شناسایی و ارزیابی عوامل خطر در زنجیره تأمین صنایع دارویی با استفاده از هوش مصنوعی

راحله پنجه کوبی[1]، فرزاد فیروزی جهانتیغ[2*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۳

چکیده:

زمینه و هدف: با بالا رفتن دشواری‌ها، سطح عدم اطمینان و خطر موجود در زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. دارو یک محصول راهبردی است و به صورت مستقیم با سلامتی جامعه ارتباط دارد. این پژوهش با هدف ارزیابی عوامل خطر زنجیره‌تأمین دارویی با روش‌های هوش مصنوعی انجام شده است.

مواد و روش‌ها: با مرور متون و مصاحبه با ۶ نفر از کارشناسان خبره که دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی بودند و تجربه‌ای بین ۷ تا ۱۵ سال در زمینه خطر و زنجیره‌تأمین دارو داشتند، عوامل خطر شناسایی شدند. در نهایت با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و ماشین‌های بردار پشتیبان با توابع کرنل‌خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی در دو کلاس کم‌خطر و پرخطر در نرم‌افزار پایتون طبقه‌بندی گردیدند .

نتایج: ۲۲عامل در ۵ دسته دارایی، شبکه حمل‌ونقل، دولت و بازار، راهبردی و تهیه و تأمین‌کننده شناسایی و با استفاده از شبکه‌های عصبی طبقه‌بندی شدند. تغییرات بهره و تورم، تغییرات نرخ ارز، عدم انعطاف‌پذیری در تولید و اختلال در خدمات مشتری به ترتیب بیشترین اهمیت را در خطرهای زنجیره تأمین دارو دارند. نتایج معیارهای ارزیابی نشان داد، مدل پرسپترون چندلایه عملکرد بهتری نسبت به ماشین‌های بردار پشتیبان با توابع کرنل‌خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی داشته است.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به طبقه‌بندی عوامل خطر زنجیره‌تأمین دارو با دقت قابل قبولی هستند. در نتیجه طبقه‌بندی عوامل خطر با دقت ۹۷/۰۷٪ نشان‌دهنده توانایی بالای شبکه پرسپترون چندلایه در ارزیابی خطر زنجیره تأمین دارو است.

کلمات کلیدی: خطر، مدیریت خطر زنجیره تأمین، شبکه عصبی، مدیریت زنجیره تأمین دارو

[1] کارشناس ارشددانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه مهندسی صنایع
[2] دانشیار دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه مهندسی صنایع (*نویسنده مسئول)
Firouzi@eng.usb.ac.ir

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

مقدمه

یکی از اهداف نظام سلامت دسترسی به دارو به عنوان حق طبیعی بشر است(۱). دارو کالایی است که بطور مستقیم با سلامت مردم و جامعه در ارتباط است و به عنوان یک محصول راهبردی[1]، کوچک‌ترین بی‌نظمی در زنجیره تأمین آن می‌تواند باعث ایجاد تلاطم در جامعه شود.

خطر[2] در زنجیره تأمین می‌تواند باعث اتلاف منابع شود و همچنین عملکرد زنجیره تأمین دارو را بدتر می‌کند(۲). بنابراین شناسایی مناسب و تحلیل خطر در تدوین راهبردها برای به حداقل رساندن خطر در زنجیره تأمین دارو مفید است(۳). با گسترش بازارهای کسب‌وکار و زیادتر شدن پیچیدگی‌ها، سطح عدم اطمینان و خطر موجود در زنجیره افزایش می‌یابد. به همین دلیل خطر زنجیره تأمین مورد توجه سازمان‌ها قرار گرفته است. از طرفی دارو یک محصول حیاتی و راهبردی در جامعه است که نقش بسیار مؤثری در جلوگیری از ابتلا و درمان بیماری‌ها دارد. وجود هرگونه خطر در زنجیره تأمین دارو باعث هدر رفتن منابع و همچنین با جلوگیری از دسترسی آسان به دارو زندگی بیماران را با تهدید مواجه می‌کند.

