این خرده‌فروشی، مقایسه شد.[۹]

در پژوهش یوهان و همکاران، درباره مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی پیش‌بین برای پیش‌بینی مصرف ساعتی برق به‌طور فصلی در یک شهرک دانشگاهی در ژاپن شش پارامتر به‌عنوان متغیرهای ورودی استفاده شد که شامل روزهای هفته، دمای لامپ خشک، رطوبت نسبی در هر ساعت، تابش نور جهانی در هر ساعت، مصرف ساعتی برق از گذشته بود. مدل‌های ANN به‌منظور پیش‌بینی مصرف ساعتی برق به‌طور فصلی برای سه منطقه با در نظر گرفتن الگوریتم ANN پیش رو آموخته با الگوریتم بازگشت به عقب لونبرگ-مارکوارت((LM) Levenberg-Marquardt) ایجاد شد. ضریب همبستگی (R^2) و ماتریس RMSE به‌منظور ارزیابی درستی مدل‌های پیشنهادی ANN اقتباس یافتند. نتایج نشان داد که R^2 بین اندازه واقعی و مقادیر پیش‌بینی مدل‌های ANN بین ۰,۹۶ و ۰,۹۹ در مرحله آموزش و بین ۰,۹۵ و ۰,۹۹ در مرحله آزمودن است. تحقیقات نشان داد که RMSE در منطقه علوم و تکنولوژی شهرک دانشگاهی در میان سه منطقه دیگر بیشترین است.[۱۰]

«وی یانگ و همکاران» در پژوهشی با موضوع مدل‌سازی یک روش ترکیبی اصلاح‌شده با الگوریتم تکامل دیفرانسیل ((DE) Differential Evolution) بر مبنای سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه سازگار((ANFIS) -Adaptive Network based Fuzzy Inference System) و شبکه عصبی، تقاضای انرژی برق را در کوتاه‌مدت پیش‌بینی کردند. در این پژوهش یک روش جدید ترکیبی پیش‌بینی بر مبنای شبکه عصبی بازگشت به عقب (BP) Back Propagation، ANFIS و میانگین متحرک همبسته یکپارچه فصلی متفاوت (diff-SARIMA) Difference Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average ارائه‌شد. ابتدا، روش ترکیبی از تمامی سه روش (BP, ANFIS, diff-SARIMA) به ترتیب، برای پیش‌بینی استفاده شد. سه نتیجه حاصل این پیش‌بینی بود. با ضرب ضریب‌های وزنی بهینه سه نتیجه پیش‌بینی و سپس جمع آن‌ها، در انتها نتیجه نهایی پیش‌بینی به دست آمد. در میان این سه روش، BP و ANFIS قابلیت سروکار داشتن با داده‌های غیرخطی را داشتند و diff-SARIMA توانایی سروکار داشتن با داده‌های خطی و فصلی را داشت؛ بنابراین، روش ترکیبی اشکال و معایب را برطرف کرده و ظرفیت و قابلیت مثبت روش‌ها را باهم یکی کرد و مدل نهایی قابلیت مواجهه با تمام داده‌های خطی، غیرخطی و فصلی را دارد. به‌منظور بهینه‌سازی ضریب‌های وزنی، الگوریتم بهینه‌سازی DE به روش ترکیبی اضافه شد. درستی و صحت روش ترکیبی با مقایسه آن با سه روش مذکور به‌صورت جداگانه تائید شد. نتایج پیش‌بینی‌شده از روش ترکیبی نشان داد که عملکرد روش مرکب نسبت به تک‌تک روش‌ها بهتر بوده است و روش ترکیبی توانسته است خطاها را کم و صحت و درستی بین مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی را بهبود بخشد.[۱۱]

در این پژوهش مجموعه‌ای ازسری‌های زمانی جامع فروش در صنعت دارویی شناسایی و به کمک روش‌های پیش‌بینی من‌جمله ANN، برازش منحنی (CF) Curve Fitting و نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR) (Compound Annual Growth Rate) «تقاضای داروی مصرفی کشور» در سال‌های

آتی برآورد می شود. همچنین، برای ارزیابی عملکرد هر دو روش پیش‌بینی ANN و CF از خطای جذر میانگین مربعات (Root-Mean-Square Error) (RMSE) استفاده می شود. در حقیقت نوآوری تحقیق حاضر، تلاش برای به‌کارگیری روش‌های علمی مناسب جهت پیش‌بینی کلی تقاضای داروی کشور و مقایسه دقت پیش‌بینی آن‌ها است.

روش‌ها

این مطالعه پژوهشی در حوزه‌های هوش مصنوعی و داده‌کاوی است که در راستای بررسی و پیش‌بینی فروش صنعت دارویی کشور انجام‌گرفته است. به‌منظور گردآوری اطلاعات تحقیق حاضر از روش مطالعه اسناد و مدارک استفاده‌شده است. داده‌های بکار رفته در این پژوهش، داده‌های تاریخی مربوط به فروش ریالی داروهای مختلف است که از گزارش‌های سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ (۱۷ سال) سازمان غذا و دارو به‌دست‌آمده است. سپس آمار هر یک از داروهای مختلف را با استفاده از نرم‌افزار مایکروسافت اکسس (Microsoft Access)، به یکدیگر افزوده (Append) و پایگاه داده‌های سال ۷۹ تا ۹۵ را در یک فایل جمع‌آوری شد.

روایی ابزار اندازه‌گیری بدین معنی است که ابزار مورد نظر باید آنچه می‌خواهد انداز بگیرد را بسنجد.[۱۲] پایایی ابزار نیز به‌دقت، اعتمادپذیری، ثبات یا تکرارپذیری نتایج آزمون اشاره دارد.[۱۳] معمولاً پایایی و روایی در آن دسته از تحقیقاتی استفاده می شود که در آن‌ها برای گردآوری اطلاعات از پرسش نامه استفاده می شود، اما در تحقیق حاضر از پرسش نامه استفاده‌نشده است. بااین‌حال ازآنجاکه تاکنون روش‌های ANN، CF و CAGR در حوزه پیش‌بینی، بارها و بارها استفاده شده است، می‌توان گفت که پایایی و روایی این روش‌ها تاکنون تائید گردیده است.

مدل نرخ رشد مرکب سالانه: در این روش تقاضای سال اول و تقاضای سال آخر مبنای محاسبات قرار می‌گیرد. فرمول محاسبه CAGR به شرح ذیل است:

$$CAGR = \left(\left(\frac{\text{تقاضای سال آخر}}{\text{تقاضای سال اول}}\right)^{\left(\frac{1}{N-1}\right)}\right) - 1$$

که در آن N تعداد سال‌های مورد ارزیابی است (اختلاف عددی سال جاری و سال پایه).[۲] بر همین اساس پیش‌بینی تقاضای سال آینده به شکل ذیل محاسبه می‌گردد:

(نرخ رشد CAGR+۱) * تقاضای سال قبل= تقاضای سال آینده

برخی از محدودیت‌های این مدل عبارت‌اند از:

- اولین محدودیت برای CAGR، هموارسازی میانگین یک دوره زمانی است به‌طوری‌که تغییرات در میان‌دوره نادیده گرفته‌شده و رشد در طول دوره ثابت در نظر گرفته شود.
- محدودیت دیگر در استفاده از CAGR، گذشته‌نگر بودن این مدل است. به این معنی که اگر میزان رشد در یک دوره پنج ساله ثابت باشد، نمی‌توان بر اساس شاخص نرخ رشد سالانه مرکب، ارزش بازار را برای سال‌های بعد پیش‌بینی کرد؛ زیرا تغییرات بازار و عواملی دیگری که در نرخ رشد بازار نقش دارند در نظر گرفته نشده‌اند.
- امکان‌پذیر نبودن محاسبه خطا.

