فصلنامه
سیاست‌نامهٔ علم و فناوری
دورهٔ ۱۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۴۰۴

مقالهٔ پژوهشی

صفحات ۶۰-۷۹

طراحی شبکهٔ زنجیرهٔ تأمین بلوکی در صنعت داروی ایران با استفاده از رویکرد مدل‌سازی پویا و تصمیم‌گیری چندمعیاره

: 20.1001.1.24767220.1404.15.4.4.6

جواد رضائیان[۱]
پارسا منفرد[۲]
بابک شیرازی[۳]

چکیده

تقلب در محصولات دارویی مشکلی جهانی است که سلامت عمومی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. فناوری زنجیرهٔ بلوکی به منزلهٔ فناوری دفتر کل توزیع‌شده با ایجاد یک زنجیرهٔ غیرقابل‌تغییر از داده‌ها، امکان پیگیری و تأیید اصالت محصولات دارویی را فراهم می‌کند که راهکاری مؤثر برای مقابله با تقلب در محصولات دارویی است. هدف این پژوهش طراحی زنجیرهٔ تأمین بلوکی در صنعت دارو به منظور رفع مسئلهٔ تقلب محصولات دارویی مانند برچسب‌گذاری اشتباه، محصولات تاریخ‌گذشته با برچسب تاریخ جدید، بارکدهای حاوی اطلاعات دارویی نامعتبر و متفاوت با داروی موردنظر و... در زنجیرهٔ تأمین این صنعت است. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از رویکرد مدل‌سازی پویای عامل‌محور عوامل اصلی، متغیرها و نقاط آسیب‌پذیر در زنجیرهٔ تأمین دارو که منجر به تقلب می‌شوند تعیین شد. سپس با استفاده از مصاحبهٔ باز با خبرگان از جامعهٔ پزشکی، صنعت بیمه، تولید و توزیع دارو و محققان دانشگاهی داده‌های کلیدی در سطح کنشگران برای جلوگیری از تقلب دارو شناسایی و با روش دلفی این داده‌ها در سه دسته از لحاظ اهمیت تقسیم شدند. سپس با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی برای سیاست‌گذاری در طراحی زنجیرهٔ بلوکی داده‌ها اولویت‌بندی شدند. در انتها زنجیرهٔ تأمین بلوکی صنعت دارو به منزلهٔ اصلی‌ترین دستاورد تحقیق با نوع و میزان ارتباطات بین بلوک‌های این زنجیره و داده‌های توزیع‌شده در سطح بلوک‌ها با درجهٔ اهمیت آن‌ها طراحی گردید. نتایج نشان‌دهندهٔ نقش‌های مؤثر تولیدکننده، توزیع‌کننده، داروخانه، پزشک، بیمه و بیمار در زنجیرهٔ بلوکی هستند و داده‌های مربوط به دارو شامل شناسهٔ UID دارو، شناسهٔ GTIN دارو، شناسهٔ LOT دارو و نام دارو دارای بالاترین اهمیت برای توزیع در شبکه هستند.

واژگان کلیدی: زنجیرهٔ تأمین بلوکی، تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی، مقایسات زوجی، دفتر کل توزیع‌شده

تاریخ دریافت: ۱۰ آذر ۱۴۰۳ **تاریخ بازنگری:** ۲۰ تیر ۱۴۰۴ **تاریخ پذیرش:** ۲۸ تیر ۱۴۰۴

۱. دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران (نویسندهٔ مسئول)؛ j.rezaeian@ustmb.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران
۳. دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علوم و فنون مازندران، بابل، ایران.

مقدمه

صنعت داروسازی در هر کشوری به دلیل تأثیرگذاری جدی بر سلامت عموم مردم از اهمیت بالایی برخوردار است به طوری که از سال ۱۹۴۶ موضوع سلامت و کیفیت اقلام دارویی مدنظر سازمان بهداشت جهانی قرار گرفته است. هم‌راستا با توسعهٔ سریع صنعت دارو در نظام سلامت دنیا، قاچاق دارو به دلایل متعدد از جمله انگیزه‌های مالی رشد یافت. آمارهای سازمان بهداشت جهانی به عرضهٔ حدود ۲۵درصد از داروهای تقلبی در زنجیرهٔ تأمین دارو اشاره دارد. آثار عرضهٔ داروهای تقلبی در زنجیرهٔ تأمین دارو موضوعی بسیار پراهمیت‌تر از جنبهٔ اقتصادی با سلامت و حیات بیماران و شهروندان درگیر است. ازاین‌رو، دولت‌ها و نهادهای بین‌المللی مقررات خاصی برای جلوگیری از تولید و توزیع داروهای تقلبی وضع نمودند. از جملهٔ آن‌ها می‌توان به کنوانسیون MEDICRIME شورای اروپا با جرم‌انگاری قاچاق داروهای تقلبی اشاره کرد (Eini, 2017). با این حال، هنوز داروهای تقلبی زیادی در بازار وجود دارند که این مسئله تبدیل به یک نگرانی جدی شده است و حتی می‌تواند منجر به مرگ افرادی شود که این داروها را مصرف می‌کنند. امروزه جلوگیری از توزیع داروی تقلبی یکی از مهم‌ترین مسائل در حوزهٔ سلامت عمومی است که به‌شدت بر زندگی انسان‌ها و نتایج درمان آن‌ها تأثیرگذار خواهد بود. این داروها معمولاً حاوی مواد اولیهٔ ناکافی، ترکیبات نامناسب، اطلاعات دستکاری‌شده مانند برچسب‌گذاری اشتباه و بسته‌بندی نادرست هستند (Uddin et al., 2021). مجمع جهانی بهداشت در سال ۲۰۱۲ رویکردهایی را برای مقابله با عرضهٔ داروهای تقلبی ارائه کرد و در آن زنجیرهٔ تأمین به منزلهٔ عاملی مؤثر در شناسایی توزیع داروهای تقلبی معرفی شد. شفافیت اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین منجر به شفافیت اطلاعات داروها و کشف داروهای تقلبی در آن می‌شود (Ghanbari et al., 2025). مطالعات متعددی نشان می‌دهد مدیریت زنجیرهٔ تأمین دارویی به شیوهٔ سنتی در برابر مسائلی مانند تقلب، اختلال در هماهنگی اطلاعات و کمبود شفافیت آسیب‌پذیر است (Gouthami et al., 2024). ازاین‌رو، در سال‌های اخیر بسیاری از محققان با بررسی ساختار نظارتی بر جریان داروها در زنجیرهٔ تأمین آن را مستلزم تغییرات اساسی دانستند. در این جریان بخش توزیع بخش اصلی در مدیریت یکپارچه زنجیرهٔ تأمین محصول است. فرایند توزیع دارو به دلیل جابه‌جایی، نگهداری و توزیع فرآورده‌های دارویی با استانداردها و کیفیت مناسب مهم خواهد بود. این چالش باید با پشتیبانی فناوری به‌سرعت حل شود تا در فرایند توزیع، ثبت داده‌ها، تأمین امنیت داده‌ها و قابلیت ردیابی تراکنش‌ها بین طرف‌های مرتبط تسهیل شود (Fernan-do et al., 2021). تحویل دارو به طور مستقیم از تولیدکننده به مصرف‌کنندهٔ نهایی بالاترین اولویت سیستم مراقبت‌های بهداشتی امروزی است که بخش‌های مختلفی از جمله توزیع‌کنندگان، تأمین‌کنندگان، عمده‌فروشان و مصرف‌کنندگان در زنجیرهٔ تأمین دارویی دخیل هستند. با این حال، تأیید منبع مواد خام و حفظ دید کالاها در حین حرکت آن‌ها در سراسر شبکهٔ زنجیرهٔ تأمین بسیار دشوار شده است و فرصت برای ایجاد تقلب فراهم خواهد شد (Nawale and Konapure, 2021). فناوری بلاکچین، به منزلهٔ فناوری‌ای بر پایهٔ دفتر کل توزیع‌شدهٔ دیجیتال، امروزه از ابزارهای کارا برای شفافیت، ردیابی و امنیت داده‌ها در مسیر حرکت از جمله زنجیرهٔ تأمین است. این فناوری نوظهور امیدبخش افزایش سطح امنیت محصولات در زنجیرهٔ تأمین نسبت به تقلب و جعل است. از طرفی در زنجیره‌های تأمین با ابعاد وسیع همچون زنجیرهٔ تأمین دارو پیچیدگی‌های آن به‌واسطهٔ عامل‌هایی چون عدم‌شفافیت، تغییرپذیری، اختلالات، انحراف اطلاعات و عدم‌اطمینان‌ها به‌شدت افزایش می‌یابد (Ghasemi et al., 2024). در این شرایط شناسایی صحیح تمامی کنشگران و نقش آن‌ها و تعاملات بین آن‌ها در زنجیرهٔ تأمین جزء وظایف اصلی طراحی یک زنجیرهٔ کارآمد است. مدل‌سازی پویای سیستم، روشی برای شناخت رفتارها، کنش و واکنش‌های یک سیستم پیچیده در طی زمان است که در آن سیستم دینامیک یک ابزار ایدئالی برای تعریف مدل و شبیه‌سازی رفتار یک پدیدهٔ پیچیده مانند زنجیرهٔ تأمین داروست. ازاین‌رو، سیستم دینامیک می‌تواند ابزاری کارآمد برای شناسایی عامل‌های موجود در یک زنجیرهٔ تأمین دارو و تعاملات بین آن‌ها و نوع کنش و واکنش بین آن‌ها باشد (Yaghoubi and Hayati, 2018).