در سال‌های اخیر ماشین‌ها در بسیاری از صنایع جای انسان را گرفته‌اند و تقریباً تمامی کارهای جسمانی و فیزیکی که انسان در گذشته انجام می‌داده اکنون توسط این ماشین‌ها انجام می‌شود(۴). قالب کلی شبکه‌های عصبی از شبکه زیستی مغز انسان الگو گرفته است. شبکه عصبی با انجام کار و تحلیل پیشامدها قوانین کلی را می‌آموزد و خروجی‌های خود را با خروجی‌های اندازه‌گیری شده مقایسه می‌کند. ساختار کلی یک شبکه عصبی متشکل از سه پوسته ورودی، پنهان و خروجی است. در هر پوسته تعدادی پردازنده به نام نورون وجود دارد. پوسته‌های پنهان، داده‌های دریافتی از پوسته ورودی را تحلیل کرده و در اختیار پوسته خروجی قرار می‌دهند. یکی از بنیادی‌ترین الگوهای عصبی موجود، الگو پرسپترون چندلایه[3] (MLP) است که در ساده‌ترین شکل خود، تمام ورودی‌ها را جمع می‌کند و آن‌ها را با مقدار آستانه θ مقایسه می‌کند. اگر مجموع ورودی‌ها بیشتر از آستانه باشد، خروجی تولید می‌کند. ماشین بردار پشتیبان[4] (SVM)، نیز نوع ویژه‌ای از شبکه‌های عصبی است که یکی از شیوه‌های دسته‌بندی نظارت شده خطی اطلاعات می‌باشند و اولین بار توسط وپینک و بوزر معرفی شدند(۵). SVM از مجموعه‌ای از توابع ریاضی که به عنوان کرنل[5] تعریف می‌شوند، استفاده می‌کند. کرنل داده‌ها را به عنوان ورودی گرفته و آن‌ها را به شکل موردنیاز تبدیل می‌کند. توابع کرنل مورداستفاده در ماشین‌های بردار پشتیبان معمولاً به چهار گروه خطی، چندجمله‌ای، پایه شعاعی و تانژانت هایپربولیک تقسیم می‌شود(۶). برای هر شبکه عصبی، پارامترهایی وجود دارند که باید ساماندهی شوند. هدف تنظیم پارامتر، تعیین بهترین اندازه برای پارامترها می‌باشد، به نحوی که کارایی شبکه عصبی را در سطح بهترین عملکرد ممکن قرار دهد(۷). در این پژوهش سه معیار دقت طبقه‌بندی[6]، دقت[7] و حساسیت[8] برای ارزیابی و مقایسه‌ی مدل‌ها به کار گرفته شده‌اند. دقت طبقه‌بندی متداول‌ترین معیار کارایی برای الگوریتم‌های طبقه‌بندی است که می‌توان آن را در قالب تعداد پیش‌بینی‌های صحیح صورت گرفته به نسبت همه پیش‌بینی‌های صورت گرفته، تعریف کرد. دقت استفاده شده در ارزیابی خطر می‌تواند به صورت تعداد خطر صحیح بازگردانده شده توسط مدل یادگیری ماشین، تعریف شود. حساسیت را می‌توان در قالب نرخ پاسخ‌های مثبت درست توسط مدل یادگیری ماشین تعریف کرد.

در دهه‌های اخیر خطر زنجیره‌تأمین توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. محققان از دیدگاه‌های متفاوتی به بیان این موضوع پرداخته‌اند که در ادامه به تعدادی از این پژوهش‌ها اشاره می‌شود.

چارچوبی برای مدیریت عدم اطمینان و خطر زنجیره تأمین دارو ارائه دادند. در این مطالعه، یک روش جدید برای مدیریت عدم اطمینان و خطر زنجیره تأمین پیشنهاد شده است(۸). شناسایی خطرهای زنجیره‌تأمین دارو با استفاده از دلفی فازی و تحلیل و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از روش سلسله مراتبی صورت گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که خطرهای مرتبط با تأمین مانند نوسان ورود واردات، عدم اشتراک اطلاعات، شکست تأمین‌کننده اصلی و عدم دسترسی به مواد، باید در اولویت با خطر عملیاتی، مالی و تقاضا باشد(۹). خطر زنجیره تأمین در صنعت داروسازی هند را با استفاده از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی ارزیابی کردند. در این مطالعه 24 خطر در پنج گروه مهم از طریق متون مربوطه و نظرات متخصصان شناسایی شد. تحلیل نتایج نشان داد که خطر عرضه و تأمین‌کننده مهم‌ترین خطرهای زنجیره‌تأمین داروی هند هستند(۱۰). خطر زنجیره تأمین دارو از نظر ساختار سلسله مراتبی مورد تحلیل قرار گرفت.

[1] Strategy
[2] Risk
[3] Multi-Layer Perceptron(MLP)
[4] Support Vector Machine(SVM)
[5] kernel
[6] classification accuracy
[7] *Precision*
[8] Sensitivity

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]
[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

بیشتر خطرهای این مطالعه مربوط به مقوله اقتصادی و مالی است. همچنین مدیریت مالی مهم‌ترین عامل شناخته شد(۱۱).

همانطورکه پیشینه مرور شد بیشتر پژوهش‌ها به ارزیابی خطر زنجیره تأمین دارو با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره پرداخته‌اند و کمتر از روش‌های هوش مصنوعی استفاده کرده‌اند.