مدل شبکه عصبی مصنوعی: یک شبکه عصبی مصنوعی برای انجام‌وظیفه‌ای مشخص، مانند شناسایی الگوها و دسته‌بندی اطلاعات، در طول یک پروسه یادگیری تنظیم می‌شود. در سیستم‌های زیستی یادگیری با تنظیماتی در اتصالات سیناپسی همراه است که بین اعصاب قرار دارد.[۶] به‌طور مشابه در شبکه‌های عصبی مصنوعی نیز به کمک دانش برنامه‌نویسی، ساختار داده طراحی می‌شود که همانند نورون عمل می‌کند که به آن گره نیز گفته می‌شود. سپس با شکل‌گیری شبکه‌ای میان گره‌ها و استفاده از الگوریتم‌های آموزشی، شبکه تحت آموزش قرار می‌گیرد.[۱۴]

شبکه‌های عصبی بازگشتی یا اتورگرسیو (AR) Autoregressive و پویا توانایی خوبی در مدل‌سازی و

پیش‌بینی سری‌های زمانی غیرخطی (Nonlinear) پیچیده با ماهیت غیرخطی دارند.[۱۵] فرآیند اتورگرسیو، امکان پیش‌بینی مقادیر آینده به کمک داده‌های پیشین را امکان‌پذیر می‌سازد.[۱۶] به همین منظور در این پژوهش از شبکه عصبی غیرخطی بازگشتی (Autoregressive Nonlinear (NAR)) که در آن مقدار سری زمانی y(t) تابعی از d دوره قبلی سری زمانی y(t) است، استفاده‌شد:

$$y(t)=f(y(t-1), y(t-2),\ldots\ldots,y(t-d))$$

درروش ANN هر الگوی ورودی اطلاعاتی مهم و مختص به خود را در مورد ساختار خود همبسته پیچیده داده‌ها در بردارد. انتخاب تعداد مناسب نرون‌های لایه پنهان نیز می‌تواند به کشف و شناسایی خصوصیات داده‌ها و برقرار سازی نگاشت‌های غیرخطی پیچیده بین تغییرهای ورودی و خروجی کمک کند و از احتمال بروز مشکلاتی همچون بالا رفتن زمان آموزش، ایجاد اختلال در تعمیم شبکه، یادگیری بیش‌ازحد یا یادگیری خود داده‌ها و نه روابط بین آن‌ها، بکاهد. با توجه به نکات یادشده در این پژوهش از روش سعی و خطا (Trial-and-Error) برای تعیین تعداد گره‌های ورودی و خروجی و تعداد گره‌ها در لایه پنهان استفاده‌شد.

برای به‌کارگیری روش ANN با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، ابتدا اطلاعات هر یک از گروه‌های درمانی با استفاده از کد از پیش نوشته‌شده (متشکل از توابع عمومی و توابع مختص ANN) در بانک اطلاعاتی MATLAB بارگذاری شدند. پس از تعیین تعداد لایه‌ها، دوره تأخیر و مدل آموزش (از میان سه تابع آموزش تنظیم بیزی [Bayesian Regularization]، لونبرگ- مارکوارت و گردا یان مزدوج مقیاس پذیر [Scaled Conjugate Gradient]) و همچنین استفاده از داده‌های بارگذاری شده یک شبکه NAR برای گروه‌درمانی موردنظر ایجاد گردید که پس از آماده‌سازی‌های اولیه برای تمرین و ساخت مدل نهایی به کار گرفته شد.

در این پژوهش ۷۰ درصد از داده‌ها جهت آموزش، ۱۵ درصد از داده‌ها جهت آزمایش و از ۱۵ درصد باقیمانده جهت اعتبارسنجی استفاده‌شد که همگی آن‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب‌شدند. همچنین، برای تعیین اعتبار شبکه از نمودار مقادیر پیشگوئی مشاهدات، شاخص کارایی شبکه و RMSE و شاخص رگرسیون R^2 نیز جهت سنجش کیفیت مدل‌سازی استفاده شد.

مدل برازش منحنی: در بسیاری از مطالعات ممکن است از مدل‌هایی حاوی پارامترهایی برای توضیح داده‌ها استفاده شدکه خود آن پارامترها از داده‌های مشاهداتی تخمین زده‌شده‌اند. در چنین مواردی از روش Curve Fitting (CF) استفاده می‌شود.[۱۷]

برازش منحنی، تلاش برای ساخت یک منحنی به‌منظور نمایش روند عمومی و حذف نوسان موضعی داده‌های شناخته‌شده است.[۱۸] در مسئله‌های کاربردی، گاهی لازم است گروهی از داده‌ها برای پیش‌بینی منحنی، به‌صورت تابعی همانند تابع زیر مشاهده شوند:

$$y = f(x), \quad (x_i, y_i), \quad i = 1,2,\ldots,N$$

درروش CF نیز از یک کد MATLAB از پیش آماده‌شده، متشکل از توابع عمومی و توابع اختصاصی CF استفاده شد. پس از بارگذاری داده‌های فروش ریالی سالانه گروه‌های درمانی و سال‌های فروش در دو مؤلفه برداری جداگانه نسبت به یافتن بهترین برازش با کمترین پسماند خطا اقدام شد.

یافته ها

در پژوهش حاضر فروش ریالی حدود ۲۲۰۰ محصول ژنریک دارویی پس از انجام مطالعات لازم و لحاظ دانسته‌های قبلی در ۱۷ گروه‌درمانی مختلف دسته‌بندی و تجمیع و سپس مطالعه شد. فهرست گروه‌های درمانی شناسایی‌شده شامل (۱) استخوان‌ساز، (۲) افزایش‌دهنده پلاسما و خون‌ساز، (۳) آنتی‌هیستامین، (۴) پوستی و ضد آفتاب‌ها، (۵) تنفسی، (۶) خواب‌آورهای آرام‌بخش، (۷) ضدافسردگی، (۸) ضد دیابت، (۹) ضد آسم و شل کننده عضلات صاف، (۱۰) ضد عفونت، (۱۱) قلبی و عروقی، (۱۲) گوارشی، (۱۳) مسکن، (۱۴) ضدالتهاب و ضد تب، (۱۵) منقبض کننده، بازکننده مردمک چشم و ضد گلوکوم، (۱۶) ویتامین و (۱۷) سایر گروه‌های درمانی بود. آمار فروش ۱۷ گروه‌درمانی برگرفته از آمارنامه‌های دارویی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ سازمان غذا و دارو در جداول یک و دو قابل‌مشاهده است.

جدول ۱: خلاصه آمار فروش ۱۷ گروه‌درمانی برگرفته از آمارنامه‌های دارویی سازمان غذا و دارو:۱۳۸۸-۱۳۷۹