در این تحقیق با توجه به اهمیت و نقش دارو در نظام سلامت یک کشور و توجه جدی به نقش زیان‌بار پخش و توزیع داروهای تقلبی در زنجیرهٔ تأمین دارو، یک زنجیرهٔ تأمین دارو بر پایهٔ فناوری بلاکچین طراحی و پیشنهاد شد که در آن در ابتدا با استفاده از مدل‌سازی پویای سیستم کنشگران سیستم و ارتباطات بین آن‌ها شناسایی و سپس با استفاده از نظرات کارشناسان خبره زنجیرهٔ تأمین متغیرهای هر عامل یا کنشگر تعیین و در نهایت برای تعیین استراتژی تغییر در زنجیرهٔ تأمین با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی اولویت‌بندی شدند. نوآوری و سهم اصلی این تحقیق در طراحی زنجیرهٔ بلوکی و داده‌های توزیع‌شده در هر بلوک است.

با توجه به نقش اصلی دارو در نظام سلامت هر کشور و زنجیرهٔ تأمین دارو به منزلهٔ رکن اساسی عرضهٔ دارو شفافیت و قابلیت ردیابی دارو، جلوگیری از تقلب، تضمین اصالت و کیفیت، مدیریت مطلوب در مواقع وقوع بحران و سایر موارد ضرورت به‌کارگیری فناوری‌های به‌روز را برای تحقق این اهداف در زنجیرهٔ تأمین ضروری نمود. ازاین‌رو، فناوری زنجیرهٔ بلوکی با ایجاد یک سیستم شفاف، امن و قابل‌اعتماد نقش حیاتی در تضمین سلامت، اصالت و کارایی زنجیرهٔ تأمین دارو ایفا می‌کند که نهایتاً منجر به

افزایش رضایت بیماران و کاهش خطرات مربوط به سلامت عمومی می‌شود. در این راستا تحقیقات فراوانی بر ضرورت به‌کارگیری استفاده و نقش زنجیرهٔ بلوکی در زنجیرهٔ دارو داشتند. همچنین بخش عمده‌ای از مطالعات به شناسایی کنشگرهای زنجیرهٔ تأمین در یک سیستم پویا به ارتباط بین آن‌ها و اثرات تغییرات در زنجیره پرداختند بدون آنکه به شکل بلوکی به جریان صحیح اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین بپردازند. در این تحقیق در ابتدا با استفاده از رویکرد مدل پویا به شناسایی کنشگرهای زنجیرهٔ تأمین و ارتباط بین آن‌ها پرداخته شد و سپس ساختار اطلاعاتی و نوع اطلاعات ارتباطی بین کنشگرهای زنجیره به صورت یکپارچه، شفاف و هماهنگ برای جلوگیری از تقلب طراحی شد. به عبارتی نوآوری این مطالعه در طراحی سیستم اطلاعاتی هماهنگ یکپارچه بین کنشگرهای زنجیره در قالب بلوک‌هاست و سپس با توجه به محدودیت منابع برای ایجاد و توسعهٔ این سیستم با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره اولویت‌بندی شدند.

در این تحقیق بخش اول به مبانی نظریِ مفاهیم زنجیرهٔ تأمین و زنجیرهٔ بلوکی و سیستم دینامیک پرداخته است و بخش دوم به پیشینهٔ پژوهش اختصاص داده شده است. بخش سوم به روش‌شناسی پژوهش و روش‌های جمع‌آوری داده‌ها پرداخته است و بخش چهارم تجزیه و تحلیل داده‌ها بررسی می‌شود. در آخر نیز نتیجه‌گیری پژوهش مطرح شده است.

۱. مبانی نظری پژوهش

۱-۱. زنجیرهٔ تأمین

مفهوم مدیریت زنجیرهٔ تأمین در ابتدای سال ۱۹۹۰ میلادی مطرح گردید (Mukhamedjanova, 2020). زنجیرهٔ تأمین به مجموعه‌ای از فرایندهای به‌هم‌پیوسته گفته می‌شود که با هدف ایجاد هماهنگی و یکپارچگی میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، انبارها و فروشندگان اجرا می‌شود. این سیستم با تمرکز بر کاهش هزینه‌های کلی و افزایش کارایی می‌کوشد تا نیازها و خواسته‌های مشتریان را در زمان و مکان مناسب و به میزان مطلوب برآورده کند (Cruz Lopez, 2022, Júnior et al., 2023). در واقع زنجیرهٔ تأمین فرایندی است که با همکاری نهادهای مرتبط کالاها و خدمات را از مکانی به مکان دیگر منتقل می‌کند. این مفهوم از گذشته همراه با تولید و عرضهٔ اولین محصول و ارائهٔ خدمت پدید آمده و تا به امروز ادامه داشته است (Netalkar et al., 2024). یک زنجیرهٔ تأمین شامل دو یا چند سازمان است که توسط جریان‌های مواد، جریان‌های اطلاعات و مبادلات مالی به هم مرتبط هستند. این سازمان‌ها درگیر فرایندها و فعالیت‌هایی با ارتباطات بالادستی و پایین‌دستی می‌شوند و از طریق محصولات و خدماتی که به کاربر نهایی ارائه می‌دهند ارزش ایجاد می‌کنند (Stadtler, 2005). به عبارت دیگر، زنجیرهٔ تأمین رویکردی جامع است که سازمان‌ها برای بهبود بهره‌وری، افزایش سودآوری و تسهیل فرایندهای عملیاتی خود به کار می‌گیرند. این رویکرد شامل مدیریت و نظارت بر جریان ورود مواد اولیه به سازمان و ارسال کالاهای نهایی به مقاصد موردنظر است. همچنین، زنجیرهٔ تأمین هماهنگی انتقال محصولات میان بخش‌های مختلف از جمله تولیدکنندگان، عمده‌فروشان و خرده‌فروشان را در بر می‌گیرد تا ارتباطات در کل فرایند به‌شکلی یکپارچه و اثربخش انجام شود (Mallesham, 2022).

۱-۲. زنجیرهٔ بلوکی

فناوری زنجیرهٔ بلوکی یا دفتر کل توزیع‌شده[1]، روشی است نوآورانه و توسعه‌یافته در جهت کنترل داده‌ها و پیگیری تراکنش‌ها. این فناوری غیرمتمرکز بوده و امکان ایجاد یک پایگاه داده مشترک را فراهم می‌کند که بسیاری از کاربران ممکن است به آن دسترسی داشته باشند و همچنین این فناوری امنیت و شفافیت را تضمین خواهد کرد (Litoussi et al., 2023). این فناوری یک دفتر کل دیجیتال است که تراکنش‌ها را ذخیره می‌کند تا رهگیری دارایی‌های دیجیتال و امنیت آن‌ها در شبکه‌های تجاری تسهیل شود. تراکنش‌ها به صورت بلوک‌هایی ذخیره می‌شوند و با استفاده از الگوهای رمزنگاری به طور دقیق به یکدیگر متصل می‌شوند. این فناوری تغییرناپذیری را تضمین کرده و امکان اشتراک‌گذاری امن اطلاعات را حتی در محیط‌های ناامن فراهم می‌آورد (Salimi and Lotfi Bidhendi, 2023). این فناوری، یک شبکهٔ غیرمتمرکز از گره‌ها است که در آن هر گره از طریق یک شبکهٔ همتابه‌همتا با گره‌های دیگر ارتباط برقرار می‌کند. اطلاعات به‌اشتراک‌گذاشته‌شده در زنجیرهٔ بلوکی شفاف و غیرقابل‌تغییر است و فقط اعضای مجاز شبکه می‌توانند به آن دسترسی داشته باشند. هر تراکنش در زنجیرهٔ بلوکی فقط یک‌بار می‌تواند انجام شود که از تکرار و ضبط تراکنش جلوگیری می‌کند. هنگامی که یک تراکنش در شبکه کامل شد هیچ عاملی در شبکه نمی‌تواند آن را تغییر دهد و اگر خطایی در تراکنش وجود داشته باشد باید یک تراکنش جدید برای تصحیح آن مورد اضافه شود و سپس هر دو تراکنش در شبکه قابل‌مشاهده هستند (Revathi et al., 2024, Somashekar et al., 2023). هر فعالیت در این شبکه تراکنش نامیده می‌شود و گروهی از تراکنش‌ها یک بلوک را تشکیل می‌دهند که این بلوک‌ها با مهر زمانی مقدار هش[2] و هش بلوک

1. Distributed Ledger

۲. Hash؛ هش یا به عبارتی هشینگ فرایندی است که در آن یک ورودی با هر اندازه‌ای از طریق نوعی الگوریتم ریاضی پردازش شده و به یک مقدار خروجی با طول ثابت تبدیل می‌شود. این مقدار که هش (Hash) نام دارد منحصربه‌فرد و غیرقابل‌برگشت است؛ یعنی نمی‌توان از مقدار هش دادهٔ اصلی را بازسازی کرد. توابع هش در حوزه‌هایی مانند امنیت اطلاعات، رمزنگاری و پایگاه‌های داده برای ذخیره و بررسی یکپارچگی اطلاعات استفاده می‌شوند.