هدف این پژوهش کمک به شرکت‌های داروسازی ایران در راستای شناسایی و طبقه‌بندی خطر زنجیره‌تأمین دارویی است. برای این امر، از روش‌های ماشین بردار پشتیبان با سه تابع کرنل متفاوت و همچنین شبکه عصبی برای تحلیل داده‌های خطر زنجیره‌تأمین دارو و طبقه‌بندی نمونه‌های پرخطر و کم‌خطر استفاده شده که در نهایت، دقت مدل‌ها نیز مورد مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش از حیث هدف کاربردی و از حیث جمع‌آوری داده‌ها از روش توصیفی بهره گرفته است. در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر بر خطر مقالات و تحقیقات انجام شده در حوزه زنجیره تأمین دارو استخراج شدند و بر طبق متون، در ۵ گروه دارایی، شبکه و حمل‌ونقل، دولت و بازار، راهبردی و تهیه و تأمین‌کننده قرار گرفتند. در خصوص شناسایی عوامل خطر و طبقه‌بندی آن‌ها از روش مصاحبه استفاده شد. هدف از انجام مصاحبه در این پژوهش تطبیق عوامل خطر مستخرج از متون با صنایع دارویی ایران می‌باشد. جامعه آماری ۶ نفر از کارشناسان خبره با مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری تخصصی با تجربه‌ای بین ۷تا ۱۵ سال در زمینه خطر و زنجیره تأمین دارو بودند که در نهایت بر اساس نظر خبرگان از میان عوامل خطر مستخرج از متون بعد از حذف یا ادغام، ۲۲ عامل خطر مورد اجماع خبرگان قرار گرفت. سپس خطر زنجیره تأمین دارو با استفاده از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و ماشین‌های بردار پشتیبان با توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی در دو کلاس کم‌خطر و پرخطر در نرم‌افزار پایتون طبقه‌بندی گردید. در نهایت، دقت شبکه‌های عصبی برای طبقه‌بندی خطر زنجیره تأمین دارو با یکدیگر مقایسه شد.

پایگاه داده

به منظور انجام این مطالعه، مجموعه داده‌های خطر زنجیره تأمین دارویی با بررسی تحقیقات گذشته و داده‌های موجود در اسناد جمع‌آوری گردید. مجموعه داده‌ها شامل ۹۰ نمونه در دو کلاس زنجیره تأمین دارو با خطر بالا(کلاس۱: ۳۰ نمونه) و خطر پایین(کلاس۲: ۶۰ نمونه) بودند.

نمونه‌ها دارای ۲۲ ویژگی که شامل تغییرات نرخ ارز، تغییرات بهره و تورم، محدودیت سرمایه‌گذاری، تغییرات در سیاست‌های قیمت‌گذاری، مالیات پویا، عدم تأمین به موقع بودجه، جعل و امنیت، هزینه‌های حمل‌ونقل، انبارداری، شبکه و تدارکات معکوس، عدم بازاریابی و پیش‌بینی مناسب بازار، بلایای طبیعی، سیاست‌های سخت‌گیرانه دولت، بی‌ثبات بودن تقاضا، بی‌ثباتی سیاسی، نقص سیستم‌های اطلاعاتی، سیستم تحقیق و توسعه، اختلال در خدمات مشتری، عدم انعطاف‌پذیری در تولید، انتقال زودهنگام فناوری، عدم پشتیبانی شرکای زنجیره تأمین و کیفیت تولید/GMP هستند.

این ۲۲ ویژگی به عنوان ورودی مورداستفاده قرار گرفت. دسته‌بندی داده‌ها با در نظر گرفتن بردار خروجی y، با دو مقدار خطر بالا و پایین به ترتیب برابر با یک و صفر به عنوان برچسب کلاس، صورت پذیرفت. جهت طبقه‌بندی خطر زنجیره تأمین دارو از شبکه‌های عصبی پرسپترون چندلایه و ماشین بردار پشتیبان با توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی استفاده شد. برای پیاده‌سازی شبکه و تحلیل مدل پیشنهادی از نرم‌افزار پایتون نسخه ۳/۱۰ استفاده شده است. با توجه به اینکه تعداد داده‌های توضیح داده شده تقریباً کم است، روش اعتبارسنجی متقاطع ۵ وجهی مورداستفاده قرار گرفت. روند اعتبارسنجی متقاطع یکی از رویه‌های سنجش الگوهای دسته‌بندی است که در آن اساس کار بر مبنای دسته‌بندی الگو به وسیله مجموعه اطلاعات تعلیمی پیش ساخت و مجموعه اطلاعات تست برای سنجش است.

ساختار شبکه

ساختاری که برای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در این پژوهش در نظر گرفته شده است شامل الگوریتم LBFGS برای آموزش، تابع لجستیک برای تابع فعال‌ساز، مقدار ۰/۵برای α، سیاست نرخ یادگیری ثابت و مقدار ۰/۵ برای مومنتوم است. همچنین در پیاده‌سازی روش ماشین بردار پشتیبان با کرنل خطی مقدار پارامتر منظم سازی c=5 و در ماشین بردار پشتیبان با کرنل چندجمله‌ای مشخص شد این روش با مقدار c=0/1 و درجه‌ای برابر ۵ و g=1 بهترین پاسخ با بیشترین دقت را ارائه می‌دهد. همچنین در پیاده‌سازی روش ماشین بردار پشتیبان با کرنل پایه شعاعی بهترین نتیجه در پارامترهای c=10 و g=0/1 رخ می‌دهد.

