مقاله ترویجی

پیش‌بینی تقاضای فرآورده‌های بانک خون به تفکیک گروه‌های خونی با رویکرد داده‌کاوی با استفاده از شبکه‌های عصبی (مطالعه موردی: شبکه انتقال خون استان زنجان)

علی‌اصغر مسلمی بیرامی [۱] ، مهدی یوسفی‌نژاد عطاری [۲*]

دانشگاه آزاد اسلامی بناب

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۱۱

چکیده

مدیریت و برنامه‌ریزی زنجیره تأمین خون با توجه به وجود عدم قطعیت در عرضه و تقاضای آن، دارای پیچیدگی‌هایی است که عدم قطعیت در عرضه، نشات گرفته از رفتار غیرقابل پیش‌بینی و نامنظم انسان‌ها در اهدای خون، به‌عنوان تنها منبع تأمین و همچنین تقاضای اغلب تصادفی می‌باشد. به علاوه، فسادپذیر و کوتاه بودن عمر خون و فرآورده‌های آن، ازجمله مواردی هستند که باید به آن‌ها نیز توجه داشت. تأمین خون سالم و کافی، نقش اساسی در سیستم‌های سلامت ایفا می‌کند. بنابراین، پیش‌بینی تقاضا جهت جلوگیری از کمبود موجودی و به خطر افتادن سلامت بیماران و از طرف دیگر افزایش موجودی و در نتیجه افزایش ضایعات و هزینه‌های دولت‌ها، توجه محققان را به خود جلب کرده است. بر همین اساس هدف این تحقیق پیش‌بینی تقاضای فرآورده‌های بانک خون با استفاده از شبکه‌های عصبی می‌باشد. شبکه‌های عصبی این قابلیت را دارند که با تنظیم مناسب برخی پارامترها، از روندهای گذشته پیش‌بینی مناسبی در جهت آینده داشته باشند. در این تحقیق به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها از آمار و بانک‌های اطلاعاتی و شبکه‌های کامپیوتری، شبکه انتقال خون استان زنجان بهره گرفته‌شده و برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، از امکانات و توابع موجود نرم‌افزار MATLAB، استفاده گردیده است. یافته‌های پژوهش بر اساس تقاضاهای قبلی فرآورده‌های خونی نشان می‌دهد که بهترین مدل شبکه عصبی به‌منظور پیش‌بینی تقاضا، دارای دو تأخیر و پنج نورون در لایه پنهان می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که مقدار خطا در هر سه فرآورده خونی نزدیک به هم بوده ولی دارای مقادیر متفاوت می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: فرآورده‌های خونی، شبکه عصبی، تقاضا در زنجیره تأمین.

۱- مقدمه

ازآنجایی‌که خون یک عنصر حیاتی در حفظ زندگی بیمار می‌باشد لذا تقاضا و مدیریت عرضه خون یکی از اجزای اصلی زنجیره تأمین بهداشت و درمان محسوب می‌شود [۱]. بااین‌حال، پیش‌بینی تقاضا با چالش‌های بسیاری ازجمله کمبودهای مکرر و امکان اتمام انقضای احتمالی ناشی از عدم تقاضا در بیمارستان‌ها روبرو می‌باشد. این عدم قطعیت عمدتاً به دلیل تغییرپذیری زیاد در تعداد موارد اضطراری در تقاضا را شامل می‌شود [۲، ۳]. طی سال‌های اخیر، تحولات در زمینه مراقبت‌های بهداشت و درمان تمرکز خود را بر تقویت زنجیره‌های تأمین متمرکز کرده است [۴]. زنجیره تأمین خون با اهداکننده شروع و با بیمار پایان می‌یابد، اما درنهایت این نیاز خون توسط بیمار است که زنجیره را تحریک می‌کند [۵]. از دلایل اصلی توجه به زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی می‌توان به کاهش ضایعات و کمبود منابع و کاهش هزینه‌های کلی مراقبت‌های بهداشتی ضمن بهبود سلامت عمومی، ایمنی

۱- دانشجوی دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران، پست الکترونیک:
amb1368@gmail.com
۲*- استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیک:
Mahdi_108108@yahoo.com

بیماران و کیفیت سطح خدمات اشاره نمود [۶]. بر اساس نظر پریوت و گونزالز (۲۰۱۴) از چالش‌های اصلی در زنجیره تأمین سلامت می‌توان به عدم اطمینان در تقاضا و موجودی، مدیریت سفارش، انقضا و محدودیت منابع انسانی اشاره نمود. فقدان اطلاعات دقیقی مانند مقدار تقاضا، می‌تواند مدیریت را مجبور به تصمیم‌گیری سفارش‌هایی نماید که نتیجه آن می‌تواند منجر به هدر رفتن منابع و هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی شود. این امر زمانی مهم‌تر خواهد بود که محصول مورد نظر یک‌عمر کوتاه داشته باشد.