ردیف	نام گروه درمانی	۱۳۷۹ (میلیون ریال)	۱۳۸۰ (میلیون ریال)	۱۳۸۱ (میلیون ریال)	۱۳۸۲ (میلیون ریال)	۱۳۸۳ (میلیون ریال)	۱۳۸٤ (میلیون ریال)	۱۳۸۵ (میلیون ریال)	۱۳۸٦ (میلیون ریال)	۱۳۸۷ (میلیون ریال)
۱	استخوان ساز	۴,۷۵۴	۶,۰۴۴	۱۱,۴۳۴	۲۷,۵۸۵	۴۹,۵۴۸	۵۱,۳۵۱	۴۷,۰۴۰	۳۹,۱۸۰	۷۳,۴۹۱
۲	افزایش دهنده پلاسما و خون ساز	۳۷,۸۰۷	۵۸,۰۳۷	۹۶,۱۹۱	۱۳۷,۸۵۲	۱۶۲,۴۲۳	۳۱۰,۲۹۵	۴۸۸,۹۹۹	۵۸۵,۸۴۶	۶۸۷,۸۴۹
۳	آنتی هیستامین	۵۶,۵۱۵	۷۹,۳۴۴	۱۲۴,۳۷۳	۱۸۰,۷۲۳	۱۹۰,۸۸۸	۲۱۳,۱۲۰	۲۹۰,۸۶۹	۳۵۹,۸۳۹	۴۹۰,۸۲۱
۴	پوستی و ضدآفتاب‌ها	۲۳,۳۱۸	۲۵,۹۶۵	۳۱,۹۶۷	۵۲,۳۸۴	۵۵,۴۶۵	۱۰۰,۰۵۱	۱۳۲,۱۶۹	۱۵۷,۰۶۰	۱۹۲,۳۳۹
۵	تنفسی	۷۷,۶۸۶	۸۸,۷۲۰	۱۱۰,۲۱۵	۱۳۶,۵۶۳	۱۳۲,۱۳۴	۱۴۶,۵۸۳	۱۴۷,۶۸۰	۱۸۴,۶۳۹	۲۵۴,۵۲۲
۶	خواب آورهای آرامبخش	۴۴,۸۸۶	۵۶,۱۸۶	۶۳,۳۴۶	۸۶,۴۵۹	۱۲۱,۳۱۴	۱۴۳,۴۵۷	۱۶۸,۳۳۱	۲۱۸,۸۶۴	۲۷۸,۱۷۸
۷	ضدافسردگی	۲۲,۸۰۴	۳۰,۱۵۸	۳۸,۶۵۰	۶۹,۳۶۳	۱۰۳,۲۷۳	۱۶۶,۲۰۱	۱۷۸,۹۳۳	۲۱۸,۳۷۰	۳۵۲,۷۳۱
۸	ضد دیابت	۱۳,۷۶۲	۲۳,۳۶۰	۲۶,۰۱۱	۴۱,۶۳۴	۶۴,۱۸۴	۹۱,۴۳۲	۱۳۹,۷۱۸	۲۰۲,۲۵۷	۳۰۹,۶۴۸
۹	ضد صرع	۳۴,۵۱۷	۴۱,۰۶۵	۵۲,۲۵۸	۸۲,۶۶۴	۱۱۰,۷۵۰	۱۱۵,۲۹۴	۲۱۶,۸۹۴	۲۷۴,۱۷۸	۳۵۴,۱۶۹
۱۰	ضد آسم و شل کننده عضلات صاف	۳,۳۲۳	۳,۷۳۳	۴,۸۲۷	۶,۶۳۴	۸,۸۲۳	۱۳,۴۲۲	۲۴,۰۷۷	۴۵,۹۶۵	۵۳,۸۱۲
۱۱	ضد عفونت	۹۸۸,۱۴۲	۱,۱۶۸,۰۴۶	۱,۵۵۶,۳۴۴	۲,۲۰۹,۸۶۴	۲,۵۰۰,۲۸۷	۳,۱۰۱,۲۰۳	۳,۷۹۸,۶۸۲	۴,۴۳۳,۵۳۲	۶,۱۴۲,۹۲۲
۱۲	قلبی و عروقی	۱۹۳,۳۸۱	۲۸۶,۳۰۸	۳۵۵,۵۵۵	۵۵۲,۲۲۳	۷۰۲,۲۴۲	۸۹۷,۷۹۷	۱,۰۶۹,۰۲۹	۱,۳۶۲,۵۸۳	۲,۰۵۹,۷۹۵
۱۳	گوارشی	۱۷۴,۵۲۸	۲۰۳,۸۲۶	۲۴۵,۴۳۲	۳۲۶,۴۵۳	۳۹۵,۰۳۱	۴۶۹,۰۲۴	۵۷۸,۷۱۹	۷۴۰,۳۸۴	۱,۰۸۹,۶۸۰
۱۴	مسکن ضد التهاب و ضد تب	۳۴۹,۷۲۸	۴۷۳,۷۴۵	۵۹۲,۷۱۶	۸۰۵,۳۸۰	۹۰۴,۴۰۳	۱,۱۳۷,۰۷۹	۱,۲۲۵,۶۸۸	۱,۴۱۱,۳۴۸	۱,۷۲۶,۵۵۵
۱۵	منقبض کننده، باز کننده مردمک	۲,۹۴۰	۴,۵۲۰	۸,۴۶۱	۱۶,۷۵۹	۲۳,۷۶۵	۵۰,۲۰۹	۶۹,۴۸۰	۷۷,۶۲۴	۸۴,۸۸۲
۱۶	ویتامین	۱۵۹,۲۲۵	۲۰۵,۴۰۵	۲۳۵,۴۰۰	۳۰۱,۱۸۱	۳۸۶,۸۴۸	۵۵۲,۰۲۴	۶۳۱,۹۱۶	۷۵۲,۲۸۷	۹۵۳,۹۲۲
۱۷	سایر گروه های درمانی	۷۸۴,۲۶۳	۹۴۰,۱۵۲	۱,۲۶۷,۸۷۶	۱,۷۷۷,۰۲۷	۲,۲۳۵,۷۳۴	۲,۹۶۸,۳۸۵	۴,۰۳۰,۰۶۶	۵,۰۷۴,۳۲۱	۶,۲۵۵,۲۴۹

جدول ۲: خلاصه آمار فروش ۱۷ گروه‌درمانی برگرفته از آمارنامه‌های دارویی ۱۳۹۵ سازمان غذا و دارو:۱۳۹۵-۱۳۸۸

ردیف	نام گروه درمانی	۱۳۸۸ میلیون) (ریال	۱۳۸۹ میلیون) (ریال	۱۳۹۰ میلیون) (ریال	۱۳۹۱ میلیون) (ریال	۱۳۹۲ میلیون) (ریال	۱۳۹۳ میلیون) (ریال	۱۳۹٤ میلیون) (ریال	۱۳۹۵ میلیون) (ریال
۱	استخوان ساز	۱۲۵,۹۳۳	۱۸۰,۰۷۷	۲۲۹,۳۱۷	۴۷,۳۰	۲۶۷,۷۳۱	۴۳۷,۵۳۸	۵۹۶,۰۷۰	۶۶۵,۲۵۱
۲	افزایش دهنده پلاسما و خون‌ساز	۱,۰۰۹,۳۵۹	۱,۱۴۸,۹۰۷	۱,۵۳۷,۷۲۰	۱,۵۹۱,۴۱۲	۲,۵۵۷,۴۶۰	۳,۶۷۳,۴۳۶	۳,۶۶۳,۵۰۲	۳,۵۹۵,۰۹۵
۳	آنتی هیستامین	۷۲۵,۲۲۵	۹۲۵,۶۲۸	۱,۰۵۷,۲۷۲	۱,۳۳۲,۸۴۴	۲,۰۱۴,۰۸۹	۲,۳۶۵,۵۵۱	۲,۸۹۷,۵۰۸	۳,۲۷۹,۱۵۸
۴	پوستی و ضدآفتاب ها	۲۲۷,۲۱۷	۲۶۴,۶۱۵	۲۷۹,۱۷۹	۳۷۰,۰۳۱	۴۴۶,۰۶۹	۶۴۷,۳۳۹	۷۴۷,۵۶۸	۸۷۳,۲۵۷
۵	تنفسی	۳۴۵,۴۳۴	۴۰۹,۳۳۰	۴۶۲,۸۷۳	۵۴۵,۸۵۶	۸۵۷,۰۶۲	۱,۰۸۹,۳۷۹	۱,۰۴۵,۴۵۸	۱,۱۹۲,۹۵۶

جدول ۲: (ادامه)