قبلی مرتبط است که سبب تغییرناپذیر بودن دفتر کل توزیع‌شده خواهد بود. بلوک‌ها پس از تأیید توسط الگوریتم اجماع اثبات کار یا هر الگوریتم اجماع سفارشی دیگر به شبکه متصل می‌شوند و پاسخ‌گویی و یکپارچگی را برای شبکهٔ زنجیرهٔ بلوکی فراهم می‌کنند (Gupta and kalam, 2024). یکی از دستاوردهای قابل‌توجه به‌کارگیری بلاکچین اطمینان از درستی اطلاعات و امن بودن داده‌هاست که در سطح کلان بهره‌مندی از دانشی مورداعتماد را تضمین می‌کند (Jadidoleslami and Azizi, 2022). در مرحلهٔ پیاده‌سازی فناوری زنجیرهٔ بلوکی چالش‌هایی موجود است که عبارت‌اند از : الف) نبود زیرساخت‌های مناسب به منظور به‌کارگیری این فناوری که موجب عملکرد نامناسب آن خواهد شد (Yadav et al., 2020)، ب) صرف هزینهٔ مضاعف به منظور برگزاری جلسات آموزشی برای آموزش کاربران در مورد این فناوری و نحوهٔ به‌کارگیری آن (Özkan et al., 2019)، این فناوری دسترسی به داده‌های ذخیره‌شده را به اعضای معتبر شبکه واگذار می‌کند که این مسئله هنگامی که سیاست حفظ حریم خصوصی یک ضرورت می‌شود باعث ایجاد محدودیت خواهد شد (Zheng et al., 2018).

۱-۳. سیستم دینامیک

مدل‌سازی سیستم‌های پویا روشی برای درک و پیش‌بینی رفتار پدیده‌های پیچیده در طول زمان است که این روش با در نظر گرفتن اجزای مختلف یک پدیده به منزلهٔ یک سیستم واحد و بررسی تعاملات آن‌ها در طول زمان به ما کمک می‌کند تا عملکرد آن را بهتر درک کنیم و چالش‌های احتمالی آینده را پیش‌بینی کنیم. این رویکرد بر درک مکانیسم‌های بنیادی تمرکز دارد که تکامل اجزای سیستم و در نهایت کل سیستم را در طول زمان رقم می‌زند (Irwin and Wang, 2017). سیستم دینامیک ابزار مؤثر مدل‌سازی پویا مفهومی است که پروفسور جی فارستر[1] در سال ۱۹۵۶ در دانشگاه MIT آن را معرفی کرد. نظریهٔ سیستم‌های دینامیک گونه‌ای از علم ریاضی است که به بررسی سیستم‌های فیزیکی که با گذشت زمان در آن‌ها تغییر رخ می‌دهد می‌پردازد (Favela, 2020). این رویکرد می‌تواند فرایند پیچیدگی و رفتار یک سیستم را به تصویر بکشد که از دو جزء اصلی گسسته و پیوسته تشکیل می‌شود (Permatasari et al., 2023). توسعهٔ حالت وابسته به زمان توسط یک سیستم دینامیکی توصیف می‌شود که معمولاً یک حالت در این سیستم به عنوان یک بردار نمایش داده می‌شود که می‌تواند همچون نقطه‌ای در یک فضای هندسی قابل‌مشاهده باشد (Shi, 2022). در انواع سیستم‌های موجود مشکلاتی وجود دارد که برای حل آن‌ها نقاط کلیدی عملکرد سیستم باید شناسایی و بررسی شوند. این بررسی‌ها از طریق سناریوهایی از آینده انجام می‌شود که بر اساس رفتار گذشته و حال محیط سیستم شکل می‌گیرند. ثبت سناریوهای آینده برای بررسی مسائل سیستمی نیازمند دانش و تکنیک خاص است. این تکنیک با استفاده از نگرش سیستمی مشکلات را به‌درستی شناسایی کرده و سریع‌ترین راه‌حل را برای حل آن‌ها ارائه می‌دهد (Azar and Khadivar, 2009).

1. Jay Wright Forrester

۲. پیشینه پژوهش

۲-۱. زنجیرهٔ تأمین بلوکی صنعت دارو

تسنگ[2] و همکاران (2018) در پژوهش خود، برای ایجاد شفافیت و بهبود کارایی تبادل اطلاعات، یک زنجیرهٔ تأمین دارو بر پایهٔ فناوری بلاکچین طراحی کردند. این سیستم، شفافیت را با در اختیار گذاشتن داده‌های تراکنش زنجیرهٔ تأمین دارو در قالب قرارداد هوشمند برای همهٔ اعضای زنجیره از جمله کنشگران، شرکت‌ها و بیماران تضمین می‌کند. هر دارو در این سیستم دارای یک شناسهٔ منحصربه‌فرد است و فقط یک‌بار می‌تواند فروخته شود و هر تراکنش توسط قرارداد هوشمند به همهٔ اعضای زنجیره اطلاع‌رسانی می‌شود. این سیستم امکان شناسایی تراکنش‌های غیرعادی را فراهم می‌کند که می‌توانند طبق شرایط تعیین‌شده در قرارداد هوشمند به‌طور خودکار متوقف شوند (Tseng et al., 2018). باندو[3] و همکاران (2023) در پژوهش خود سیستمی بر پایهٔ فناوری بلاکچین و قرارداد هوشمند طراحی کردند که هدف این پژوهش ایمن‌سازی، ردیابی و افزایش کارایی زنجیرهٔ تأمین دارو است. در این سیستم از بلاکچین اتریوم و قراردادهای هوشمند برای ایجاد یک مکانیسم ردیابی غیرمتمرکز در زنجیرهٔ تأمین دارو استفاده شده است. این سیستم از توابع هش برای ذخیرهٔ داده‌ها در یک دفتر کل توزیع‌شدهٔ عمومی استفاده می‌کند و قراردادهای هوشمند تعبیه‌شده در زنجیره اجرای قراردادها را به صورت خودکار انجام می‌دهند و نیاز به واسطه‌ها را از بین برده و اتلاف زمان را کاهش می‌دهند. این سیستم به کنشگران مانند تولیدکنندگان، عمده‌فروشان، توزیع‌کنندگان، داروخانه‌ها و بیماران اجازه می‌دهد تا به طور ایمن و شفاف در زنجیرهٔ تأمین تعامل داشته باشند و در نتیجه سیستم پیشنهادی عدم‌شفافیت و ردیابی در زنجیره‌های تأمین سنتی را برطرف می‌کند (Bandhu et al., 2023). گماستا[4] و همکاران (2023) پژوهشی در زمینهٔ زنجیره تأمین دارو انجام دادند که در این پژوهش سیستمی طراحی شده که منشأ داده‌ها را در زنجیرهٔ تأمین دارو تضمین می‌کند که این سیستم از مبانی رمزنگاری فناوری دفتر کل توزیع‌شده برای