ذخیره‌سازی بیش‌ازحد تقاضای خون ضمن این‌که هزینه زیادی را بر مراکز انتقال خون تحمیل می‌نماید، از طرف دیگر باعث کاهش کیفیت واحد خون و افزایش ضایعات ناشی از آن می‌گردد [۷]. سازمان جهانی بهداشت، میزان خون مورد نیاز به ازای هر تخت فعال بیمارستانی را، ۵ تا ۱۵ واحد در سال تخمین زده است. از آنجایی که فرآیند اتلاف خون به علت‌های مختلف اجتناب‌ناپذیر است، لذا لزوم تعیین مدل مناسب مصرف خون و فرآورده‌های خونی در مراکز درمانی با اولویت بخش‌های پرمصرف با تدوین دستورالعمل مناسب، ضروری به نظر می‌رسد. بدیهی است همکاری متخصصین جراحی، بیهوشی و انکولوژی در تخمین احتمال واقعی خونریزی در حین عمل جراحی و عدم ذخیره کردن خون اضافی و غیرضروری، منجر به کاهش تحمیل هزینه اضافی اتلاف خون مصرف نشده می‌گردد [۸].

اگر چه در سال‌های اخیر به دلیل مدیریت درست خون، دریافت‌کنندگان با کاهش کمبود روبرو شده‌اند، اما به نظر می‌رسد که در طی سال‌های آینده نیاز به خون به‌طور فزاینده‌ای افزایش می‌یابد که دلیل اصلی آن نیز مسن شدن جوامع می‌باشد [۹]. هر ساله در سراسر جهان می‌توان با استفاده از خون و فرآورده‌های آن، از خطر مرگ بسیاری از افراد جلوگیری نمود [۱۰]. همچنین تخمین زده شده است که در صورت نبودن خون برای تزریق، سالیانه ۶/۵ میلیون بیمار در آمریکا جان خود را از دست خواهند داد [۱۱].

به‌طور میانگین از هر سه نفر، یک نفر در طول زندگی احتیاج به تزریق خون و فرآورده‌های خونی پیدا می‌کند و در هر ثانیه یک نفر از ساکنان کره زمین از همه سنین و تمام نژادها برای ادامه حیات به تزریق خون نیاز دارند.

با توجه به مباحث مطرح‌شده، مدیریت خون، یکی از چالش‌های مهم و با موضوعی خاص برای جامعه بشری و سیستم سلامت دولت‌ها محسوب می‌شود. خون انسان یک منبع کمیاب است که فقط به‌وسیله خود انسان تولید می‌شود و در حال حاضر هیچ محصول یا فرآیند شیمیایی دیگری نیست که به عنوان جایگزین آن مورداستفاده قرار گیرد [۱۲]. بر همین اساس و با درک این مسئله، در این مقاله اقدام به پیش‌بینی تقاضای فرآورده‌های بانک خون استان زنجان با در نظر گرفتن تفکیک گروه‌های خونی با استفاده از شبکه‌های عصبی نموده‌ایم. شبکه‌های عصبی این قابلیت را دارند که با تنظیم مناسب برخی پارامترها، پیش‌بینی و تصمیم‌گیری مناسبی در جهت آینده داشته باشند.

۲- روش کار

این تحقیق بر اساس هدف از نوع تحقیقات کاربردی محسوب می‌گردد. در این تحقیق به‌منظور جمع‌آوری داده‌ها جهت پاسخ به سؤالات تحقیق از بانک‌های اطلاعاتی و شبکه‌های کامپیوتری، شبکه انتقال خون استان زنجان بهره گرفته شده است و پیش‌بینی و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها در نرم‌افزار متلب صورت گرفته است. در این تحقیق به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات از شبکه‌های عصبی مصنوعی استفاده‌شده است.

۲-۱- شناسایی مشکل

مباحث بیان شده نشان دهنده اهمیت توجه به مسئله پیش‌بینی تقاضای خون مورد نیاز در گروه‌های مختلف خونی را نشان می‌دهد. علاوه بر این ضرورت، ضرورت‌های دیگری مانند ۱) نبود مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی و آگاهی از مقدار خون مورد نیاز در شبکه‌های انتقال خون، ۲) نیاز روز افزون به خون در اثر مسن شدن جوامع و نبود بینش صحیح در زمینه مقدار خون مورد نیاز هر یک از واحدهای شبکه انتقال خون و ۳) کاربردی بودن تحقیق در زمینه ارائه مدلی که مدیران و کارکنان شبکه انتقال خون استان زنجان بتوانند از نتایج آن به شکل مناسبی بهره ببرند، می‌باشد.

۲-۲- تاریخچه ادبیات

با بررسی مقاله‌های انجام گرفته شده در این زمینه، مدل‌های استفاده‌شده جهت پیش‌بینی تقاضای خون، به ندرت انجام گرفته‌اند؛ اما چندین مورد پیش‌بینی تقاضای خون با مدل‌هایی مانند: Naïve [۱۳]، میانگین متحرک (MA) [۱۴]، مدل هموارسازی نمایی (ES) [۱۵] و تجزیه سری زمانی (TSD) [۱۶]، ARIMA [۱۷] و یا مدل

MLP وPNN شبکه‌های عصبی انجام گرفته [۱۸] و سپس به مقایسه خطاهای مدل‌های مذکور با یکدیگر پرداخته‌اند.