یافته‌ها

مطالعه حاضر بر روی داده‌های استخراج شده از ۹۰ زنجیره تأمین دارو صورت گرفته است. اطلاعات این زنجیره‌های تأمین دارویی با بررسی و مطالعه پژوهش‌های انجام شده در این زمینه استخراج و مورد تحلیل قرار گرفته است از این

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]
[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

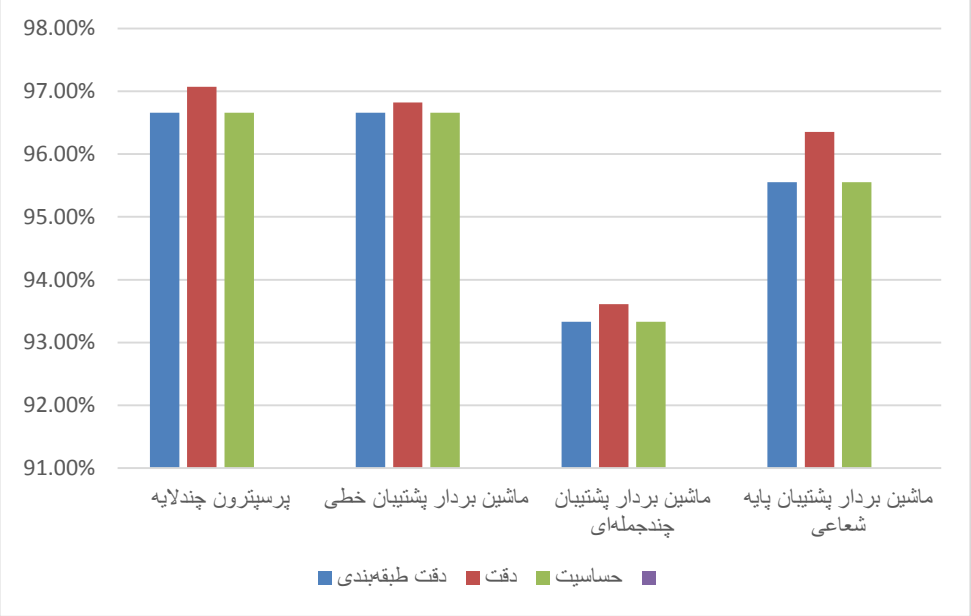
تعداد ۳۰ زنجیره تأمین دارویی دارای خطر بالا و ۶۰ زنجیره تأمین دارویی دارای خطر کم بودند. جدول ۲ نتایج حاصل از پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی بر روی داده‌های پژوهش را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود هر ۴ نوع شبکه عصبی دارای دقت قابل قبولی برای طبقه‌بندی خطر زنجیره تأمین دارو هستند.

مقایسه نتایج معیارهای ارزیابی به دست آمده برای ۴ نوع شبکه عصبی نشان داد که بهترین نتیجه مربوط به شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با دقت۹۷/۰۷٪ است. ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل خطی توانسته است خطر زنجیره‌تأمین دارویی را با ۹۶/۸۲٪پیش‌بینی کند. این عدد در روش ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل چندجمله‌ای ۹۳/۶۱ ٪ و در روش ماشین بردار پشتیبان با تابع کرنل پایه شعاعی ۹۶/۳۵ ٪ است.

جدول ۲: نتایج حاصل از پیاده‌سازی چهار نوع شبکه عصبی برای طبقه‌بندی خطر زنجیره‌تأمین دارویی

مدل / معیار	دقت طبقه‌بندی	دقت	حساسیت
پرسپترون چندلایه	۹۶/۶۶	۹۷/۰۷	۹۶/۶۶
ماشین بردار پشتیبان خطی	۹۶/۶۶	۹۶/۸۲	۹۶/۶۶
ماشین بردار پشتیبان چندجمله‌ای	۹۳/۳۳	۹۳/۶۱	۹۳/۳۳
ماشین بردار پشتیبان پایه شعاعی	۹۵/۵۵	۹۶/۳۵	۹۵/۵۵



شکل ۱: مقایسه معیارهای ارزیابی حاصل از پیاده‌سازی چهار نوع شبکه عصبی برای مسئله

در این پژوهش عوامل خطر با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات و تحقیقات انجام شده در حوزه زنجیره تأمین دارو استخراج شدند و بر طبق متون، در ۵ گروه دارایی، شبکه و حمل‌ونقل، دولت و بازار، راهبردی و تهیه و تأمین‌کننده قرار گرفتند. در خصوص شناسایی عوامل خطر و طبقه‌بندی آن‌ها از روش مصاحبه استفاده شد. در نهایت بر اساس نظر خبرگان از میان عوامل خطر مستخرج از متون بعد از حذف یا ادغام، ۲۲ عامل خطر مورد اجماع خبرگان قرار گرفت. جدول ۳ عوامل خطر شناسایی شده در زنجیره تأمین دارو توسط خبرگان را نشان می‌دهد.