2. Tseng
3. Bandhu
4. Gomasta

ایجاد گزارش‌های غیرقابل‌تغییر در زنجیرهٔ تأمین استفاده می‌کند. این سیستم از قراردادهای هوشمند برای اتوماسیون رویدادها استفاده می‌کند تا برای همهٔ اعضا در دسترس باشد و همچنین در برابر تلاش‌های مخرب برای به خطر انداختن امنیت، شفافیت و عدم‌انکار داده‌های تراکنش محافظت می‌کند که در یک محیط جامع و چندگانه مانند زنجیرهٔ تأمین دارو بسیار مهم است (Go-masta et al., 2023). زو[1] (2024) در پژوهشی به چالش‌های امنیتی اصلی زنجیرهٔ تأمین دارو پرداخته و راه‌حل مدیریت زنجیرهٔ تأمین دارو بر پایهٔ بلاکچین را مطرح نمود. در این پژوهش یک نمونه برچسب ردیابی با نام برچسب نشانگر DNA بر روی محصولات دارویی نصب می‌شود که همچون عامل بازدارنده‌ای قوی در برابر سرقت فیزیکی عمل می‌کند. شناسهٔ منحصربه‌فرد تولیدشده در نشانگر DNA کدگذاری می‌شود و تضمین می‌کند که هر گونه جایگزینی یک داروی تقلبی با یک داروی اصلی سبب تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در ویژگی فیزیکی آن می‌شود. این تغییر به‌سرعت در ارزیابی‌های بعدی شناسایی می‌شود، بنابراین امنیت زنجیرهٔ تأمین را افزایش می‌دهد. این رویکرد از رمزگذاری یک شناسهٔ منحصربه‌فرد در داروی موردنظر و شناسایی آن با دقت بالا پشتیبانی می‌کند و می‌تواند اطلاعات مختلف مربوط به دارو، مانند شمارهٔ سریال منحصربه‌فرد، جزئیات تولیدکننده، تاریخ ساخت، اجزای مورداستفاده و... را رمزگذاری کند (Xu, 2024). در پژوهشی دیگر، میشرا[2] و همکاران (2024) یک زیرساخت زنجیرهٔ تأمین قابل‌ردیابی امن و کارآمد بر پایهٔ فناوری بلاکچین برای محصولات دارویی پیشنهاد کردند. قراردادهای هوشمند در طرح موردنظر نقش بسزایی دارند که از آن‌ها برای ردیابی نوع مشارکت کلیهٔ بخش‌ها در عرضه و ثبت رویدادهای مربوطه استفاده می‌شود. این سیستمِ جلوگیری از عرضهٔ داروهای تقلبی اولین سیستمی است که با استفاده از مدل امنیتی استاندارد مدل UC سابقهٔ عرضهٔ داروهای اصلی را ارائه می‌دهد. همچنین در این سیستم از نرم‌افزار Remix IDE برای تهیهٔ کد قرارداد هوشمند با به‌کارگیری موارد مربوط به تحویل مطمئن بسته‌های دارویی و شناسایی تخلفات بخش حمل‌ونقل به منظور جلوگیری از عرضهٔ محصولات دارویی تقلبی به کار گرفته است. بنابراین، کلیهٔ بخش‌های درگیر می‌توانند از آخرین وضعیت سیستم اطلاع کامل داشته باشند و عرضهٔ امن را در برابر هر گونه تقلب در بخش عرضه و محصولات دارویی تقلبی تضمین کنند. زنجیرهٔ موردنظر دارای معماری سه لایه است. کنشگران درگیر در زنجیرهٔ تأمین در لایه زیرین، شبکهٔ بلاکچین در لایهٔ میانی و داده‌های بلاکچین و قراردادهای هوشمند در لایهٔ بالایی قرار می‌گیرند و خدمات قابلیت ردیابی را به مشتریان ارائه می‌دهند. مدل پیشنهادی همچنین از یک مدل احراز هویت محاسباتی ایمن بر پایهٔ زنجیرهٔ هش چندجمله‌ای برای تهیه یک کد هش مخفی به منظور تضمین صحت در مدت‌زمان عرضهٔ دارو در زنجیرهٔ تأمین استفاده کرده است (Mishra et al., 2024). گوپتا و کلام[3] (2024) در پژوهش خود به بررسی راه‌حل‌های زنجیرهٔ بلوکی بر زنجیره‌های تأمین صنعت داروسازی به منظور افزایش تجربهٔ بیمار با دسترسی به اطلاعات پرداخته است. در این راستا، نیکزادی پناه[4] و همکاران (2024) در تحقیقی در به اثر فناوری بلاکچین بر تاب‌آوری زنجیرهٔ تأمین پرداختند. آن‌ها یافتند که شفافیت زنجیرهٔ تأمین دارو مبتنی بر بلاکچین تأثیر مثبتی بر تاب‌آوری دارد. همان‌طور که از مطالعات اشاره‌شدهٔ داخلی و خارجی پیداست در تحقیقات داخلی اکثر آن‌ها به ضرورت ایجاد ساختاری برای جلوگیری از تقلب و شفاف‌سازی زنجیرهٔ تأمین دارو یا طراحی زنجیرهٔ تأمین دارو با رویکرد سیستم پویا پرداختند بدون آنکه به طراحی زنجیرهٔ بلوکی تأمین دارو پرداخته شود. در همین راستا، تحقیقات خارجی نیز علاوه بر اشاره کردن به ضرورت طراحی زنجیرهٔ بلوکی به طراحی زنجیرهٔ بلوکی دارو نیز پرداختند با این تفاوت که یا بخشی از زنجیرهٔ بلوکی تأمین دارو را طراحی کردند یا در صورت طراحی زنجیرهٔ بلوکی کامل بر اساس ساختار و قواعد و قوانین محلی مطالعات خود ایجاد کردند یعنی کنشگرهای زنجیره مانند تولیدکننده‌ها، مراکز پخش، داروخانه‌ها، بیمارستان‌ها و بیمه‌ها و ارتباط و قوانین بین آن‌ها صرفاً متناسب مطالعات محلی بود. در این تحقیق همان‌طور که در بخش مقدمه اشاره شد به طراحی زنجیرهٔ بلوکی متناسب با ساختار و قواعد و قوانین کشور ایران پرداخته شد.

هدف این پژوهش، بررسی روش‌هایی است که به تحویل به‌موقع دارو به بیماران، به‌ویژه در مناطق دورافتاده، کمک می‌کنند. در این مطالعه به استفاده از سیستم‌های ردیابی و قراردادهای هوشمند برای تأیید اصالت داروها در این صنعت پرداخته می‌شود و نیز فناوری‌های سلامت دیجیتال مانند پزشکی از راه دور به منزلهٔ ابزاری برای بهبود دسترسی بیماران به داروها و مراقبت‌های بهداشتی بررسی می‌شود. سیستمی که در پژوهش مطرح شده است یک سیستم مدیریت زنجیرهٔ تأمین دارویی بر پایهٔ بلاکچین است که شامل کنشگران مختلفی است که هر کدام دارای مسئولیت‌های خاصی هستند. عملکرد این سیستم بدین ترتیب است: در ابتدا دولت مجری و توسعه‌دهندهٔ این شبکه است که کنشگران را ثبت می‌کند و مجوز تولید دارو را صادر می‌کند. سپس تولیدکنندگان اطلاعات داروهای تولیدشده را در زنجیرهٔ

1. Xu
2. Mishra
3. Gupta and Kalam
4. Nikzadipanah

بلوکی ثبت کرده و مالکیت آن‌ها را به داروخانه‌ها منتقل می‌کنند. پزشکان برای بیماران نسخه تهیه کرده و داده‌ها را در زنجیره برای تهیهٔ دارو توسط بیمار ثبت می‌کنند. بیماران برای دریافت داروهای خود با ارائهٔ شناسهٔ مجازی خود (نسخهٔ الکترونیک) به داروخانه‌ها داروهای خود را دریافت می‌کنند. پایان چرخهٔ عمر دارو در این سیستم فروش در داروخانه و آخرین خریدار است. در صورتی که دارو بدون نسخه فروخته شده باشد مشخص خواهد شد (Gupta and Kalam, 2024).