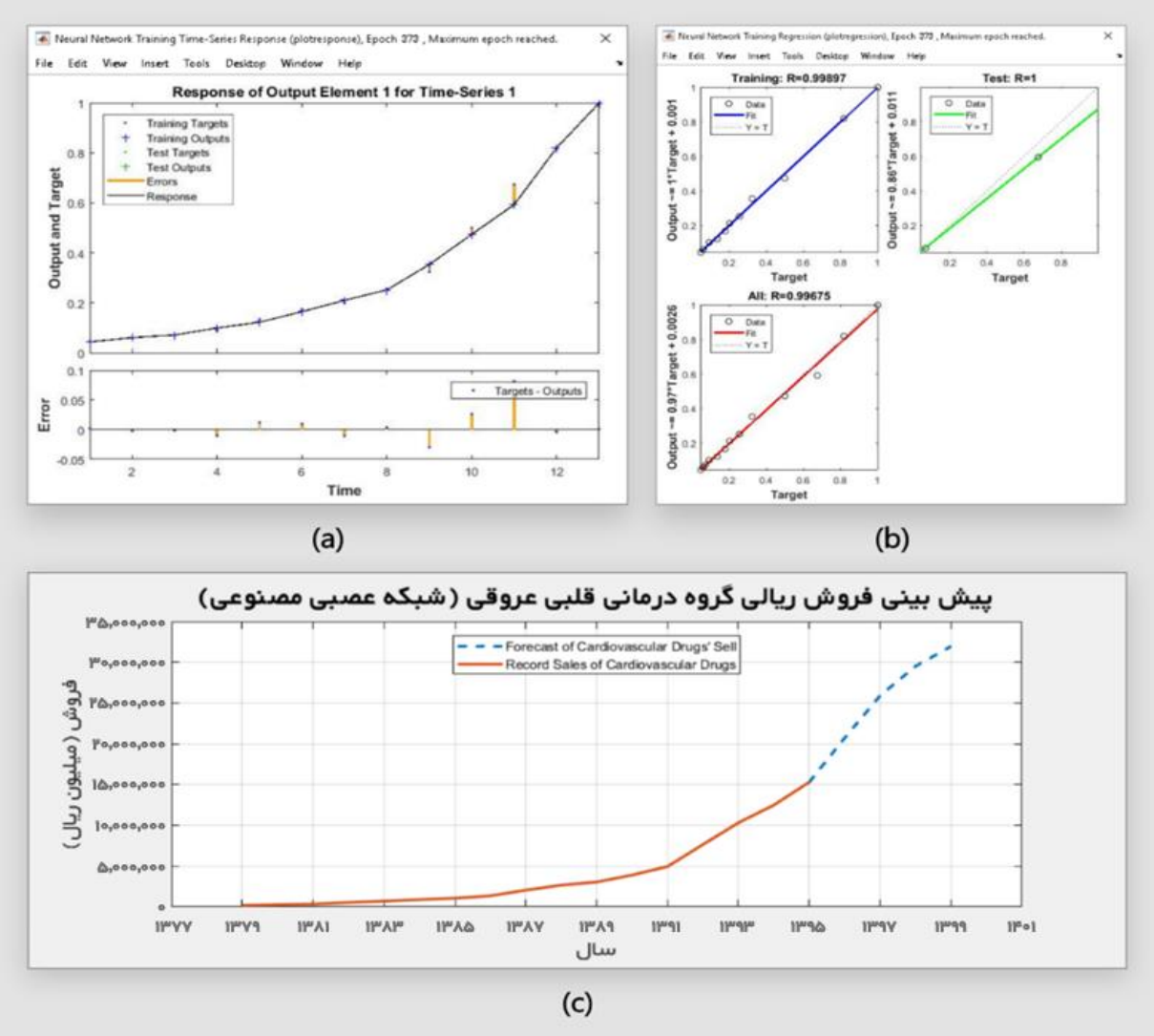
ردیف	نام گروه درمانی	۱۳۸۸ میلیون (ریال)	۱۳۸۹ میلیون (ریال)	۱۳۹۰ میلیون (ریال)	۱۳۹۱ میلیون (ریال)	۱۳۹۲ میلیون (ریال)	۱۳۹۳ میلیون (ریال)	۱۳۹٤ میلیون (ریال)	۱۳۹۵ میلیون (ریال)
۶	خواب آورهای آرامبخش	۳۲۶,۹۸۰	۳۷۳,۸۲۶	۴۸۰,۲۶۲	۵۶۴,۶۱۱	۹۵۱,۲۱۲	۱,۱۶۳,۶۵۵	۱,۲۷۹,۷۹۵	۱,۶۸۷,۱۵۸
۷	ضدافسردگی	۴۲۶,۳۶۵	۴۹۲,۶۳۹	۵۹۹,۵۶۲	۸۶۷,۴۳۸	۱,۴۱۵,۳۸۸	۱,۷۷۴,۱۳۶	۲,۱۳۵,۱۵۳	۲,۵۶۹,۲۷۰
۸	ضد دیابت	۴۲۲,۹۹۵	۵۵۶,۴۲۱	۸۴۱,۱۹۹	۱,۱۹۲,۰۳۹	۲,۷۵۸,۱۷۳	۴,۷۷۱,۵۲۸	۶,۰۲۴,۲۴۰	۸,۲۷۹,۳۷۵
۹	ضد صرع	۴۸۷,۷۲۴	۶۴۸,۷۹۵	۹۲۶,۲۱۸	۱,۲۱۹,۰۳۶	۲,۱۷۹,۱۵۱	۲,۷۸۰,۴۴۵	۲,۹۹۳,۰۸۳	۴,۰۰۹,۳۴۸
۱۰	ضد آسم و شل کننده عضلات صاف	۸۷,۹۷۶	۴۳۱,۰۶۰	۵۹۸,۹۷۷	۵۴۳,۸۴۳	۱,۱۲۴,۴۰۲	۱,۵۲۱,۱۱۵	۱,۲۸۸,۸۸۵	۲,۳۶۹,۷۴۶
۱۱	ضد عفونت	۷,۰۴۰,۱۸۵	۷,۲۸۰,۰۷۳	۸,۶۵۵,۸۵۰	۱۰,۶۰۶,۶۳۹	۱۵,۴۹۳,۷۱۸	۲۰,۸۶۴,۵۳۸	۲۱,۶۷۲,۷۵۵	۲۵,۲۹۷,۳۳۶
۱۲	قلبی و عروقی	۲,۶۷۰,۷۰۸	۳,۰۵۴,۵۵۷	۳,۹۰۶,۱۱۵	۴,۹۶۰,۵۷۵	۷,۶۵۹,۳۱۲	۱۰,۳۲۳,۰۴۱	۱۲,۴۹۶,۴۸۶	۱۵,۳۰۸,۰۰۵
۱۳	گوارشی	۱,۴۱۸,۱۳۰	۱,۵۷۲,۳۲۳	۲,۲۸۱,۴۳۶	۳,۲۸۱,۸۱۲	۵,۰۱۹,۶۸۱	۶,۹۶۷,۸۳۷	۸,۶۳۰,۳۸۹	۹,۹۸۴,۵۹۶
۱۴	مسکن ضد التهاب و ضد تب	۲,۰۴۷,۵۵۳	۲,۲۸۵,۹۵۵	۳,۱۴۸,۰۵۵	۳,۸۱۸,۲۰۷	۶,۵۹۱,۱۹۶	۹,۰۴۶,۰۷۰	۱۱,۷۷۵,۸۰۱	۱۴,۸۰۴,۳۳۲
۱۵	منقبض کننده، باز کننده مردمک	۱۱۴,۱۱۵	۱۵۰,۸۵۶	۱۹۵,۲۸۳	۲۶۱,۰۱۲	۳۷۰,۱۳۴	۴۱۳,۰۳۰	۴۶۷,۸۴۲	۶۲۹,۸۸۴
۱۶	ویتامین	۸۷۴,۵۸۹	۱,۰۲۷,۷۴۶	۶۴۳,۱۶۳	۱,۱۹۵,۵۱۶	۲,۳۶۲,۵۹۰	۳,۸۱۱,۲۸۱	۳,۴۷۲,۸۱۲	۴,۱۶۱,۴۴۹
۱۷	سایر گروه های درمانی	۸,۴۱۰,۳۲۰	۹,۹۳۵,۶۷۷	۱۳,۸۱۲,۱۲۲	۱۴,۶۰۳,۹۷۴	۲۵,۷۵۸,۸۷۹	۳۸,۵۸۹,۶۱۰	۴۴,۷۹۱,۳۶۲	۵۱,۶۶۱,۷۶۱

آزمایش‌های شبکه عصبی مصنوعی: درروش شبکه عصبی پیش از هر چیز نسبت به آماده‌سازی اولیه داده‌های فروش ۱۷ گروه‌درمانی اقدام شد. با توجه به بزرگی ارقام داده‌های فروش سالانه (به میلیون ریال)، جهت افزایش دقت محاسبات مرتبط با شبکه عصبی ابتدا داده‌های فروش هر گروه‌درمانی به شکل درصدی از بزرگ‌ترین داده فروش همان گروه‌درمانی ذخیره یا بهنجار شدند. برای انجام این کار داده‌های هر گروه‌درمانی در وارون بزرگ‌ترین داده همان گروه‌درمانی ضرب شدند، به‌طوری‌که تمام داده‌ها در بازه صفر تا یک قرار گرفتند. پس از اتمام پردازش‌های لازم، نتایج به‌دست‌آمده برای هر گروه‌درمانی با طی روند معکوس به ابعاد اولیه بازگردانده شد. پس از فراخوانی داده‌های فروش بهنجار شده هر یک از گروه‌های درمانی در MATLAB، نسبت به اجرای پردازش‌های مختص شبکه‌های عصبی NAR اقدام شد.

همانطور که در شکل شماره یک مشاهده می شود(a) بیانگر نمودار سری زمانی نتایج مدل‌سازی، داده‌های فروش و میزان پسماند (خطا) گروه‌درمانی قلبی عروقی (خروجی MATLAB) که سازگاری خوبی را با داده‌های اولیه نمایش می‌دهد. (b) نمودار رگرسیون مدل شبکه عصبی در گروه‌درمانی قلبی عروقی (خروجی MATLAB) برای داده‌های آزمایشی (رنگ سبز)، داده‌های آموزشی (رنگ آبی) و تمامی داده‌ها (رنگ قرمز) در کنار یکدیگر و (c) پیش‌بینی فروش ریالی گروه‌درمانی قلبی عروقی در ادامه داده‌های فروش رسمی ۱۷ سال گذشته است.