۲-۳- نوآوری

در این مقاله از روش شبکه‌های عصبی که روش بسیار قوی در مورد پیش‌بینی هستند استفاده گردیده، که این امر با پیش‌بینی مناسب در آینده از اتلاف فرآورده‌های خونی به دلیل افزایش تعداد اهدا کنندگان و ذخیره بیش از حد تقاضا، جلوگیری کرده و یا از کمبود موجودی و به خطر افتادن جان بیماران آگاهی می‌دهد.

در سایر مقالات انجام گرفته شده در این زمینه عوامل تأثیرگذار خارجی در تقاضا مانند تعداد پذیرش بیمار، روزهای بستری، تعداد جراحی، حوادث جاده‌ای منجر به خونریزی، دیالیز، سزارین و ... را در پیش‌بینی لحاظ کرده بودند ولی نوآوری و جنبه بسیار مهم این تحقیق پیش‌بینی تقاضا به تفکیک گروه‌های خونی می‌باشد. با توجه به اینکه پیش‌بینی تقاضای سه فرآورده خونی FFP، RBC و PLT مد نظر در این تحقیق در صورت تزریق به یکدیگر گروه‌های خونیABO باعث لخته شدن خون و از دست رفتن جان بیماران خواهد شد، لذا باید پیش‌بینی تقاضا با توجه به تفکیک گروه‌های خونی انجام گیرد که تاکنون در هیچ یک از مقالات کار شده در دنیا در این زمینه، این نوآوری لحاظ نشده است.

۲-۴- معرفی خون

به طور کلی خون یکی از کالاهای حیاتی در حوزه سلامت و بهداشت می‌باشد که امروزه علیرغم پیشرفت‌های قابل توجه در حوزه پزشکی، هنوز جایگزینی برای این کالای حیاتی یافت نشده است. از جمله موارد مصرف متعدد خون می‌توان عمل‌های جراحی (جراحی نوزادان، پیوند اعضا، زایمان، جراحی قلب باز و ...)، درمان سوختگی، شیمی درمانی، بیماران تالاسمی، هموفیلی و بیماران دیالیزی را نام برد.

۸ گروه خونی ABO روشی برای تقسیم‌بندی خون‌ها بر پایه وجود یا نبود آنتی‌ژن‌های موروثی خاصی روی سطح گلبول‌های قرمز خون است. انتقال فرآورده خون از گروه خونی فردی به فرد دیگر همیشه امکان‌پذیر نیست. اجزای مهم یک واحد خون کامل شامل پلاسما، گلبول قرمز و پلاکت می‌باشند که به تفکیک در ذیل توضیح داده شده‌اند. پس از دریافت کیسه خون از واحد خون‌گیری فرآیند تهیه و تولید فرآورده‌ها طبق دستورالعمل‌های استاندارد سازمان انتقال خوان انجام می‌گیرد. فرآورده‌های خون آن دسته از مواد تشکیل دهنده خون هستند که کاربرد درمانی داشته که می‌توان به‌وسیله سانتریوفیوژ، فیلتر کردن و منجمد نمودن تهیه گردند.

الف) پلاسمای تازه منجمد (FFP [۱])

برای تهیه پلاسمای تازه منجمد کیسه‌های خون کامل را با دور سنگین سانتریفیوژ کرده و پلاسما را جدا می‌کنند. برای تهیه این فرآورده باید حداکثر تا ۶ ساعت بعد از اهدای خون اقدام نمود. دمای مطلوب ۳۰- درجه سانتی‌گراد یا پائین تر است ولی می‌توان آن را در ۱۸- درجه سانتی‌گراد نیز نگهداری کرد که چنانچه در این برودت نگهداری شود می‌توان تا یکسال به‌عنوان منبعی غنی از فاکتورهای انعقادی پایدار و غیر پایدار از آن استفاده کرد.

ب) پلاکت (PLT [۲])

برای تهیه پلاکت، نخست باید پلاسمای غنی از پلاکت تهیه نمود و برای این منظور کیسه خون را با دور آهسته سانتریفیوژ می‌کنند. دمای سانتریفیوژ برای تهیه پلاکت باید ۲۲ درجه سانتی‌گراد باشد. فرآورده پلاکتی را باید حداکثر تا ۶ ساعت بعد از اهدای خون تهیه نمود.

ج) گلبول قرمز متراکم (RBC [۳])

گلبول قرمز فشرده یا متراکم با برداشت پلاسما از خون کامل به‌وسیله سانتریفیوژ به دست می‌آید که برای سانتریفیوژ از چرخش سنگین در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌کنند و سپس پلاسمای جدا شده را به یکی از کیسه‌های جانبی منتقل می‌کنند.