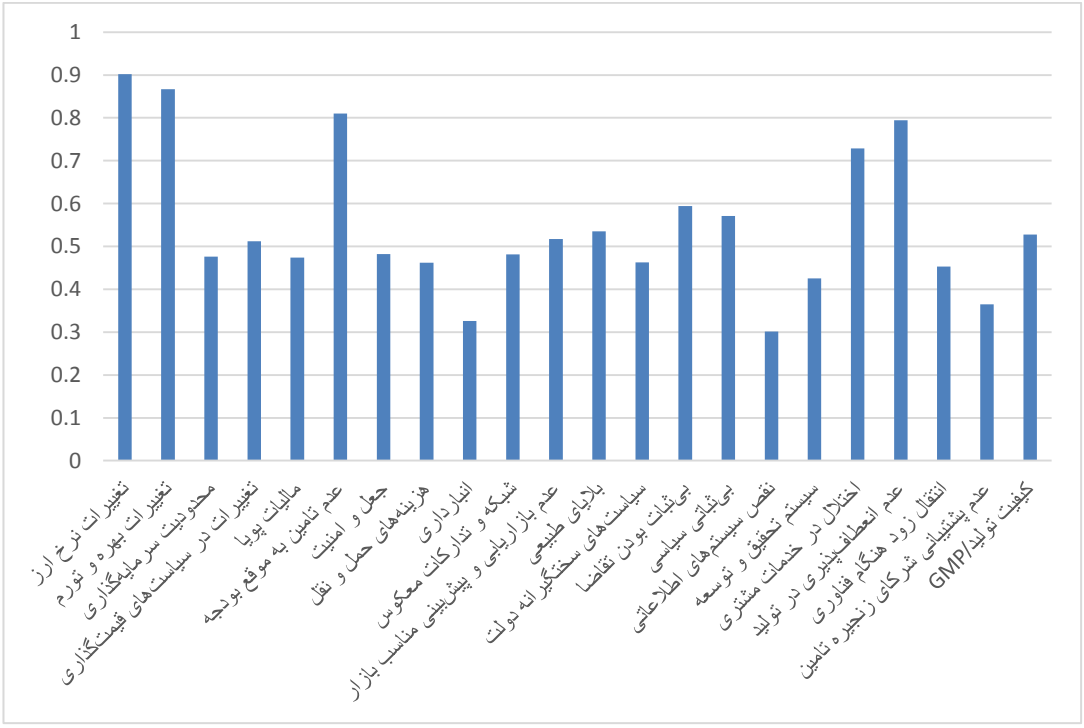
[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

جدول ۳: عامل‌ها و زیر عامل‌های خطر زنجیره‌تأمین صنایع دارویی

عامل	زیرعامل	عامل	زیرعامل
خطرهای دارایی	تغییرات نرخ ارز تغییرات بهره و تورم محدودیت سرمایه‌گذاری تغییرات در سیاست‌های قیمت‌گذاری مالیات پویا عدم تأمین به موقع بودجه	خطرهای مربوط به دولت و بازار	عدم بازاریابی و پیش‌بینی مناسب بازار بلایای طبیعی سیاست‌های سخت‌گیرانه دولت بی‌ثبات بودن تقاضا بی‌ثباتی سیاسی
خطرهای شبکه و حمل‌ونقل	جعل و امنیت هزینه‌های حمل‌ونقل انبارداری شبکه و تدارکات معکوس	خطر تهیه و تأمین‌کننده	عدم انعطاف‌پذیری در تولید انتقال زودهنگام فناوری عدم پشتیبانی شرکای زنجیره تأمین کیفیت تولید/GMP
خطر راهبردی	نقص سیستم‌های اطلاعاتی سیستم تحقیق و توسعه اختلال در خدمات مشتری		

اهمیت نسبی هر یک از معیارهای فوق بر اساس مقدار میانگین خطر هر کدام از معیارها در زنجیره‌های تأمین دارو محاسبه گردید. بر این اساس، میانگین معیارهای فوق به شرح ذیل می‌باشد.



شکل ۲: اهمیت نسبی عوامل مؤثر بر خطر زنجیره تأمین دارو

همان‌طور که در شکل ۲، مشاهده می‌شود تغییرات نرخ ارز، تغییرات بهره و تورم، عدم تأمین به موقع بودجه، عدم انعطاف‌پذیری در تولید و اختلال در خدمات مشتری به ترتیب بیشترین اهمیت، انبارداری و نقص سیستم‌های اطلاعاتی به ترتیب کمترین اهمیت را در خطرهای زنجیره تأمین دارو دارند.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