برای انتخاب دوره تأخیر یا بیشترین تأخیر، خودهمبستگی سری زمانی تمام گروه‌های درمانی محاسبه شد و بر اساس نتایج به‌دست‌آمده علی‌رغم امکان انتخاب مقادیر یک، دو و سه (به‌عنوان اولین پیشنهادها) به دلیل رضایت‌بخش نبودن نتایج مدل‌سازی، درنهایت برای تمامی گروه‌های درمانی از دوره تأخیر چهار استفاده شد. همچنین بسته به شرایط هر گروه‌درمانی با استفاده از روش آزمون وخطا بین ۱۰ تا ۱۳ لایه برای هر مدل به کار گرفته شد. اساس تعداد دفعات انجام محاسبات برای ۱۱ گروه‌درمانی بیش از ۲۰۰ بار گزارش شد و روند محاسبات برای برخی از گروه‌درمانی‌ها تا ۱۰۰۰ تکرار نیز ادامه یافت (تعداد بالاتر دفعات تکرار محاسبات، معمولاً بیانگر نتایج بهتر خواهد

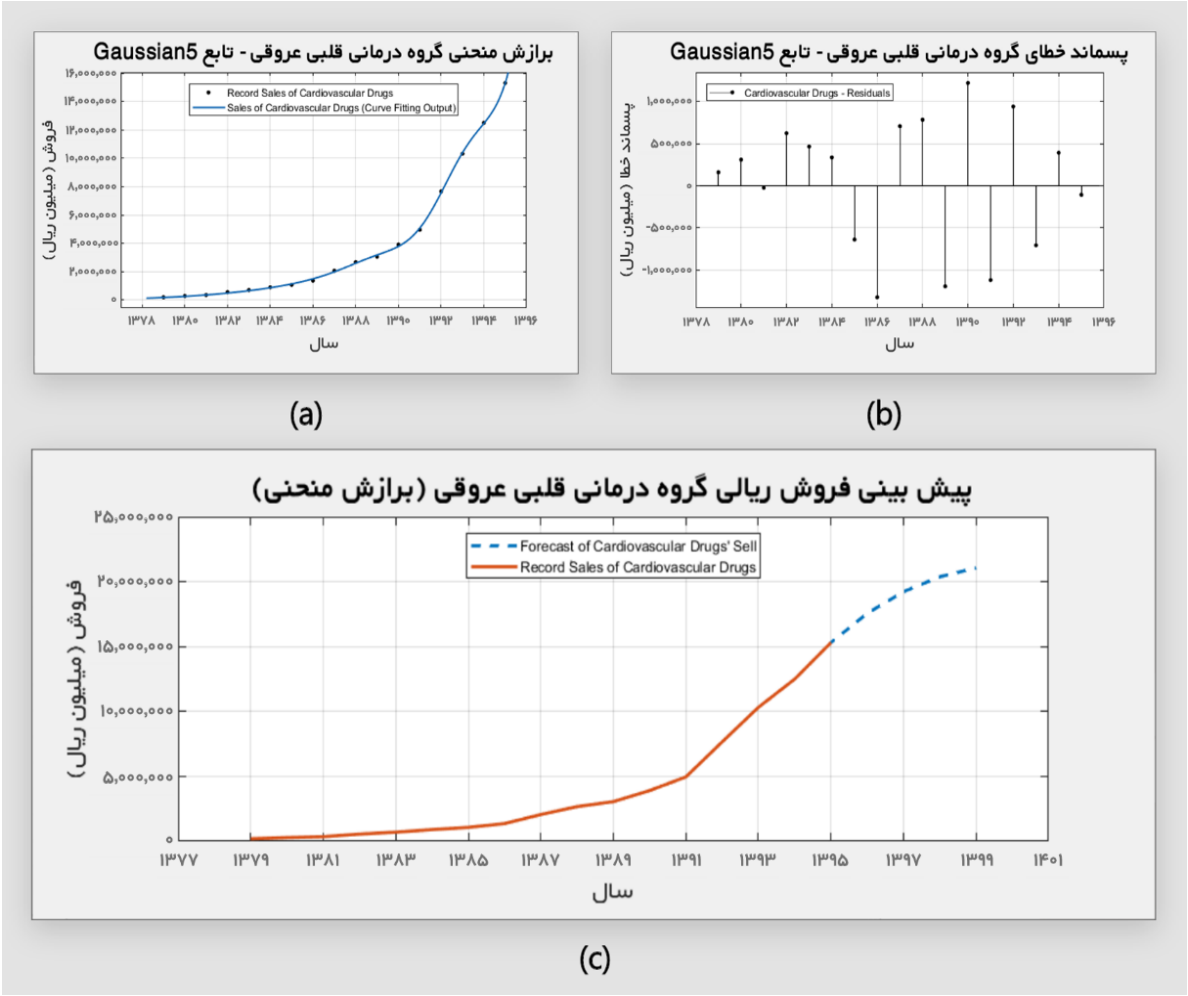
بود). این در حالی است که رگرسیون مدل تولیدشده (حاصل از داده‌های آزمایش و آموزش) برای ۱۵ گروه‌درمانی بالاتر از ۹۸ درصد گزارش شد. شاخص عملکرد (در این پژوهش از خطای MSE به‌عنوان شاخص عملکرد استفاده‌شده است) اکثریت گروهای درمانی نیز (۱۶ گروه از ۱۷ گروه) کمتر از ۰/۰۰۵ به دست آمد که کاملاً مناسب است چراکه بر اساس تعریف ارائه‌شده در اسناد نرم‌افزار MATLAB نزدیک بودن MSE به صفر نشان‌دهنده برازشی است که برای پیش‌بینی مناسب‌تر است.[۱۹]



شکل ۱ : نتایج کلی آزمایش شبکه عصبی گروه‌درمانی قلبی عروقی (رسم شده با نرم‌افزار MATLAB)

نتایج کلی آزمایش ANN گروه‌درمانی قلبی عروقی در شکل یک قابل‌مشاهده است. نتایج مرتبط با پیش‌بینی فروش ریالی و خطای مرتبط با تمامی گروه‌های درمانی با استفاده از روش ANN در جدول چهار قابل‌مشاهده است.

آزمایش‌های برازش منحنی: ازآنجاکه نحوه عملکرد برخی از توابع برازش از طریق درون‌یابی (Interpolation) است و انجام پیش‌بینی با آن‌ها امکان‌پذیر نیست، صرفاً با استفاده از توابعی که از روش برون‌یابی (Extrapolation) استفاده می‌کنند (همچون توابع فوریه [Fourier function]، گاوسی [Gaussian function] و سینوسی) نسبت به یافتن بهترین تابع برازش با کمترین پسماند خطا اقدام شد.



شکل ۲: نتایج کلی آزمایش برازش منحنی گروه‌درمانی قلبی عروقی (رسم شده با نرم‌افزار MATLAB)

در شکل شماره دو، (a) نتیجه برازش منحنی گروه‌درمانی قلبی عروقی با تابع Gaussian5، (b) پسماند خطای گروه‌درمانی قلبی عروقی و (c) پیش‌بینی فروش ریالی گروه قلبی عروقی با روش برازش منحنی است.

مشاهده شد که توابع گاوسی با ۱۰ تابع برتر برازش شده از مجموع ۱۷ گروه‌درمانی بالاترین میزان توابع برازش شده را به خود اختصاص داده‌اند. ضرایب تعیین یا رگرسیون (R^2) توابع برازش شده در بازه ۰/۹۲ تا ۰/۹۹ قرار گرفت و از میان ۱۷ تابع برازش شده، برای ۱۵ تابع رگرسیونی بالاتر از ۰/۹۹ گزارش شد.

نتایج کلی آزمایش CF برای گروه‌درمانی قلبی عروقی در شکل دو قابل‌مشاهده است. پس از انتخاب بهترین توابع برازش شده برای هر گروه‌درمانی نسبت به یافتن پیش‌بینی فروش سال‌های ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۸ اقدام شد. این نتایج به همراه خطای RMSE متناظر و تابع برازش استفاده‌شده برای هر یک از آن‌ها در جدول چهار آورده شده است.