پایداری گلبول قرمز فشرده بستگی به نگهداری آن از ۲۱ الی ۳۵ روز می باشد. دمای نگهداری گلبول قرمز فشرده ۶-۱ درجه سانتی‌گراد است.

۲-۵- مطالعات مقدمه

شبکه‌های عصبی مصنوعی که امروزه در کاربردهای فراوانی ارزش بالای خود را نشان داده‌اند، بر اساس مدل بیولوژیکی مغز جانوران به وجود آمده‌اند. این شبکه‌ها به‌واقع یک سیستم داده‌پردازی اطلاعات است که دارای خصوصیات اجرائی خاصی همانند شبکه‌های عصبی جانوری می‌باشد که از تعمیم یافتن مدل‌های ریاضی آن‌ها به وجود آمده‌اند. شبکه‌های عصبی مصنوعی، شاخه‌ای از هوش مصنوعی است

1- Fresh Frozen Plasma
2- platelet
3- Red Blood Cell

که یک روش مناسب برای تشخیص الگوهای ناشناخته در داده می‌باشد که یکی از کاربردهای آن پیش‌بینی است؛ بنابراین شبکه‌های عصبی در بسیاری از زمینه‌ها برای پیش‌بینی بازار سهام و ارز، آب و هوا و پزشکی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

یک شبکه عصبی از نورون‌های مصنوعی تشکیل‌شده است. نورون یا گره کوچک‌ترین واحد پردازش اطلاعات می‌باشد که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهد. هر یک از نورون‌ها، ورودی‌ها را دریافت نموده و پس از پردازش روی آن‌ها، یک سیگنال خروجی تولید می‌نمایند. لذا هر نورون در شبکه به‌عنوان مرکز پردازش و توزیع اطلاعات عمل کرده، ورودی و خروجی مخصوص به خود را دارد [۱۹]. شبکه‌ای عصبی مصنوعی، یکی از روش-های محاسباتی است که به کمک فرآیند یادگیری و با استفاده از پردازشگرهایی بنام نورون تلاش می‌کند با شناخت روابط ذاتی بین داده‌ها، نگاشتی میان فضای ورودی (لایه ورودی) و فضای مطلوب (لایه خروجی) ارائه دهد. لایه یا لایه‌های مخفی، اطلاعات دریافت شده از لایه ورودی را پردازش کرده و در اختیار لایه خروجی قرار می‌دهند. هر شبکه با دریافت مثال‌هایی آموزش می‌بینند. آموزش فرایندی است که در نهایت منجر به یادگیری می‌شود. یادگیری شبکه، زمانی انجام می‌شود که وزن‌های ارتباطی بین لایه‌ها چنان تغییر کند که اختلاف بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و محاسبه‌شده در حد قابل قبولی باشد. با دستیابی به این شرایط فرایند یادگیری محقق شده است. این وزن‌ها حافظه و دانش شبکه را بیان می‌کنند. شبکه عصبی آموزش دیده می‌تواند برای پیش‌بینی خروجی‌های متناسب با مجموعه جدید داده‌ها بکار رود [۱] (دایهوف[۱]، ۲۰۰۶). با توجه به ساختار شبکه عصبی مصنوعی، ویژگی های عمده آن، سرعت بالای پردازش، توانایی یادگیری الگو به روش اراده الگو، توانایی تعمیم دانش پس از یادگیری، انعطاف‌پذیری در برابر خطاهای ناخواسته و عدم ایجاد اخلال قابل توجه در صورت بروز اشکال در بخشی از اتصال‌های به دلیل توزیع وزن‌های شبکه است [۱] (خانا[۲]، ۱۹۹۰). در این تحقیق از شاخص‌های MSE، RMSE و MAP جهت انتخاب بهترین مدل شبکه عصبی با تعداد تأخیر و تعداد نورون متفاوت به‌صورت زیر استفاده‌شده است.

اندیس‌ها:

$U_{p,k}$: مقدار پیش‌بینی شده

$U_{a,k}$: داده واقعی

n: تعداد مشاهدات

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^{n}(u_{a,k}-u_{p,k})^2}{n} \qquad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n}(u_{a,k}-u_{p,k})^2}{n}} \qquad (2)$$

$$MAP = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left|\frac{u_{a,k}-u_{p,k}}{u_{a,k}}\right| \qquad (3)$$

۳- یافته‌ها

جهت پیاده‌سازی تکنیک پیش‌بینی به روش شبکه عصبی از داده‌های واقعی پایگاه انتقال خون استان زنجان استفاده شده است. بدین منظور داده‌های مربوطه از ابتدای سال ۱۳۹۳ تا انتهای نیمه اول سال ۱۳۹۵ به تفکیک نوع فرآورده خون، گروه‌های مختلف خون و تعداد تقاضاها طبقه‌بندی و جمع‌آوری گردیده است.