بحث

زنجیره‌تأمین دارو بخشی از نظام سلامت می‌باشد که اولویت اصلی آن ارائه دارو به عنوان یک محصول راهبردی به افراد جامعه است. خطر در زنجیره‌تأمین می‌تواند منابع را هدر داده و همچنین عملکرد زنجیره‌تأمین دارو را بدتر کند. این خطرها می‌توانند از منابع مختلفی همچون رویدادهای سیاسی، فراهمی محصول، تغییرات تقاضا، تحول در فناوری، تغییر در بازار نیروی انسانی، بی‌ثباتی مالی و تغییر و تحول در مدیریت حاصل شوند. بر این اساس هدف اصلی از انجام این پژوهش شناسایی و ارزیابی عوامل خطر زنجیره‌تأمین صنایع دارویی بوده است. این پژوهش در دو بخش انجام گرفت. در بخش اول با استفاده از مصاحبه تعداد ۲۲ عامل به عنوان خطرهای زنجیره‌تأمین دارو شناسایی گردید. در گام بعدی به منظور ارزیابی هر یک از عوامل خطر شناسایی شده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان با ۳ تابع کرنل متفاوت بهره برده شد. برای ارزیابی عملکرد روش‌های ذکر شده، مقدار ۳ معیار دقت طبقه‌بندی، دقت و حساسیت با استفاده از ماتریس سردرگمی محاسبه شد. پرسپترون چندلایه با دقت ۹۷/۰۷ ٪ به تشخیص خطر زنجیره‌تأمین دارو پرداخت و این بدان معنا است که در ۹۰ نمونه(زنجیره تأمین دارو) استفاده شده برای طبقه‌بندی ۸۷ نمونه را به درستی به کلاس‌های خطر بالا و خطر پایین اختصاص داده است. این مقدار برای ماشین بردار پشتیبان با توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی به ترتیب برابر با ۹۶/۸۲٪، ۹۳/۶۱٪ و ۹۶/۳۵٪ است. مقدار حساسیت نیز مشخص می‌کند که شبکه تا چه اندازه در تشخیص تمام زنجیره‌های‌تامین دارو با خطر بالا موفق بوده است. برای پرسپترون چندلایه مقدار حساسیت ۹۶/۶۶ ٪ به دست آمد. یعنی در ۳۰ نمونه(زنجیره تأمین دارو با خطر بالا) استفاده شده برای طبقه‌بندی ۲۷ نمونه به درستی در کلاس خطر بالا قرار گرفته است. این مقدار برای ماشین بردار پشتیبان با توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی به ترتیب برابر با ۹۶/۶۶٪، ۹۳/۳۳٪ و ۹۵/۵۵٪ به دست آمد. با توجه به اینکه مقدار معیارهای ارزیابی برای هر ۴ مدل بالای ۹۰٪ به دست آمد می‌توان نتیجه گرفت که شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان دارای توانایی قابل قبولی برای ارزیابی خطر زنجیره‌تأمین دارو می‌باشند. با توجه به تحلیل‌های انجام شده، از میان عوامل مؤثر بر خطر زنجیره‌تأمین دارو تغییرات نرخ ارز، تغییرات بهره و تورم، عدم تأمین به موقع بودجه، عدم انعطاف‌پذیری در تولید و اختلال در خدمات مشتری به ترتیب بیشترین اولویت را در خطرهای زنجیره‌تأمین دارو دارند. از این رو می‌توان گفت دلیل این نتیجه ریشه در مسائل سیاسی و اقتصادی ایران در دهه اخیر داشته است.

در این پژوهش به منظور شناسایی خطرهای زنجیره‌تأمین دارو از روش مرور متون و مصاحبه استفاده شده است که در تحقیقات مشابه صورت گرفته برای شناسایی خطرها از روش‌های دلفی(۹)، دلفی فازی(۱۲) و مرور متون و نظرات متخصصان(۱۰) و (۱۳) بهره گرفته شده است. این پژوهش از نظر به‌کارگیری روش و خطرهای شناسایی شده با این پژوهش همخوانی دارد(۱۰).

جهت ارزیابی عوامل خطر زنجیره‌تأمین دارو از روش‌های هوش مصنوعی استفاده گردید. در اکثر پژوهش‌ها از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نظیر تحلیل سلسله مراتبی(۹)، تحلیل سلسله مراتبی فازی(۱۲) و (۱۰)، الکتره ۳ (۱۳) و ترکیب پرومته و تحلیل سلسله مراتبی فازی(۱۴) بهره گرفته شده و همچنین در تحقیقی دیگر روشی مبتنی بر ماتریس تاثیر احتمال خطر برای ارزیابی خطر زنجیره‌تأمین دارو بکار گرفته شده است(۱۵).

نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های به دست آمده از پژوهش جابریدوست و همکاران مطابقت دارد(۱۱). در این پژوهش ۸۶ خطر در دسته‌های مدیریت تأمین، عملیاتی، مالی، کیفیت و فروش، که بیشتر آن‌ها مربوط به مقوله اقتصادی و مالی بودند، در ۴ مرحله شناسایی شدند. این مراحل شامل شناسایی خطر از طریق متون، شناسایی خطر در شرکت های دارویی ایران، شناسایی از روش‌های مصاحبه با کارشناسان، پرسشنامه و مشاوره با خبرگان با بهره‌گیری از تحلیل سلسله مراتبی گروهی می‌باشند. نتایج پژوهش انجام گرفته نشان‌دهنده این موضوع است که مهم‌ترین خطرها در زنجیره تأمین دارو پارامترهای اقتصادی و مالی، سیاست و همچنین دولت می‌باشند.