۲-۲. سیستم دینامیک در زنجیره‌تأمین دارو

عبیدی[1] و همکاران (2018) در پژوهش خود به طراحی یک مدل مدیریت موجودی شبیه‌سازی سیستم دینامیک در یک زنجیرهٔ تأمین دارویی چندمحصولی چندلایه پرداختند. در این پژوهش، شیوهٔ کنترل موجودی (R, s, S) برای کلیهٔ کنشگران زنجیرهٔ تأمین دارو با وجود اینکه تقاضای محصولات تصادفی مد نظر است، به کار گرفته می‌شود. این مدل با هدف کمک به مدیران بخش‌های زنجیرهٔ تأمین دارو در تعیین سطوح خدمات عملیاتی بر مبنای هزینهٔ موجودی کلی است که با توجه به این هدف دو مدل مطرح شده است. در مدل اول، یک توزیع‌کننده، یک مرکز مراقبت‌های بهداشتی و یک تولیدکننده تعیین گردیده است. در صورتی که در مدل دوم، سناریوی پیچیده‌تری مطرح شده که در این مدل از توزیع‌کنندگان محلی و منطقه‌ای، دو مرکز مراقبت‌های بهداشتی و یک تولیدکننده به کار گرفته شده است که یک سناریوی واقعی را مطرح می‌کند (Abidi et al., 2018). کومار و موکرجی[2] (2020) در پژوهشی از روش سیستم دینامیک برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی یک سیستم کنترل موجودی در زنجیرهٔ تأمین دارو برای یک فرایند تولید مجدد در حوزهٔ زنجیرهٔ تأمین حلقهٔ بسته استفاده کردند. نرخ بازده با در نظر گرفتن عوامل لجستیک معکوس نظیر مدت‌زمان ماندگاری و شاخص بازگشت فرمول‌سازی شد. شاخص بازگشت با بررسی ارتباط بین مشوق‌های شرکت یا قرارداد خدماتی و رفتار مشتری که برای بازیابی محصولات به کار گرفته شد تعیین گردیده است (Kumar and Mukherjee, 2020). حمزه‌لو[3] (2024) در پژوهش خود، یک مدل سیستم دینامیک برای زنجیرهٔ تأمین دارویی ایران ارائه نمود که این مدل در سه مرحله ارائه شده است. در گام اول، شاخص‌های زنجیرهٔ تأمین بر اساس نتایج مبانی نظری به دست آمد. در گام دوم، یک مدل سیستم دینامیک از زنجیرهٔ تأمین دارو در حوزهٔ همه‌گیری کوید ۱۹ با بررسی و تحلیل‌های لازم حاصل شد و در نهایت با انجام مطالعهٔ موردی خروجی‌ها و استراتژی‌های موردنظر به دست آمد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهندهٔ این است که بالاترین چابکی زنجیرهٔ تأمین دارو را می‌توان با به‌کارگیری هم‌زمان سه استراتژی تضمین کرد: الف) سرمایه‌گذاری، ب) توسعهٔ سرمایهٔ انسانی، ج) تکمیل سریع پروژه‌های در حال انجام بر اساس اولویت. با توجه به این نتایج بهتر است میزان سرمایه و نیروی کار موردنیاز سازمان برای پروژه‌های در حال اجرا تعیین شود، سپس راهکارهای تأمین مالی در جهت پیاده‌سازی این پروژه‌ها طراحی و با توجه به اولویت‌بندی پروژه‌ها اجرا شود. این تحقیق به طراحی زنجیرهٔ تأمین دارو در شرایط اپیدمی کوید ۱۹ پرداخت و بحث تقلب و جعل دارو با استفاده از فناوری بلاکچین در نظر گرفته نشد (Hamzehlou, 2024). شاه‌بهرامی[4] و همکاران (2024) به مدیریت پایدار زنجیرهٔ تأمین دارو در ایران با استفاده از رویکرد مدل‌سازی پویا پرداختند و هدف از تحقیقشان شناسایی سناریوهایی برای بهینه‌سازی مؤلفه‌های پایداری در زنجیرهٔ تأمین دارو از جمله افزایش کفایت نیروی انسانی، افزایش سرعت پاسخ‌گویی و... بود و در این تحقیق زنجیرهٔ بلوکی و داده‌های هر بلوک بر توزیع و پیشگیری از جعل بررسی نشد (Shahbahra-mi, et al., 2024).

به عبارت دیگر، در تحقیقات حمزه‌لو و شاه بهرامی و همکاران (2024) به طراحی زنجیرهٔ تأمین دارو یا زنجیرهٔ تأمین داروی پایدار پرداخته شد. بدین صورت که آن‌ها با استفاده از تحلیل سیستم و نظرات خبرگان و مستندات و وضعیت موجود به تحلیل گردش و جریان موجودی یعنی دارو از تولیدکننده تا مصرف‌کننده پرداختند آن‌ها بدین وسیله کنشگرهایی که در زنجیرهٔ تأمین دارو حضور دارند را شناسایی نمودند و با استفاده از تحلیل‌های سیستمی، آماری و شبیه‌سازی اتفاقات زنجیره را در اثر حضور یا وقوع یک رویداد مانند کاهش عرضه، بیماری کرونا و... بررسی نمودند. این تحقیقات به جریان موجودی با اصالت و کیفیت و بدون جعل در دارو نمی‌پردازند. به عبارت دیگر، اگر در سطحی از زنجیرهٔ تأمین در اصالت دارو تقلبی صورت گیرد طراحی موجود قابلیت شناسایی و ردگیری ندارد. در صورتی که در زنجیرهٔ بلوکی از طراحی سیستم اطلاعاتی یکپارچه استفاده می‌شود. بدین صورت که با وقوع هر تراکنش در زنجیره مثل فروش دارو به بیمار توسط داروخانه بلادرنگ تمامی کنشگرهای زنجیره مانند بیمارستان، پزشک معالج، بیمه، مرکز پخش و تولیدکننده از این تراکنش مطلع می‌شوند و چون داده‌ها با استفاده از فرایند هشینگ کدگذاری می‌شوند قابلیت دست‌کاری به صفر می‌رسد و چنانچه داده‌ای از دارو اصالت نداشته باشد در بخشی از کنشگرهای دیگر مطلع شده و تراکنش در آن بخش تأیید نمی‌شود. ازاین‌رو، در این تحقیق از سیستم دینامیک صرفاً برای شناسایی کنشگرها استفاده

1. Abidi
2. Kumar and Mukherjee
3. Hamzehlou
4. Shahbahrami

شد و سپس با استفاده از فناوری زنجیرهٔ بلوکی به زنجیرهٔ تأمین بلوکی طراحی شد.

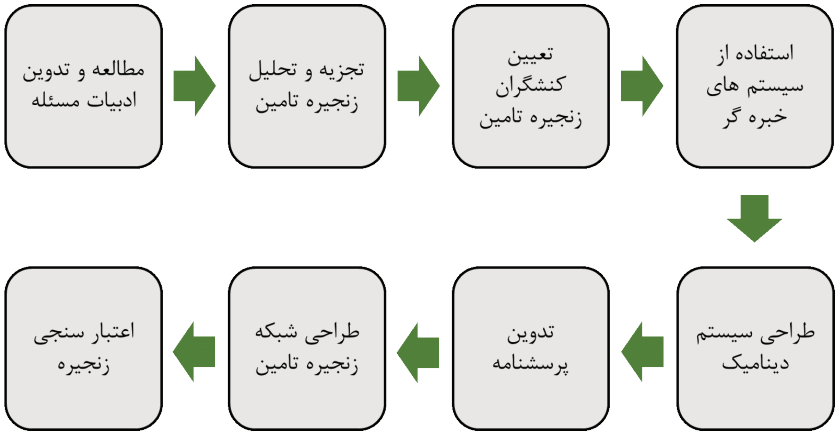
۳. روش پژوهش

از نظر هدف، این تحقیق در دستهٔ پژوهش‌های توسعه‌ای-کاربردی با هدف طراحی زنجیرهٔ تأمین بلوکی در صنعت دارو به منظور جلوگیری از تقلب محصولات دارویی قرار می‌گیرد. اطلاعات و داده‌های این تحقیق از مستندات، مصاحبهٔ باز، روش دلفی و پرسشنامهٔ مقایسات زوجی با ۱۰ خبره در این حوزه جمع‌آوری شده است. در مرحلهٔ اول با استفاده از تحقیقات و مقالات موجود و تحلیل سیستم با به‌کارگیری اصول سیستم دینامیک نمودار علت و معلول زنجیرهٔ تأمین دارو برای شفاف‌سازی متغیرها و کنشگرهای زنجیره با نقش‌های آن‌ها طراحی شد. سپس با مصاحبهٔ باز با کنشگرهای شناسایی‌شده به طور جداگانه داده‌های مدنظر در سطح هر کنشگر برای جلوگیری از تقلب و دست‌کاری اطلاعات دارویی تعیین گردید. هدف از تهیهٔ این مصاحبه کسب داده‌هایی است که هر کنشگر در زنجیرهٔ تأمین مذکور باید به صورت دفتر کل توزیع‌شده با سایر کنشگران زنجیره به اشتراک بگذارد. سپس با تمرکز بر بیمار که در انتهای این زنجیره است، با استفاده از روش دلفی به خلاصه‌سازی این داده‌ها در ۱۲ دسته و گروه‌بندی آن‌ها در سه گروه با اهمیت بالا، بااهمیت و نسبتاً بااهمیت با همین روش دلفی پرداخته شد. در انتها نیز به منظور اولویت‌بندی این داده‌ها نسبت به هدف‌گذاری در ایجاد و توسعهٔ زیرساخت‌ها توسط متولیان زنجیرهٔ تأمین دارو از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و مقایسات زوجی استفاده گردید. مشخصات کلی خبرگان و کارشناسان این تحقیق در ادامه و در جدول ۱ آمده است.