در این بخش پیش‌بینی با توجه به فراوانی سه فرآورده خونی FFP، PLT و RBC تفکیک شده مربوط به هشت گروه خونی A-، A+، AB-، AB+، B-، B+، O- و O+ انجام‌گرفته شده است. برای این منظور تعداد نورون و تعداد تأخیر به روش سعی و خطا برای داده‌های تست شبکه انجام‌گرفته و مقدار خطا با استفاده از سه شاخص MSE، RMSE و MAP محاسبه‌شده است. در پیش‌بینی‌های انجام‌گرفته ابتدا تعداد نورون‌ها، سه نورون در نظر گرفته و مقادیر خطا یادداشت شده است. در نهایت تعداد نورون برای مراحل بعدی بر اساس بهترین مقدار و دو نورون کمتر و بیشتر آزمایش گردیده تا بهترین شبکه عصبی از نظر عملکرد انتخاب گردد.

۱- Dayhoff

۲- Khanna

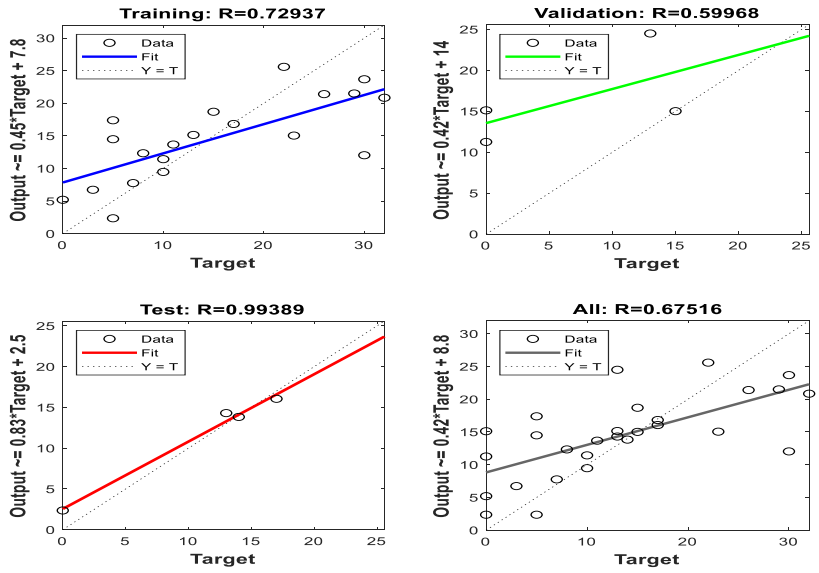
۳-۱- پیش‌بینی خطای گروه‌های خونی فرآورده FFP

در پیش‌بینی فرآورده FFP گروه‌های خونی، برای شروع کار از سه نورون در لایه پنهان و تعداد تأخیر ۱ استفاده‌شده است. با محاسبه شاخص‌های خطا، تعداد نورون‌ها در تأخیر یک افزایش‌یافته و در پنج نورون بهترین مقدار حاصل‌شده است. در گام بعدی تعداد تأخیرها با توجه به شش ماهه بودن تعداد داده‌ها تا ۶ افزایش‌یافته و بهترین عملکرد شبکه عصبی در دو تأخیر حاصل‌شده است. نتایج برای سایر گروه‌های خونی نیز با دو تأخیر و به ترتیب با سه، چهار، پنج، شش و هفت نورون ادامه پیدا کرده است. نتایج در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): پیش‌بینی خطای گروه‌های خونی فرآورده FFP با نورون‌های مختلف

تعداد نورون														
7			6			5			4			3			گروه خونی
MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	
3.76	6.22	5.53	8.49	4.30	2.64	2.04	1.43	0.29	3.78	5.63	4.54	8.79	6.22	5.54	A-
30.27	21.66	29.61	32.80	18.90	27.97	28.28	13.31	25.32	38.84	19.97	26.97	29.48	13.57	32.78	A+
8.97	4.35	2.71	7.10	3.88	2.15	5.63	2.37	0.80	10.71	3.27	1.53	9.78	3.44	2.82	AB-
23.08	11.40	18.58	19.14	9.54	13.02	12.27	8.95	11.46	18.91	9.24	12.21	16.49	10.31	15.21	AB+
22.97	6.16	5.42	26.16	5.58	4.45	17.69	4.20	2.52	22.31	6.50	6.04	20.96	6.70	6.42	B-
16.29	9.03	5.75	15.45	7.39	4.93	6.82	5.64	4.54	11.22	5.67	4.60	8.11	6.48	6.01	B+
13.12	5.75	4.73	16.06	5.10	3.72	9.05	3.00	1.29	12.14	6.49	6.02	15.15	6.71	3.45	O-
15.41	16.01	36.63	17.12	12.95	14.16	13.34	9.01	11.62	17.27	10.82	16.75	14.19	11.52	13.88	O+

با توجه به اینکه بهترین عملکرد شبکه عصبی در تقاضای فرآورده‌های خونی در پنج نورون اتفاق افتاده است. نتایج مربوط به ضریب هم‌بستگی برای داده‌های تست، اعتبارسنجی و آموزش شبکه عصبی به تفکیک نشان داده‌شده است. برای مثال در شکل (۱) نتایج ضریب همبستگی برای گروه خونی A- نشان داده شده است.