نتیجه‌گیری

امروزه روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در همه حوزه‌ها بخصوص حوزه سلامت به کار برده می‌شوند. با بالا رفتن دشواری‌ها، سطح عدم اطمینان و ریسک موجود در زنجیره تأمین افزایش می‌یابد. خطر در زنجیره تأمین می‌تواند باعث اتلاف منابع شود و همچنین عملکرد زنجیره تأمین دارو را بدتر می‌کند. در این پژوهش، ۴ نوع شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و ماشین بردار پشتیبان با توابع کرنل خطی، چندجمله‌ای و پایه شعاعی برای طبقه‌بندی خطر زنجیره تأمین دارو به کار گرفته شد. خطرها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، مقالات و تحقیقات انجام شده در حوزه زنجیره تأمین دارو استخراج شدند و در نهایت بر اساس نظر

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

خبرگان عوامل نهایی انتخاب شدند. . بررسی ما نشان داد که نتایج حاصل از شبکه‌های عصبی از دقت، دقت طبقه‌بندی و حساسیت خوبی برخوردار است. در مقایسه ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، شبکه عصبی پرسپترون چندلایه از دقت مطلوب‌تری برخوردار بود. همچنین در این پژوهش دقت سه کرنل مختلف ماشین بردار پشتیبان با هم مقایسه شد که تابع کرنل خطی دارای عملکرد بهتری نسبت به چندجمله‌ای و پایه شعاعی بود. همچنین تحلیل عوامل مؤثر بر خطر زنجیره‌تأمین دارو نشان داد تغییرات نرخ ارز، تغییرات بهره و تورم، عدم تأمین به موقع بودجه، عدم انعطاف‌پذیری در تولید و اختلال در خدمات مشتری به ترتیب بیشترین اهمیت، انبارداری و نقص سیستم‌های اطلاعاتی به ترتیب کمترین اهمیت را در خطرهای زنجیره تأمین دارو دارند. برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود که از یک پایگاه داده‌ی بزرگ‌تر و یا ویژگی‌های بیشتر، استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری برای آموزش مدل استفاده شود.

پیشنهادات

- در این تحقیق، هر زنجیره تأمین دارو به صورت جداگانه و با استفاده از مقادیر خطر ثبت‌شده‌اش طبقه‌بندی شده است. برای انجام طبقه‌بندی دقیق‌تر و ادامه‌ی پژوهش، پیشنهاد می‌شود که تعداد بیشتری از متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر میزان خطر زنجیره تأمین دارو شناسایی و متغیرهای مربوطه در مدل طبقه‌بندی وارد شوند.
- در این تحقیق با در اختیار داشتن تعداد ۹۰ زنجیره تأمین دارو و عوامل خطر آن با به‌کارگیری از آن‌ها عمل دسته‌بندی را انجام دادیم. اما پیشنهاد می‌شود برای انجام پیش‌بینی مفصل‌تر و برای ادامه تحقیق داده‌های بیشتری گردآوری و عمل دسته‌بندی با استفاده از سوابق و اطلاعات دقیق‌تر انجام پذیرد.
- در این پژوهش مدل‌ها با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین آموزش داده شده‌اند. ازآنجایی که این الگوریتم‌ها دارای محدودیت‌هایی هستند می‌توان در پژوهش‌های آتی این مسئله با استفاده از شبکه عصبی و آموزش مدل با الگوریتم‌های فرا ابتکاری انجام داد.

محدودیت‌های پژوهش

- به علت محدود بودن تعداد پژوهش‌های انجام شده در زمینه ارزیابی کل خطرهای زنجیره‌تأمین دارو، تنها تعداد خطرهای ۹۰ زنجیره تأمین دارو را توانستیم جمع‌آوری کنیم.
- عدم پاسخگویی شرکت‌های دارویی برای جمع‌آوری داده به علت شیوع ویروس کرونا.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع-بهینه‌سازی سیستم‌ها در دانشگاه سیستان و بلوچستان با عنوان" شناسایی و ارزیابی عوامل خطر در زنجیره تأمین صنایع دارویی با استفاده از هوش مصنوعی" در سال ۱۴۰۰ می‌باشد.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