۱. حداقل دارای ۱۰ سال سابقهٔ فعالیت در حوزهٔ مربوطه
۲. حداقل سن ۳۰ سال
۳. حداقل میزان تحصیلات مقطع کارشناسی‌ارشد

جدول ۱: مشخصات کلی خبرگان

	عنوان شغلی	تحصیلات	سابقهٔ فعالیت	تعداد
مصاحبهٔ باز و دلفی ۱	پزشک داروساز	دکتری	بیش از ۱۵ سال	۱ نفر
	پزشک معالج	دکتری	بیش از ۱۵ سال	۱ نفر
	کارشناس بخش تولید	کارشناسی ارشد	۱۰ تا ۱۵ سال	۱ نفر
	کارشناس بخش توزیع	کارشناسی ارشد	۵ تا ۱۰ سال	۱ نفر
	کارشناس بیمه	کارشناسی ارشد	۱۰ تا ۱۵ سال	۱ نفر
مقایسات زوجی و دلفی ۲	استاد دانشگاه - تخصص برنامه‌ریزی استراتژیک سلامت	دکتری	بیش از ۲۰ سال	۱ نفر
	مدیر پژوهشی بیمه	دکتری	بیش از ۱۵ سال	۱ نفر
	مدیر کل بیمه	دکتری	حدود ۳۰ سال	۱ نفر
	استاد دانشگاه علوم پزشکی	دکتری	بیش از ۲۰ سال	۱ نفر
	کارشناس فناوری اطلاعات - حوزهٔ سلامت	کارشناسی ارشد	بیش از ۱۵ سال	۱ نفر

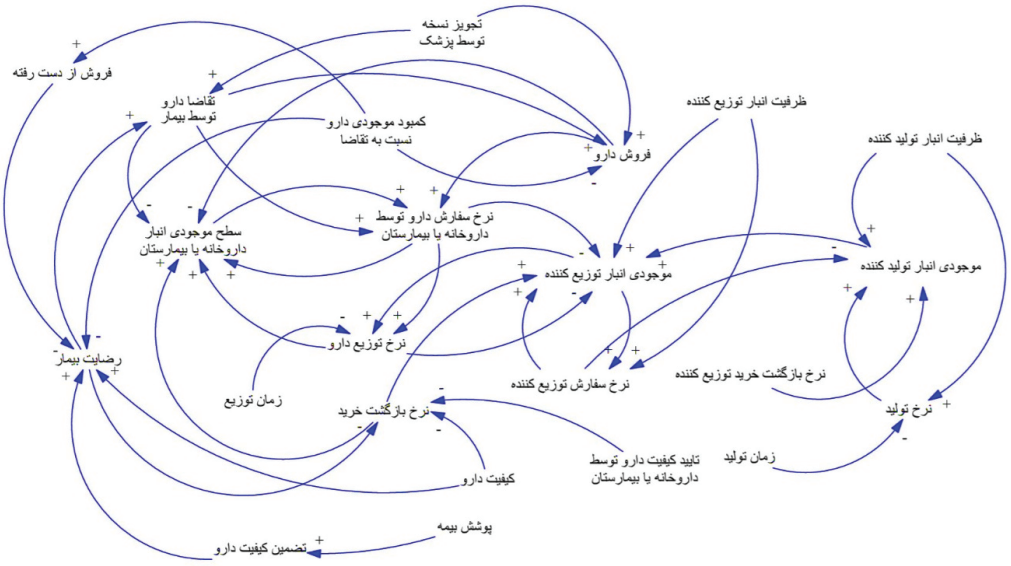


شکل ۱: مدل نهایی حاصل از داده‌های پژوهش

در این پژوهش از سیستم دینامیک برای تشخیص عوامل کلیدی، متغیرها و نقاط آسیب‌پذیر در زنجیرهٔ تأمین دارو که منجر به تقلب می‌شوند استفاده و مدل سیستم موردنظر برای بررسی ارائه می‌شود (Ogata, 2014). پس از بررسی و تحلیل‌های گسترده بر مطالعات و مقالات مختلف و تحلیل علت و معلول‌ها در سیستم متغیرهای مؤثر زنجیرهٔ تأمین دارو به دست آمده، سپس رفتار متغیرها در زنجیره تأمین مذکور ارزیابی شده، عوامل مؤثر بر زنجیره تشخیص داده شده و بر اساس اصول روش سیستم دینامیک ارتباط بین این متغیرها بر اساس میزان تأثیر بر یکدیگر تعیین شده و نمودار علت و معلول مربوطه در شکل ۲ با استفاده از نرم‌افزار VENSIM ترسیم شده و متغیرهای مذکور نیز در جدول ۲ مشخص شده‌اند. نمودار علت و معلول با استفاده از تحلیل سیستم جریان موجودی و اطلاعات، مستندات و مطالعات موجود و نظرات کارشناسان خبره رسم می‌شود و ارتباط بین آن‌ها نیز با استفاده از تحلیل‌های آماری داده‌های گذشته، مطالعات موجود و نظرات خبرگان طراحی، شبیه‌سازی و تنظیم می‌گردد.

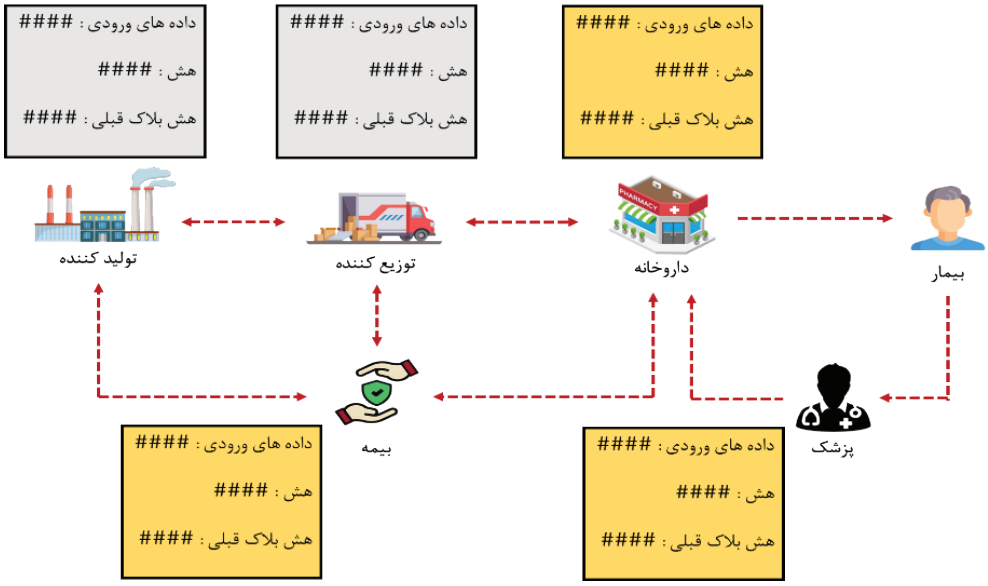
جدول ۲: متغیرهای زنجیره‌تأمین دارو (محقق‌یافته)

متغیرها	
ظرفیت انبار تولیدکننده	نرخ بازگشت خرید
موجودی انبار تولید کننده	تأیید کیفیت دارو توسط داروخانه یا بیمارستان
نرخ تولید	
زمان تولید	تجویز نسخه توسط پزشک
ظرفیت انبار توزیع کننده	تقاضای دارو توسط بیمار
موجودی انبار توزیع کننده	فروش دارو
نرخ سفارش توزیع کننده	کمبود موجودی دارو نسبت به تقاضا
نرخ بازگشت خرید توزیع کننده	فروش ازدست‌رفته
سطح موجودی انبار داروخانه یا بیمارستان	رضایت بیمار
نرخ سفارش دارو توسط داروخانه یا بیمارستان	کیفیت دارو
نرخ توزیع دارو	پوشش بیمه
زمان توزیع	تضمین کیفیت دارو



شکل ۲: نمودار علت و معلول متغیرهای زنجیره‌تأمین دارو (محقق‌یافته)

کنشگران زنجیرهٔ تأمین در این صنعت با توجه به هدف پژوهش که جلوگیری از تقلب محصولات دارویی است و بتوانند محصولات دارویی موردنظر را از تولید تا فروش در داروخانه‌ها کنترل و ردیابی کنند عبارت‌اند از : تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، داروخانه‌ها، پزشک،بیمار و بیمه که طراحی این زنجیرهٔ تأمین بلوکی در شکل ۳ به نمایش گذاشته شده است.