شکل (۱): ضرایب همبستگی برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی و تست گروه خونی A-

جدول (۲): پیش‌بینی خطای گروه‌های خونی فرآورده PLT با نورون‌های مختلف

تعداد نورون														
7			6			5			4			3			گروه خونی
MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	
22.95	7.20	8.82	13.34	3.65	2.26	8.12	2.85	1.38	15.73	3.96	2.67	29.93	5.47	5.08	A-
26.45	21.82	28.93	28.12	17.26	25.64	23.01	11.09	20.89	27.87	10.85	20.02	28.54	16.95	28.84	A+
38.23	6.18	6.49	19.45	4.41	3.30	10.32	3.21	1.75	16.41	4.05	2.78	22.63	4.75	3.84	AB-
14.08	14.52	15.85	18.34	10.87	20.10	13.17	8.01	10.91	17.19	8.72	12.94	16.04	10.77	19.71	AB+
36.32	7.50	9.56	29.72	5.45	5.04	13.03	3.61	2.21	21.42	4.62	3.63	15.77	7.26	8.96	B-
28.43	17.01	14.16	18.43	10.88	17.11	14.67	5.16	4.53	27.54	6.12	6.37	29.23	7.017	8.36	B+
26.23	8.20	11.42	13.06	5.75	5.61	7.40	2.72	1.25	11.03	3.32	1.87	25.44	5.04	4.32	O-
28.05	18.78	13.39	18.11	13.53	12.10	14.04	8.12	11.21	9.82	9.84	16.44	21.34	14.81	17.25	O+

جدول (۳): پیش‌بینی خطای گروه‌های خونی فرآورده RBC با نورون‌های مختلف

تعداد نورون														
7			6			5			4			3			گروه خونی
MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	MSE	RMSE	MAP	
24.35	6.66	6.56	15.45	4.52	3.03	4.82	2.19	0.71	18.56	5.34	4.23	19.98	5.47	4.44	A-
35.35	20.86	22.47	24.72	15.96	37.72	18.36	10.64	16.79	26.65	16.29	39.34	35.34	20.86	24.47	A+
29.73	5.45	4.40	18.35	4.28	2.71	9.04	3.00	1.34	17.65	4.20	2.61	23.34	4.83	3.45	AB-
14.34	12.42	22.85	18.45	9.40	13.10	13.47	8.09	9.69	18.43	9.40	13.09	19.03	9.95	14.66	AB+
15.45	6.74	6.73	26.54	5.24	4.08	12.57	3.61	1.93	17.16	6.90	7.06	14.65	7.59	8.53	B-
26.23	16.62	20.91	27.45	10.36	15.91	16.76	5.17	3.96	25.67	6.75	6.76	29.71	7.05	7.36	B+
24.23	7.36	8.03	23.35	4.83	3.45	11.92	3.45	1.76	35.42	5.95	5.24	27.61	6.90	7.05	O-
9.74	10.47	16.25	11.12	10.05	14.97	12.24	8.78	11.44	13.65	10.66	16.83	8.43	16.98	22.71	O+

نتایج جداول (۱) تا (۳) نشان می‌دهد که بهترین مدل شبکه عصبی به‌منظور پیش‌بینی تقاضای فرآورده‌های بانک خون به تفکیک گروه‌های خونی در شبکه انتقال خون استان زنجان دارای دو تأخیر و پنج نورون در لایه پنهان بوده است. به‌طوری که نتایج بررسی مقدار میانگین مربعات خطا برای گروه‌های خونی فرآورده FFP در جدول (۱) نشان می‌دهد که میانگین مربعات خطا برای گروه خونی A-، A+، AB-، AB+، B-، B+، O- و O+ به ترتیب ۲/۰۴، ۲۸/۲۸، ۵/۶۳، ۱۲/۲۷، ۱۷/۶۹، ۶/۸۲، ۹/۰۵ و ۱۳/۳۴ محاسبه‌شده است. همچنین مقدار ریشه میانگین مربعات خطا در فرآورده خونی FFP برای گروه‌های خونی به ترتیب ۱/۴۳، ۱۳/۳۱، ۲/۳۷، ۸/۹۵، ۴/۲۰، ۵/۶۴، ۳/۰۰ و ۹/۰۱ بدست آمده است. نتایج برای گروه‌های خونی فرآورده PLT در جدول (۲) نشان می‌دهد که میانگین مربعات خطا برای گروه خونی A-، A+، AB-، AB+، B- ، B+، O- و O+ به ترتیب ۸/۱۲، ۲۳/۰۱، ۱۰/۳۲، ۱۳/۱۷، ۱۳/۰۳، ۱۴/۶۷، ۷/۴۰ و ۱۴/۰۴ محاسبه‌شده است. همچنین مقدار ریشه میانگین مربعات خطا در فرآورده خونی PLT برای گروه‌های خونی به ترتیب ۲/۸۵، ۱۱/۰۹، ۳/۲۱، ۸/۰۱، ۳/۶۱، ۵/۱۶، ۲/۷۲ و ۸/۱۲ محاسبه‌شده است. نتایج برای گروه‌های خونی فرآورده RBC در جدول (۳) نشان می‌دهد که میانگین مربعات خطا برای گروه خونی A-، A+، AB-، AB+، B-، B+، O- و O+ به ترتیب ۴/۸۲، ۱۸/۳۶، ۹/۰۴، ۱۳/۴۷، ۱۲/۵۷، ۱۶/۷۶، ۱۱/۹۲ و ۱۲/۲۴ محاسبه‌شده است. همچنین مقدار ریشه میانگین مربعات خطا در فرآورده خونی RBC برای گروه‌های خونی به ترتیب ۲/۱۹، ۱۰/۶۴، ۳/۰۰، ۸/۰۹، ۳/۶۱، ۵/۱۷، ۳/۴۵ و ۸/۷۸ محاسبه گردیده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