References

1. Hogerzeil, H. Essential medicines and human rights: what can they learn from each other?. B World Health Org. 2006, 84(5), 371-375.
2. Razali, A. Tahir, I. Review of the Literature on Enterprise Risk Management. Business Management Dynamics. 2011, 17, 8-16.
3. Jaberidoost, M. Nikfar, S. Abdollahiasl, A. Dinarvand, R. Pharmaceutical supply chain risks: a systematic review. Daru. 2013, 21(1), 69.
4. Mohammad Amini, D. yari, M. Applications of artificial intelligence in industries and manufacturing institutions. National Conference on New Achievements in Tehran Engineering and Base Sciences. 2014. https://civilica.com/doc/303813.
5. Mountrakis, G., J. Im and C. Ogole. Support vector machines in remote sensing: A review. Isprs journal of photogrammetry and Remote Sensing, ۲۰۱۱, 13, 247-25
6. Asafa, T.B. Tabet, N. Said, S.A.M. Taguchi method° ANN integration for predictive model of intrinsic stress in hydrogenated amorphous silicon film deposited by plasma enhanced chemical vapour deposition. Neurocomputing. 2013, 106, 86-94.
7. Kumar, A. Kazimieras Zavadskas, E. Kumar Mangla, S. Agrawal, V. Sharma, K. Gupta, D. When risks need attention: adoption of green supply chain initiatives in the pharmaceutical industry. International Journal of Production Research. 2019, 57(11), 3554-3576
8. Wang, M. Jie, F. Managing supply chain uncertainty and risk in the pharmaceutical industry. Health Services Management Research. 2020, 33(3), 156–164.
9. Moktadir, M.A. S.M.Ali, SK. Mangla, T.A. Sharmy, S. Luthra, N. Mishra, J.A. Decision Modeling of Risks in Pharmaceutical Supply Chains. Industrial Management & Data Systems. 2018, 118 (6), 1388-1412.
10. Vishwakarma, V. Prakash, Ch. Kumar, B.M. A fuzzy-based multi criteria decision making approach for supply chain risk assessment in Indian pharmaceutical industry. Int. J. Logistics Systems and Management. 2016, 25(2), 245-265.
11. Jaberidoost, M. Olfat, L. Hosseini, A. Kebriaeezadeh, A. Abdollahi, M. Alaeddini, M. etal. Pharmaceutical supply chain risk assessment in Iran using analytic hierarchy process (AHP) and simple additive weighting (SAW) methods. Journal Pharm. 2015, 8(9), 1-10.
12. Kumar, A. Kazimieras Zavadskas, E. Kumar Mangla, S. Agrawal, V. Sharma, K. Gupta, D. When risks need attention: adoption of green supply chain initiatives in the pharmaceutical industry. International Journal of Production Research. 2019, 57(11), 3554-3576
13. Mokrini, A. Dafaoui, E. Berrado, A. El Mhamedi, A. An approach to risk Assessment for Outsourcing Logistics: Case of Pharmaceutical Industry. IFAC-PapersOnLine. 2016, 49, 12-39.
14. Mokrini, A. Kafa, N. Dafaoui, E. El Mhamedi, A., Berrado, A. Evaluating outsourcing risks in the pharmaceutical supply chain: Case of a multi-criteria combined fuzzy AHPPROMETHEE approach. IFACPapersOnLine. ۲۰۱۶, 49, 114–119.
15. Ouabouch, L. and Amri, M. Analysing Supply Chain Risk Factors: A Probability-Impact Matrix Applied to Pharmaceutical Industry. J. Logist. Manag. 2013, 2, 35-40.

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]

Risk factors identification and assessment in the supply chain of pharmaceutical industry using artificial intelligence

Rahele Panjekoobi[1], Farzad Firouzi Jahantigh[2*]

Submitted: 2022.3.30 Accepted: 2022.5.24

abstract

Background and Aim: As difficulties increase, the level of uncertainty and risk in the supply chain increases. Medicine is a strategic product and is directly related to community health. The aim of this study is to evaluate the risk factors of pharmaceutical supply chain with artificial intelligence methods.

Materials and Methods: By reviewing the texts and interviewed 6 adept experts who had a Master's degree and Ph.D. and had experience between 7 and 15 years in the field of risk and pharmaceutical supply chain, risk factors were identified. Finally, using multilayered perceptron neural networks and support vector machines with polynomial linear kernel functions and radial base in two low-risk and high-risk classes were classified in Python software.

Results: 22 factors were identified and classified using neural networks in 5 categories: assets, network and transportation, government and market, strategy and supplier. Shift in interest and inflation, Changes in exchange rates, Inflexibility in production and disruption of customer service are the most important risks in the pharmaceutical supply chain, respectively. The results of evaluation criteria showed that the multilayer perceptron model had better performance than the support vector machines with linear, polynomial and radial basis functions.

Conclusion: The results showed that artificial neural networks are able to classify pharmaceutical supply chain risk factors with acceptable accuracy. As a result, classification of risk factors with an accuracy of 97/07% indicates the high ability of multilayer perceptron network in risk assessment of pharmaceutical supply chain.

Keywords: risk, supply chain risk management, neural network, pharmaceutical supply chain management.

[1] MSc student, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[2] Associate Professor, Department of Industrial Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran (*Corresponding Author), Firouzi@eng.usb.ac.ir

Copyright©2020 Scientific Association of Hospital Affairs, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

[Downloaded from jhosp.tums.ac.ir on 2025-02-10]

[DOR: 20.1001.1.20081928.1400.20.4.6.7]