شکل۳: شبکه زنجیره‌تأمین بلوکی پژوهش (محقق‌یافته)

۳-۱. فهرست داده‌های به‌دست‌آمده از مصاحبه‌های باز

داده‌هایی که کنشگران زنجیرهٔ تأمین دارو در مصاحبه به آن‌ها پاسخ دادند مبنی بر اینکه هر کنشگر زنجیرهٔ تأمین دارو چه داده‌هایی در مورد واحد خود را به صورت دفتر کل توزیع‌شده در اختیار سایر کنشگران قرار می‌دهد به شرح زیر است:

جدول ۳: داده‌های مربوط به کنشگران (محقق‌یافته)

کنشگران	فهرست داده‌ها	
تولیدکننده	شناسهٔ UIDمحصول (کد ۲۰رقمی منحصربه‌فرد برای هر محصول)	مشخصات توزیع‌کنندهٔ محصول
	شناسهٔ GTIN محصول (کد ۱۴رقمی بین‌المللی کالای تجاری)	شمارهٔ فاکتور سفارش توزیع‌کننده
	کد LOT محصول (شماره سری ساخت محصول)	تاریخ توزیع سفارش به توزیع‌کننده
	تاریخ تولید محصول	تاریخ تحویل سفارش به توزیع‌کننده
	تاریخ انقضای محصول	اطلاعات نحوهٔ توزیع سفارش به توزیع‌کننده
	قیمت فروش محصول	
توزیع‌کننده	شناسهٔ UIDمحصول (کد ۲۰رقمی منحصربه‌فرد برای هر محصول)	تاریخ تحویل سفارش از تولیدکننده
	شناسهٔ GTIN محصول (کد ۱۴رقمی بین‌المللی کالای تجاری)	شمارهٔ فاکتور سفارش از تولیدکننده
	کد LOT محصول (شمارهٔ سری ساخت محصول)	نام و مشخصات داروخانهٔ سفارش‌دهنده
	تاریخ تولید محصول	شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه
	تاریخ انقضاء محصول	اطلاعات نحوهٔ توزیع سفارش به داروخانه
	قیمت فروش محصول	تاریخ توزیع سفارش به داروخانه
	مشخصات تولیدکننده محصول	

کنشگران	فهرست داده‌ها	
داروخانه	شناسهٔ UIDمحصول (کد ۲۰رقمی منحصربه‌فرد برای هر محصول)	تاریخ تحویل سفارش از توزیع‌کننده
	شناسهٔ GTIN محصول (کد ۱۴رقمی بین‌المللی کالای تجاری)	بررسی نسخهٔ تجویزشده به بیمار
	کد LOT محصول (شمارهٔ سری ساخت محصول)	ثبت کد ملی بیمار در داروخانه برای تحویل دارو
	تاریخ تولید محصول	
	تاریخ انقضای محصول	نام و مشخصات داروی تجویزشده به بیمار
	قیمت فروش محصول	تعداد داروی تجویزشده
	مشخصات تولیدکنندهٔ محصول	تاریخ تجویز دارو
	مشخصات توزیع‌کنندهٔ محصول	نام پزشک معالج
	شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده	نوع بیمهٔ درمانی بیمار
پزشک معالج	ثبت کد ملی بیمار در حساب کاربری پزشک برای تنظیم نسخه	تعداد داروی تجویزشده
	نوع بیمهٔ درمانی بیمار	تاریخ تجویز و تنظیم نسخه
	ثبت نوع بیماری تشخیص داده‌شده	مدت اعتبار نسخهٔ تجویزشده
	نام و مشخصات داروی تجویزشده	شناسهٔ رهگیری نسخه در اختیار بیمار قرار خواهد گرفت تا دارو را از داروخانه تحویل بگیرد.

بر طبق اطلاعات به‌دست‌آمده از جدول ۳، صنایع تولیدی دارو باید داده‌هایی همچون کد UID محصول، شناسهٔ GTN، کد LOT و... را در بلوک مرتبط به خود برای تأیید در تراکنش‌های زنجیرهٔ تأمین دارو اضافه کنند؛ مانند این کنشگر شرکت‌های پخش و توزیع دارو نیز داده‌هایی مانند داروخانهٔ سفارش‌دهنده، تاریخ سفارش، قیمت دارو و....را به بلوک مربوط به خود اضافه نموده و به همین ترتیب داروخانه و پزشک معالج نیز داده‌های فهرست‌شده در جدول را نظیر مشخصات توزیع‌کننده، مشخصات بیمار و بیمه را وارد بلوک خودشان می‌کنند. بر طبق این داده‌ها، هر گاه در زنجیرهٔ تأمین دارو تراکنشی به عبارت دیگر دارویی تجویز شود بلافاصله مشخصات در قالب توابع هش کدگذاری‌شده و تمامی کنشگرها از آن تراکنش مطلع شده و در صورت جعل یا دست‌کاری در اطلاعات زنجیره واکنش نشان داده و آن تراکنش یعنی همان تجویز، خرید یا پخش را تأیید نمی‌نماید. همان‌طور که در بخش‌های قبل نیز اشاره شد یکی از اهداف اصلی این تحقیق شناسایی اطلاعاتی است که بین کنشگرها باید به منظور شناسایی اصالت تراکنش به اشتراک گذاشته شود که این اطلاعات در زنجیرهٔ تأمین داروی مشتمل بر تولیدکننده، توزیع‌کننده، داروخانه و پزشک معالج مطابق جداول ۲ و ۳ باشند.

۳-۲. روش دلفی

روش دلفی روشی است برای به دست آوردن یک توافق گروهی دربارهٔ یک موضوع یا سؤال پیچیده. در این روش، یک گروه از خبرگان به صورت ناشناس و مستقل پاسخ‌هایی را به سؤالات پرسشنامه ارائه می‌دهند. نتایج این پاسخ‌ها توسط هماهنگ‌کننده جمع‌آوری شده و تحلیل و بررسی می‌شود. سپس بازخورد این نتایج به خبرگان ارائه می‌شود تا بتوانند پاسخ‌های خود را اصلاح کنند (Massaroli et al., 2018). این فرایند در چند مرحله تکرار می‌شود تا زمانی که یک توافق گروهی میان خبرگان دربارهٔ موضوع موردنظر به دست آید (Sankaran et al., 2023, Sa-blatzky, 2022).

با توجه به حضور بیمار یا مصرف‌کنندهٔ دارو در انتهای زنجیرهٔ تأمین و تجمیع تمامی اطلاعات و داده‌های واقعی یا دست‌کاری و جعل‌شده در تمامی سطوح قبل از کنشگران در این سطح، سطح تعامل بین داروخانه و بیمار به عنوان نقطهٔ تمرکز برای بررسی اشتراک داده‌های مؤثر انتخاب شد و در ادامه به منظور تعیین داده‌های شاخص و کلیدی این سطح از بین داده‌های به‌دست‌آمده از مرحلهٔ قبل با استفاده از روش دلفی ۱ تعداد ۱۲ دادهٔ کلیدی تعیین شدند که در جدول ۴ به نمایش گذاشته شد. به عبارت دیگر، همان‌طور که در بخش قبل اشاره شد داده‌های کنشگرهای شناسایی‌شده در زنجیرهٔ تأمین دارو شامل تعداد زیادی از اطلاعات و همچنین همپوشانی بین برخی از آن‌ها است. ازاین‌رو، در این بخش تمامی داده‌های به‌دست‌آمده در قالب تکنیک دلفی در سه دور در اختیار گروه دوم خبره‌ها قرار داده شدند و از بین آن داده‌ها طبق جدول شمارهٔ ۴ و ۱۲ داده انتخاب شدند و برای مقایسات زوجی برای کاهش ابعاد مقایسات در سه گروه با اهمیت بالا، بااهمیت و نسبتاً بااهمیت دسته‌بندی شدند. بدین صورت که تمامی متغیرهای شناسایی‌شده برای اینکه سطوح مختلف زنجیره

متوجه شوند که تبادل یا تراکنش یک دارو با اصالت است یا خیر را بین آن‌ها بدون اشاره به پیشنهاددهنده به اشتراک گذاشته و در دور اول خبره‌ها با تعدیل، اصلاح یا اضافه کردن متغیرها موارد خود را برگشت داده و اطلاعات جدید بدون اشاره به افراد پس از مرتب‌سازی و پایش در اختیار تمامی قرار می‌گیرند و این روال تا دور سوم برای هم‌رأیی نظرات صورت می‌پذیرد.