فرآیند سریع بین اهدای خون و تزریق خون در زنجیره تأمین خون به ضرورت بهینه‌سازی هر مرحله و به‌ویژه برای دستیابی به اثر بخشی بیشتر مربوط به مدیریت موجودی خون در مراکز خون و بیمارستان‌ها نیاز دارد. از دلایل اصلی توجه به زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی می‌توان به کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی و صرفه‌جویی در منابع با حفظ سطح خدمات مورد نظر مشتری، ایمنی بیمار و سلامت عمومی آن‌ها اشاره نمود. اهمیت خون به‌عنوان یک محصول در سلامت مراقبت‌های سلامتی و بهداشتی باعث گردیده است تا تلاش‌های زیادی در حوزه موجودی و تقاضای خون انجام گیرد. از طرفی با توجه به این مسئله که در کشور ما ذخایر خونی به نسب میانگین جهانی کمتر بوده و از طرفی بیماری‌هایی مانند تالاسمی در کشور به نسبت کشورهای منطقه‌ای بیشتر می‌باشد لذا پیش‌بینی دقیق تقاضای خون می‌تواند در گام اول سیاست‌گذاران و مسئولان حوزه سلامت را در جهت برنامه‌ریزی مناسب به‌منظور پاسخگویی به تقاضای خون در کشور آگاه نموده و باعث گردد تا آن‌ها برنامه‌ریزی مناسبی در این زمینه داشته باشند و در گام بعدی شرایط پاسخگویی به بیماران و حفظ کیفیت مراقبت‌های بهداشتی و سلامتی را موجب گردد.

لذا در این مقاله سعی گردید با ارائه روش دقیق استفاده از شبکه‌های عصبی به‌عنوان یک ابزار مهم از تکنیک‌های داده کاوی، متدولوژی پیش‌بینی تقاضای فرآورده‌های خون را به تفکیک گروه‌های خونی پیاده‌سازی گردد. عمده نتایج مدیریتی این مقاله را می‌توان در بندهای زیر خلاصه نمود:

الف- در خصوص پیش‌بینی فرآورده خونی FFP کمترین و بیشترین خطای پیش‌بینی به ترتیب برای گروه‌های خونی A-، A+ روی داده است. لذا مدیران حوزه تأمین فرآورده‌های خون که در پایگاه‌های انتقال خون مستقر در مراکز استان‌ها و پایگاه‌های اقماری استان‌ها می‌توانند با توجه به این دو گروه خونی دامنه تغییرات خطای سایر گروه‌های خونی را در این فرآورده خونی تخمین بزنند.

ب- اما در مورد پیش‌بینی فرآورده خونی PLT کمترین و بیشترین خطای پیش‌بینی به ترتیب برای گروه‌های خونی O-، A+ صورت گرفته است. لذا برنامه‌ریزان حوزه تأمین فرآورده‌های خون می‌توانند با توجه به این دو گروه خونی دامنه تغییرات خطای سایر گروه‌های خونی را در این فرآورده خونی را مورد توجه قرار دهند.

ج- در خصوص پیش‌بینی فرآورده خونی RBC کمترین و بیشترین خطای پیش‌بینی به ترتیب برای گروه‌های خونی A-، A+ به وجود آمده است. پس می‌توان گفت مدیران حوزه تأمین فرآورده‌های خون می‌توانند با توجه به این دو گروه خونی دامنه تغییرات خطای سایر گروه‌های خونی را در این فرآورده خونی را رصد نمایند.