آزمایش‌های نرخ رشد مرکب سالانه: بر اساس پیش گفته ها، این روش متداول‌ترین روش پیش‌بینی استفاده‌شده در صنعت دارو است و از این نظر می‌تواند به‌نوعی مکمل روش‌های فوق به‌حساب آید. در این روش ابتدا میزان رشد فروش هر محصول ژنریک با استفاده از فرمول CAGR محاسبه شد و پس‌ازآن با استفاده از شناخت پژوهشگر از بازار و به‌صورت شهودی نسبت به پیش‌بینی نرخ رشد مرکب سالانه اقدام گردید و بر اساس آن پیش‌بینی فروش ریالی برای هر محصول محاسبه شد. با توجه به اینکه حجم محصولات بسیار بالا است تنها به آوردن پیش‌بینی فروش نهایی ۱۷ گروه‌درمانی در جدول چهار بسنده شد.

همچنین خطای فروش سالانه محاسبه‌شده بازار دارویی با استفاده از دو روش ANN و CF در جدول سه به نمایش درآمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود روش ANN (به‌جز سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۱ با مقادیر خطای به ترتیب ۱۲/۶۳ درصد و ۱۶/۱۹ درصدی) توانسته است فروش سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵ را با دقت مناسب (خطای کمتر از ۷ درصد) محاسبه کند. همچنانکه در جدول سه نیز قابل‌مشاهده است به دلیل لحاظ چهار دوره تأخیر درروش شبکه عصبی تنها فروش کل و خطای متناظر با سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵ محاسبه‌شده است. روش CF نیز باوجود گزارش مقادیر خطای ۱۲/۷۲ درصد و ۱۲/۲۹ درصد برای سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در سایر موارد با خطای کمتر از هفت درصد، کارایی بالایی در محاسبه فروش سالانه داشته است.

جدول ۳: خطای فروش سالانه محاسبه‌شده تمام گروه‌های درمانی با دو روش شبکه عصبی (ANN) و برازش منحنی (CF) ۱۳۹۵-۱۳۷۹

سال	درصد خطای فروش سالانه محاسبه شده		سال	درصد خطای فروش سالانه محاسبه شده	
	برازش منحنی	شبکه عصبی		برازش منحنی	شبکه عصبی
۱۳۷۹	۶/۸۴	ـــــ	۱۳۸۸	۴/۸۵	۳/۹۹
۱۳۸۰	۱۲/۷۲	ـــــ	۱۳۸۹	۲/۵۷	۶/۶۲
۱۳۸۱	۱۲/۲۹	ـــــ	۱۳۹۰	۲/۶۰	۱/۳۵
۱۳۸۲	۲/۱۳	ـــــ	۱۳۹۱	۳/۸۰	۱۶/۱۹
۱۳۸۳	۵/۹۵	۱۲/۶۳	۱۳۹۲	۱/۱۱	۵/۶۱
۱۳۸۴	۱/۱۲	۱/۷۰	۱۳۹۳	۰/۳۲	۴/۷۲
۱۳۸۵	۰/۴۶	۱/۰۵	۱۳۹۴	۰/۱۴	۰/۱۲
۱۳۸۶	۲/۲۸	۱/۴۲	۱۳۹۵	۰/۰۰	۰/۰۶
۱۳۸۷	۳/۴۹	۶/۱۴			

جدول ٤: پیش‌بینی فروش تمام گروه‌های درمانی به سه روش نرخ رشد مرکب سالانه (CAGR)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و برازش منحنی (CF):۱۳۹۸-۱۳۹۷

ردیف	نام گروه درمانی	ANN (TD=٤)		CF	پیش بینی سال ۱۳۹۷ (میلیون ریال)			پیش بینی سال ۱۳۹۸ (میلیون ریال)			RMSE خطای (میلیون ریال)	
		TA	HL	Func.	CAGR	ANN	CF	CAGR	ANN	CF	ANN	CF
۱	استخوان‌ساز	br	۱۲	Sin۲	۲,۲۳۷,۶۸۴	۱,۱۴۴,۰۵۷	۱,۰۸۸,۱۰۰	۸,۴۸۵,۵۶۲	۱,۲۷۰,۰۳۷	۱,۳۳۸,۵۰۰	۶۶,۶۳۲	۵۳,۷۵۶
۲	افزایش دهنده‌های پلاسما و خون ساز	br	۱۲	Gauss۲	۸,۵۵۳,۷۱۰	۵,۸۴۳,۵۲۰	۴,۵۸۸,۸۰۰	۱۳,۴۶۳,۴۴۴	۵,۳۲۷,۶۱۳	۵,۱۵۱,۰۰۰	۲۶۳,۸۷۴	۶۶,۳۶۳
۳	آنتی هیستامین	br	۱۲	Gauss۵	۶,۸۰۵,۶۳۴	۳,۵۴۷,۵۷۰	۴,۹۸۹,۹۰۰	۱۰,۲۳۰,۰۵۶	۳,۶۰۴,۳۶۶	۶,۳۲۲,۲۰۰	۱۲۷,۸۶۷	۳۸,۵۰۴
٤	پوستی و ضد آفتاب	br	۱۲	Gauss۳	۱,۷۵۹,۶۹۴	۹۱۱,۸۶۰	۲,۰۲۰,۴۰۰	۲,۵۱۷,۸۱۹	۹۰۵,۱۶۲	۳,۲۵۷,۰۰۰	۱۸,۴۱۹	۹,۶۴۷
۵	تنفسی	br	۱۲	Gauss۵	۳,۰۳۷,۴۲۴	۱,۴۵۵,۰۳۴	۱,۶۸۵,۷۰۰	۴,۶۰۶,۴۸۳	۱,۴۴۷,۱۹۴	۱,۹۹۰,۳۰۰	۲۳,۰۲۸	۱۵,۶۵۷

جدول ٤: (ادامه)

ردیف	نام گروه درمانی	ANN (TD=٤)		CF	پیش بینی سال ۱۳۹۷ (میلیون ریال)			پیش بینی سال ۱۳۹۸ (میلیون ریال)			RMSE خطای (میلیون ریال)	
		TA	HL	Func.	CAGR	ANN	CF	CAGR	ANN	CF	ANN	CF
٦	خوب آورهای آرامبخش	br	١٠	Gauss٥	٣,٤٢٢,٩٢٢	٢,١٤٤,٨١٩	٢,٦٧١,٦٠٠	٥,٠٤٨,٨٧٩	٢,٣٨١,٦٨٨	٣,٢٧٧,١٠٠	٥٧,٧٩٢	٦,٧٧٣
٧	ضد افسردگی	br	١٠	Gauss٣	٥,٥٠١,٢٤٢	٣,٠٨٦,٥٠٥	٣,٨٧٩,١٠٠	٨,٤٨٥,٥٦٢	٣,١٩٨,٢٠٣	٤,٧٠٤,٠٠٠	٤٨,٣٧٠	١٥,٧١٦
٨	ضد دیابت	scg	١٢	Fourier٦	٢٤,٢٩٥,٣٧٣	١٥,٣٥٩,٦١٤	٣٩,١٤٨,٠٠٠	٤٢,٥٦٩,٤٨٨	١٦,٢٤٦,١٠٨	٦٣,٦٥٤,٠٠٠	٢١٥,٩٤١	٢٧,٠٢٣
٩	ضد صرع	scg	١٢	Sin٥	١٠,٩٣٥,١٧٥	٨,٤٩١,٧٢٢	٤,٢٧١,٧٠٠	١٨,٣٤٧,٢٣٤	٨,٥٤٦,٤٥٣	٥,١٩٠,٢٠٠	١٤١,١٨٩	٤٥,٧٨١
١٠	ضد آسم و شل کننده عضلات صاف	br	١٠	Gauss٥	٦,١٠٤,٨٩٣	٢,٧٥٢,٣٢٥	١٦,٢٢٤,٠٠٠	١٠,١٤٣,٨٨٨	٤,٣٥٦,١٩١	٣١,٣٠٨,٠٠٠	٨٧,١٨٣	١٧,٧١٣
١١	ضد عفونت	br	١٠	Gauss٥	٥٠,٩٨٠,٥٧٨	٢٨,٦٢٢,٠٠٤	٣٤,٥٧٠,٠٠٠	٧٥,٢٦٨,٢٣٨	٢٩,٧٩٧,٢٣٢	٤٠,٠٨٠,٠٠٠	٥٨٣,٦٤٨	١٢٢,١٩٠
١٢	قلبی عروقی	br	١٠	Gauss٥	٣٦,٥٥٨,٢١٦	٢٥,٩٢٧,٥٧٦	١٩,٢٢٨,٠٠٠	٥٨,٨٥١,٩٠٩	٢٩,٥٢٥,٣٠٩	٢٠,٣٧٦,٠٠٠	٣٦٩,٦٧٦	٥٥,٠١٣
١٣	گوارشی	br	١٠	Fourier٥	٢١,٥٩٣,٦٢٩	١٥,٢٧٤,٨٣٦	١٤,٨٨٤,٠٠٠	٣٣,٢٨٢,١٧٧	١٦,٧٤٧,٣٩٩	٢٠,٠٢٠,٠٠٠	١٠٩,٠٨٠	٣٣,٥٠٦
١٤	مسکن، ضد التهاب و ضد تب	scg	١٠	Fourier٥	٣٨,٨٠٠,٢٦٢	١٦,٢٤٩,١٣٥	٣٤,٦٣٨,٠٠٠	٦٤,٧٣٣,٥٠٣	١٩,٦٩١,٤٩٩	٥٦,٩٤٧,٠٠٠	٦٠٤,١٥٣	١١٨,٣٠٠
١٥	منقبض و باز کننده مردمک چشم و ...	scg	١٠	Sin٥	١,٨١٥,٩٤١	١,٠٤٩,٥٧٤	٢,٠٥٤,٤٠٠	٣,١٨٢,٠٦٥	١,٠٥٥,٨٦٧	٣,٥٩٣,٣٠٠	٣٣,٢٥٤	٦,٥٤٣
١٦	ویتامین	scg	١٣	Fourier٦	٩,٢٦٠,٠٧٥	٤,٦٥٢,٦٣٣	٦,١٠٠,٢٠٠	١٤,١٣٦,٧٦٨	٥,٣٥٢,٤٩٠	٧,٣٨٢,٢٠٠	٣٥٣,٨١٨	٥١,١٤٦
١٧	سایر گروه‌های درمانی	scg	١٣	Gauss٤	١٢٨,٦٩٣,٧٨٦	٨٦,٨٠٦,٥٩٠	١١٥,٣١٠,٠٠٠	٢١١,٩٦٠,٦٧٨	٩١,٠٥١,٦٦٨	١٨٤,٩٦٠,٠٠٠	١,١٧٥,٧٢٤	٤٤٩,٢٤١
	مجموع بازار				٣٦٠,٣٥٦,٢٤٠	٢٢٣,٣١٩,٣٧٤	٣٠٧,٣٥١,٩٠٠	٥٨٥,٣١٣,٧٥٤	٢٤٠,٥٠٤,٤٧٩	٤٥٩,٥٥٠,٨٠٠		