یکی از مهم‌ترین کاربردهای این تحقیق مشخص نمودن میزان دقیق تقاضای بیماران برای فرآورده‌های مختلف خون به تفکیک گروه‌های مختلف خون است. همین موضوع

موجب می‌گردد در امر جمع‌آوری خون از اهدا کنندگان اقدامات مقتضی صورت گیرد:

الف- تیم‌های سیار، مراکز ثابت تمام‌وقت و نیمه‌وقت جمع‌آوری خون و همچنین مراکز تهیه و فرآوری خون و پایگاه‌های انتقال خون به میزان مناسب از گروه‌های خونی اهدا کنندگان اقدام به جمع‌آوری خون نمایند تا در یک گروه خونی اهدای مازاد و در گروه دیگر کمبود به وجود نیاید.

ب- در اهدا به روش آفرزیس (اهدای پلاکت یا پلاسما) می‌توان با پیش‌بینی حاصل‌شده از نوع فرآورده‌های لازم اقدام به جمع‌آوری فرآورده‌های خونی به‌صورت دقیق نمود تا کمبود و مازاد در نوع فرآورده‌های خون حاصل نشود.

این مقاله مانند هر تحقیقی شامل محدودیت‌هایی است که از جمله آن‌ها می‌توان به محدود بودن تعداد داده‌های موجود در دیتاست تحقیق که محدود به ۳۰ ماه بوده، اشاره نمود. با توجه به نیاز شبکه‌های عصبی به تعداد داده‌های بزرگ‌تر در جهت یادگیری مناسب، مقدار خطای محاسبه‌شده در پیش‌بینی‌ها بالا بوده که بایستی در کاربرد نتایج تحقیق به این محدودیت توجه گردد.

۵- منابع و مآخذ

[1] Lin, Y.K. (2009). System reliability evaluation for a multistate supply chain network with failure nodes using minimal paths. IEEE Transactions on Reliability, **58**(1): 34-40.

[2] Uthayakumar, R., and Priyan, S. (2013). Pharmaceutical supply chain and inventory management strategies: Optimization for a pharmaceutical company and a hospital. Operations Research for Health Care, 2(**3**): 52-64.

[3] Privett, N., and Gonsalvez, D. (2014). The top ten global health supply chain issues: perspectives from the field. Operations Research for Health Care, 3(**4**): 226-30.

[4] Cobain, T.J. (2004). Fresh blood product manufacture, issue, and use: A chain of diminishing returns?. Transfusion medicine reviews, 18(**4**): 279-92.

[5] Chapman, J.F., Hyam, C., and Hick, R. (2004). Blood inventory management. Vox sanguinis, **87**: 143-5.

[6] Fortsch, S.M., and Khapalova, E.A. (2016). Reducing uncertainty in demand for blood. Operations Research for Health Care, **9**:16-28.

[7] Aqmasheh, S., and Shamsasenjan, K. (2017). The evaluation of blood crossmatches and blood utilization at university hospitals in Tabriz. The Scientific Journal of Iranian Blood Transfusion Organization (Khoon), 13(**4**).

[8] Fasola, F.A., and Shokubi, W.A. (2009). Audit of the red cell units supply of a busy hospital blood bank in Nigeria. Nigerian journal of clinical practice, 12(**2**).

[9] Williamson, L.M., and Devine, D.V. (2013). Challenges in the management of the blood supply. The Lancet, 381(**9880**):1866-75.

[10] Mitra, S.B, Wu, D., and Holmes, B.N. (2003). An application of nanotechnology in advanced dental materials. The Journal of the American Dental Association, 134(**10**):1382-90.

[11] Maramazi Ghaflez, B., Kaab Omeir, H., Jalali Far, M., Saki, N., Torabizadeh Maatoghi, J., and Naderpour, M. (2014). Study of rate and causes of blood components discard among Ahwaz's hospital. Sci J Iran Blood Transfus Organ, 11(**3**):197-206.

[12] Alajrami, E., Abu-Nasser, B. S., Khalil, A. J., Musleh, M. M., Barhoom, A. M., & Naser, S. A. (2019). Blood Donation Prediction using Artificial Neural Network.

[13] Dayhoff, J.E. (1990). Neural network architectures: an introduction. Van Nostrand Reinhold Co.

[14] Khanna, T. (1990). Foundations of neural networks. Reading: Addison Wesley.

[15] Du, K.L., and Swamy, M.N. (2014). Independent component analysis. In Neural Networks and Statistical Learning, Springer, London, 419-450.

[16] Pereira, A. (2004). Performance of time-series methods in forecasting the demand for red blood cell transfusion. Transfusion, 44(5), 739-746.
[17] Khaldi, R., El Afia, A., Chiheb, R., & Faizi, R. (2017, March). Artificial neural network based approach for blood demand forecasting: Fez transfusion blood center case study. In Proceedings of the 2nd international Conference on Big Data, Cloud and Applications (pp. 1-6).
[18] Shih, H., & Rajendran, S. (2019). Comparison of time series methods and machine learning algorithms for forecasting Taiwan Blood Services Foundation's blood supply. Journal of healthcare engineering, 2019.
[19] Sadorsky, P. (2006). Modeling and forecasting petroleum futures volatility. Energy Economics, 28(**4**): 467-88.