* تابع استفاده‌شده برای آموزش شبکه عصبی (br=trainbr, scg=trainscg)، لایه‌های پنهان شبکه عصبی (HL)، تابع برازش منحنی (Func.) و تعداد دوره تأخیر (TD).

بحث

در تحقیق حاضر از آمارنامه‌های دارویی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ سازمان غذا و دارو به‌منظور پیش‌بینی فروش ریالی محصولات دارویی در سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ استفاده شد (در جدول چهار قابل‌مشاهده است) و از نتایج به‌دست‌آمده برای سال ۱۳۹۶ و مقایسه آن با آمارنامه رسمی سال ۱۳۹۶ صرفاً به‌عنوان معیاری برای سنجش کلی دقت و نحوه عملکرد روش‌های فوق‌الذکر در پیش‌بینی استفاده گردید.

برمبنای اطلاعات منتشرشده از سوی سازمان غذا و دارو، ارزش بازار دارویی کشور در سال ۱۳۹۶ بر مبنای قیمت مصرف‌کننده ۱۸۸،۰۹۴،۳۲۲ میلیون ریال است. با توجه به اینکه پیش‌بینی

فروش ریالی سه روش ANN، CAGR و CF برای سال ۱۳۹۶ به ترتیب برابر با «۱۹۵،۶۵۳،۲۵۸»، «۲۳۳،۳۹۶،۹۵۸» و «۲۰۶،۵۸۶،۰۹۰» میلیون ریال برآورد شده است می‌توان گفت که روش CAGR با ۲۴/۱ درصد اختلاف بیشترین تفاوت و دو روش CF و ANN به ترتیب با ۹/۸ درصد و چهار درصد اختلاف کمترین تفاوت را با آمار رسمی اعلام‌شده دارا هستند (با توجه به عدم انتشار آمارنامه دارویی ۱۲ ماهه سال ۱۳۹۷ توسط سازمان غذا و دارو و گذشت تنها هفت ماه از سال ۱۳۹۸ در زمان نگارش مقاله، انجام محاسبه خطای مقدار پیش‌بینی و مقدار واقعی برای سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ توسط پژوهشگران امکان‌پذیر نبود).

به‌طورکلی در سالیان گذشته روش‌های مرسوم پیش‌بینی تقاضای دارو در کشور روش‌های سرانگشتی و مبتنی بر تجارب بوده است. عدم وجود شناخت کافی از ابزارهای نوین و روش‌های صحیح به‌کارگیری آن‌ها و همچنین عدم اطلاع متصدیان و متولیان این بخش نسبت به میزان دقت و اثرگذاری که این روش‌ها نسبت به دیگر روش‌های سنتی، سرانگشتی و ترکیبی باعث شده است تا تلاش چندانی برای رفع چالش‌های موجود بر سر راه استفاده از این روش‌ها انجام نشود.

ازجمله چالش‌های موجود در انجام این تحقیق می‌توان به عدم وجود یک استاندارد برای ایجاد یک بانک اطلاعاتی ساختاریافته بر اساس گروه‌های مختلف دارویی (دسته‌بندی محصولات ژنریک) و همچنین، در اختیار نداشتن اطلاعات ماهانه فروش اشاره کرد.

در ادامه با در نظر گرفتن نتایج قابل‌قبول به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر و دیگر مطالعات انجام‌شده با اهدافی مشابه، چهار رویکرد پژوهشی برای مطالعات آینده در این حوزه پیشنهاد می‌گردد:

- با توجه به اینکه برخی محققان اثر تغییرهای کلان ثانوی را در فرآیند پیش‌بینی خود لحاظ کرده‌اند، به پژوهشگران پیشنهاد می‌شود که در پژوهش‌های آتی خود برای پیش‌بینی فروش ریالی بازار دارویی نسبت به شناسایی و استفاده از دیگر تغییرهای کلان اقتصادی تأثیرگذار بر عرضه و تقاضای بازار دارویی (نرخ تورم، نرخ ارز، تولید ناخالص داخلی و نوسانات بازار و غیره) اقدام کنند.[۲۱]
- دستیابی به مجموعه پارامترهای حساس‌تر برای شبکه عصبی منجر به دستیابی پیش‌بینی دقیق‌تری از فروش ریالی خواهد شد. لذا، پژوهشگران می‌توانند موضوع پژوهش خود را، راه‌های دستیابی به پارامترهای بهینه ANN در سری زمانی تعریف کرده و طی آن انواع روش‌های موجود را آزمون نموده و پس از مقایسه نتایج باهم مجموعه‌ای بهینه از پارامترهای ANN را ارائه دهند.
- با استفاده از روش‌های بکار رفته در این پژوهش و روش‌های مشابه دیگر نسبت به پیش‌بینی فروش عددی به تفکیک محصولات دارویی اقدام شود.[۸]
- با توجه به مطالعاتی هم جون پژوهشی یانگ و همکاران پیشنهاد می‌شود از دیگر روش‌های پیش‌بینی نظیر ARIMA، ANFIS، diff-SARIMA، شبکه عصبی بازگشت به عقب (BP) و ترکیب این روش‌ها با یکدیگر به‌عنوان رویکرد جدید دیگری برای انجام پژوهش‌های مشابه در صنعت دارو استفاده شود.[۱۱]

با در نظر گرفتن نتایج تجربی به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان چنین اظهار کرد که به‌کارگیری روش ANN و CF در پیش‌بینی میزان فروش ریالی دارو همواره عملکرد بهتری نسبت به روش مرسوم CAGR دارد و در مواقعی که سوابق داده‌های تجربی گذشته برای فروش دارو کم است روش CF کارایی بهتری دارد و با افزایش حجم نمونه در اختیار ANN کارایی مطلوب‌تری نسبت به دو روش یادشده دارد. این نتیجه‌گیری بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از بررسی خطای تمام گروه‌های درمانی با شاخص RMSE و دقت پیش‌بینی دو مدل انجام پذیرفته است که تفاوت معناداری را نشان می‌دهند. همچنین، در این پژوهش مشاهده شد که روش CF در تمامی گروه‌های درمانی مقادیر RMSE کمتری نسبت به روش ANN دارد.

این یافته‌ها با نتیجه حاصل از مطالعه جلال کمالی و همکاران که نشان داد روش ANN در مقایسه با روش AMIRA (دیگر روش کلاسیک که برای پیش‌بینی تقاضای دارو استفاده می‌شود) دارای عملکرد بهتری بوده و قادر است میزان تقاضای دارو را دقیق‌تر پیش‌بینی نماید همخوانی دارد.[۸] همچنین، این نتایج به لحاظ کیفی با نتیجه حاصل از مطالعه دل‌بزرگی و همکاران همخوانی دارد که نشان دادند می‌توان از روش ANN برای پیش‌بینی، مدیریت و بهره‌وری منابع آب بهره جست. بنابراین، می‌توان چنین گفت که با استفاده از دو روش ANN و CF و دیگر روش‌های علمی کارا می‌توان نسبت به پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضای بازار دارو در سال‌های آتی و مدیریت و بهره‌برداری از منابع مالی صنعت دارو بهره جست.[۲۰]

از منظر سیاستی صنعت دارو و نیازهای دارویی کشور و به‌عنوان یک نمونه واقعی باید پذیرفت که شرکت‌های تولیدکننده و واردکننده دارو، با توجه به هدف تشکل آن‌ها به‌عنوان یک بنگاه اقتصادی در تلاش هستند تا از روش‌های مختلف با استفاده از فرصت‌های پیش رو مانند دریافت ارز دولتی برای تأمین مواد اولیه، افزایش قیمت‌های فروش و اعطای جوایز به سودآوری بیشتری دست یابند؛ اما ضمن ارج‌گذاری به روش‌های علمی و اخلاقمند در حوزه بازاریابی، تولید و فروش که اکثر شرکت‌های محترم دارویی از آن تبعیت می‌کنند، باید در نظر داشت که تنها با برآورد صحیح و تمیز نیازهای واقعی از نیازهای سودجویانه و غیرمسئولانه، توسط مرجع تأییدکننده تقاضاها – سازمان غذا و دارو – از طریق روش‌های علمی ارائه‌شده توسط متخصصین و پژوهشگران در کنار اعمال اصلاحات ساختاری در بازمهندسی فرآیندهای مدیریت تأمین دارو و استفاده از ابزارهای نرم‌افزاری نوین جهت افزایش قابلیت کلان داده‌ها (Big data) در صنعت دارو می‌توان تأمین به هنگام محصولات استراتژیک دارویی را تضمین کرد.

در انتها با عنایت به رسالت استراتژیک سازمان غذا و دارو در کشور، در خصوص مدیریت تأمین داروهای باکیفیت و پیشگیری از کمبودهای دارویی از طریق تولید داخل و واردات در شرایط و برهه‌های زمانی مختلف – صلح، تحریم و جنگ – از یکسو و وجود کلان داده‌ها در کلیه حلقه‌های زنجیره تأمین دارو در مخازن داده آن سازمان از سوی دیگر (که نمونه‌ای از آن به‌صورت دوره‌ای تحت عنوان آمارنامه دارویی به‌صورت عمومی منتشر می‌گردد)، استفاده از روش‌های آماری بهینه برای تخمین میزان فروش و به‌کارگیری نتایج پژوهش‌هایی از جنس پژوهش حاضر می‌تواند به‌صورت نسبی و به‌عنوان یکی از متغیرها، مدیریت مطلوب‌تری را در عرضه و تقاضای داروی کشور و به‌خصوص در شرایط تحدید و تحریم فراهم نماید.

ملاحظات اخلاقی

رعایت دستورالعمل های اخلاقی: در این مطالعه به ملاحظات اخلاقی ازجمله شرط امانت و صداقت توجه شده است.

حمایت مالی: پژوهش حاضر از سوی هیچ سازمانی موردحمایت مالی قرار نگرفته است.

تضاد منافع: بین نویسندگان این پژوهش هیچ‌گونه تضاد منافع وجود ندارد.

تشکر و قدردانی: پژوهش حاضر حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان تحلیل و پیش‌بینی تقاضا سالانه داروی مصرفی ایران، در مقطع کارشناسی ارشد، مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، در سال ۱۳۹۷ است. پژوهشگران بر خود لازم می‌دانند از زحمات گروه مهندسی صنایع، شورای پژوهشی دانشگاه و میثم صفاری نژاد تشکر و قدردانی نمایند.

References

1. Mirhashemi AH, Motamedi M, Mirhashemi S, Taghipour H, Danial Z. Prevalent causes of mortality in the Iranian population. Hospital Practices and Research 2017; 2: 93-93.
2. Sharma S K, Sharma G K. Demand forecasting techniques vis-à-vis demand forecast for lead. Procedia Earth and Planetary Science 2015; 11: 418-424.
3. Kazemi B. Production management. Tehran: Payame Noor University; 2013. [In Persian]
4. Wang L, Wang Zh, Qu H, Liu Sh. Optimal forecast combination based on neural networks for time series forecasting. Soft computing journal. 2018; 66: 1-17.
5. Liao Zh, Wang J. Forecasting model of global stock index by stochastic time effective neural network. Expert Systems with Applications. 2010; 37(1): 834-841.
6. Ghaffari M, Yusefi R. Modeling currency price forecast using neural networks. Financial engineering and portfolio management 2011; 2(8): 99-119. [In Persian]
7. Ranjithan J, Eheart J, Garrett J H. New uncertainty conception hydrology and water resources. In: Kundzewicz ZW, editor. Application of neural network in groundwater remediation under condition of uncertainty. Cambridge: Cambridge University Press; 1995; p.133-140.
8. Jalal Kamali HK. Drug demand forecasting using artificial neural networks (Case study: Antibiotic capsule 500 - Hejrat distribution Co.) [MSc Thesis]. Mashhad: Payame Noor University of Khorasan Razavi Province; 2017. [In Persian]
9. Ghasemi A R, Taghinezhad Y, Fani R. Using multilayer perceptron neural network approach in forecasting demand of perishable goods in retail stores. In: 1st National Conference of Modern Management Studies in Iran; 2017Nov 27; Karaj, Allameh Khoi Institute of Higher Education & Meraj Higher Education Institute. [In Persian]
10. Yuan J, Farnham C, Azuma C, Emura K. Predictive artificial neural network models to forecast the seasonal hourly electricity consumption for a university campus. Sustainable Cities and Society Journal. 2018; 42:82-92.
11. Yang Y, Chen Y, Wang Y, Li C, Li L. Modelling a combined method based on ANFIS and neural network improved by DE algorithm: A case study for short-term electricity demand forecasting. Applied Soft Computing. 2016;49:663-675.
12. Dawis RV. Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling. In: Tinsley HEA, Brown SD, Editors. San Diego, California: Academic Press; 2000. p. 92-65.
13. Tinsley HEA, Weiss DJ. Handbook of applied multivariate statistics and mathematical modeling. In: Tinsley HEA, Brown SD, Editors. San Diego, California: Academic Press; 2000. p. 118-95.
14. Tkáč M, Verner R. Artificial neural networks in business: Two decades of research. Applied Soft Computing 2016; 38, 788-804.

15. Hashemi F. Evaluation Monte Carlo and Neural Network for predicting air pollution in temporal GIS [MSc Thesis]. Tehran: Faculty of Geodesy & Geomatics Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Spatial Information System Mapping Field; 2011. [In Persian]
16. McClarren R G. Computational nuclear engineering and radiological science using python. London: Academic press; 2017: 193-214.
17. Tao Z, Li Z, Dingjun Ch. The predicting model of E-commerce site based on the ideas of curve fitting. Physics Procedia. 2011; 22: 641-645.
18. Diaconescu E. The use of NARX neural networks to predict chaotic time series. WSEAS Trans Comp Res. 2008; 3(3): 182-91.
19. The MathWorks, Inc. Evaluating Goodness of Fit. © 1994-2019 (updated 2019 06 01 cited 2019 10 25). Available from: (https://se.mathworks.com/help/curvefit/evaluating-goodness-of-fit.html)
20. Dehbozorgi M, Malekian A, Ehsani AH. Evaluation the efficiency of using Artificial Neural Networks in predicting meteorological droughts in north-west of Iran. 2015; 36:139-156.
21. Farmanara O, Farmanara V. Anticipation of Macroeconomic variables impact on stock prices using artificial neural network with GMDH algorithm. 2010; 4:45-62.