جدول ۴: داده‌های سطح داروخانه ـ بیمار (محقق‌یافته)

ردیف	سطح اهمیت	فهرست داده‌های شاخص
۱	با اهمیت بالا	شناسهٔ UID دارو
۲		شناسهٔ GTIN دارو
۳		شناسهٔ LOT دارو
۴		نام داروی تجویزشده
۵	با اهمیت	نام پزشک معالج
۶		تاریخ ویزیت
۷		کد ملی بیمار
۸		تعداد داروی تجویزشده
۹	نسبتاً با اهمیت	نوع بیمهٔ درمانی بیمار
۱۰		نام تولیدکنندهٔ دارو
۱۱		نام توزیع‌کنندهٔ دارو
۱۲		شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده

جدول ۵: میانگین نظرات خبرگان

	شناسهٔ UID دارو	شناسهٔ GTIN دارو	شناسهٔ LOT دارو	نام داروی تجویزشده
شناسهٔ UIDدارو	۱	۷٫۲۲۹	۱	۷٫۱۸۴
شناسهٔ GTIN دارو	۰٫۱۳۸	۱	۰٫۱۳۱	۰٫۴۷۹
شناسهٔ LOT دارو	۱	۷٫۶۲	۱	۷٫۰۲۷
نام داروی تجویزشده	۰٫۱۳۸	۲٫۰۷۸	۰٫۱۴۱	۱
مجموع	۲٫۲۷۶	۱۷٫۹۲۷	۲٫۲۷۲	۱۵٫۶۹

۳-۳. تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی یک تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره است که توسط توماس ساعتی[1] در اواخر دهه ۱۹۷۰ معرفی و توسعه یافته است که به اولویت‌بندی گزینه‌ها و اتخاذ تصمیم‌های پیچیده کمک می‌کند و همچنین از مقایسات زوجی برای به دست آوردن مقیاس‌های اولویت استفاده می‌کند و بر تصمیم‌گیری‌های تخصصی متکی است (Rajput et al., 2018). این تکنیک، مسائل و مشکلات را به یک ساختار سلسله‌مراتبی از اهداف، معیارها و جایگزین‌ها تقسیم می‌کند (Radomska-Zalas, 2022). در این تحقیق پس از خلاصه‌سازی و نهایی‌سازی دادهٔ موردنیاز برای اشتراک نظارت و کنترل در سطح بلوک‌ها برای توسعهٔ زیرساخت‌ها ابتدا با استفاده از روش دلفی ۲ در سه گروه با اهمیت بالا، بااهمیت و نسبتاً بااهمیت تقسیم‌بندی شده و سپس با استفاده از نظرات خبرگان داده‌های استخراج‌شده در هر گروه به صورت زیر اولویت‌بندی می‌شوند. پس از جمع‌آوری نظرات خبرگان برای تجمیع نظرات از میانگین هندسی به کار گرفته شده و سپس میزان سازگاری مقایسات را با استفاده از شاخص سازگاری سنجیده می‌شود.

۳-۳-۱. ماتریس داده‌های با اهمیت بالا

در این بخش داده‌های به‌دست‌آمده در جدول ۴ در گروه با اهمیت بالا برای اولویت‌بندی طبق طیف ساعتی مورد مقایسهٔ زوجی قرار می‌گیرند. در ابتدا هر یک از داده‌ها نسبت به هدف اهمیت در کشف تقلب در زنجیرهٔ تأمین دارو با یکدیگر به صورت زوجی توسط هر خبره مقایسه و میانگین نظرات در جدول ۵ ارائه شده است.

1. Thomas L. Saaty

همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است شناسهٔ LOT دارو از بالاترین اهمیت در بین داده‌های با اهمیت بالا یعنی اولویت اول و شناسهٔ UID، نام داروی تجویزشده و شناسهٔ GTIN در اولویت‌های دوم، سوم و چهارم برای اعمال در زنجیرهٔ بلوکی دارو قرار گرفتند.

جدول ۶: ماتریس نرمال‌شده

	شناسهٔ UIDدارو	شناسهٔ GTIN دارو	شناسهٔ LOT دارو	نام داروی تجویزشده	وزن	رتبه‌بندی
شناسهٔ UID دارو	۰٫۴۳۹	۰٫۴۰۳	۰٫۴۴	۰٫۴۵۷	۰٫۴۳۴	۲
شناسهٔ GTIN دارو	۰٫۰۶	۰٫۰۵۵	۰٫۰۵۷	۰٫۰۳	۰٫۰۵	۴
شناسهٔ LOT دارو	۰٫۴۳۹	۰٫۴۲۵	۰٫۴۴	۰٫۴۴۷	۰٫۴۳۷	۱
نام داروی تجویزشده	۰٫۰۶	۰٫۱۱۵	۰٫۰۶۲	۰٫۰۶۳	۰٫۰۷۵	۳

بردار وزنی و نرخ ناسازگاری ماتریس نیز به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{WSV} = \begin{bmatrix} 1 & 7.229 & 1 & 7.184 \\ 0.138 & 1 & 0.131 & 0.479 \\ 1 & 7.62 & 1 & 7.027 \\ 0.138 & 2.078 & 0.141 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.434 \\ 0.05 \\ 0.437 \\ 0.075 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.77 \\ 0.201 \\ 1.77 \\ 0.298 \end{bmatrix}$$

$$CV = \begin{bmatrix} 1.77 \div 0.434 \\ 0.201 \div 0.05 \\ 1.77 \div 0.437 \\ 0.298 \div 0.075 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.078 \\ 4.02 \\ 4.05 \\ 3.973 \end{bmatrix}$$

در این مرحله پس از محاسبهٔ بردار وزنی به شکل فوق به محاسبهٔ نرخ سازگاری پرداخته خواهد شد.

$$\lambda_{max} = \frac{\sum C}{n} = \frac{4.078 + 4.02 + 4.05 + 3.973}{4} = 4.03$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{4.03 - 4}{3} = 0.01$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.01}{0.9} = 0.011 < 0.1$$

پس از محاسبهٔ شاخص سازگاری نتیجه ۰/۰۱۱ حاصل شد که این مقدار کمتر از مقدار ۰٫۱ شده است که نشان‌دهندهٔ سازگاری منطقی مقایسات است.

۳-۳-۲. ماتریس داده‌های بااهمیت

مانند بخش قبلی در این بخش نیز داده‌های جدول ۴ و از گروه بااهمیت با یکدیگر بر اساس نظرات خبرگان مقایسهٔ زوجی شدند و میانگین نظرات در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷: میانگین نظرات خبرگان

	کد ملی بیمار	نام پزشک معالج	تعداد داروی تجویزشده	تاریخ ویزیت
کد ملی بیمار	۱	۶٫۳۳۹	۲٫۲۴۵	۶٫۳۳۹
نام پزشک معالج	۰٫۱۵۷	۱	۰٫۱۵۶	۱٫۴۲۶
تعداد داروی تجویزشده	۰٫۴۴۵	۶٫۳۶۵	۱	۱٫۵۷۴
تاریخ ویزیت	۰٫۱۵۷	۰٫۷۰۱	۰٫۶۳۴	۱
مجموع	۱٫۷۵۹	۱۴٫۴۰۵	۴٫۰۳۵	۱۰٫۳۳۹

همان‌طور که از جدول ۸ پیداست کد ملی بیمار از بالاترین اهمیت در بین داده‌های بااهمیت یعنی اولویت اول و تعداد داروی تجویزشده، تاریخ ویزیت و نام پزشک معالج در اولویت‌های دوم، سوم و چهارم برای اعمال در زنجیرهٔ بلوکی هستند.

جدول ۸: ماتریس نرمال‌شده

	کد ملی بیمار	نام پزشک معالج	تعداد داروی تجویزشده	تاریخ ویزیت	وزن	رتبه‌بندی
کد ملی بیمار	۰٫۵۶۸	۰٫۴۴	۰٫۵۵۶	۰٫۶۱۳	۰٫۵۴۴	۱
نام پزشک معالج	۰٫۰۸۹	۰٫۰۶۹	۰٫۰۳۸	۰٫۱۳۷	۰٫۰۸۳	۴
تعداد داروی تجویزشده	۰٫۲۵۲	۰٫۴۴۱	۰٫۲۴۷	۰٫۱۵۲	۰٫۲۷۳	۲
تاریخ ویزیت	۰٫۰۸۹	۰٫۰۴۸	۰٫۱۵۷	۰٫۰۹۶	۰٫۰۹۷	۳

پس از محاسبهٔ شاخص سازگاری، نتیجه ۰/۰۹۵ حاصل شد که این مقدار کمتر از مقدار ۰٫۱ شده است که نشان‌دهندهٔ سازگاری منطقی مقایسات است.

۳-۴. ماتریس داده‌های نسبتاً بااهمیت

در این بخش، داده‌های جدول ۴ و از گروه نسبتاً بااهمیت با یکدیگر بر اساس نظرات خبرگان مقایسهٔ زوجی شدند و میانگین نظرات در جدول ۹ ارائه شده است.

جدول ۹: میانگین نظرات خبرگان

	نوع بیمهٔ درمانی بیمار	نام تولیدکنندهٔ دارو	نام توزیع‌کنندهٔ دارو	شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده
نوع بیمهٔ درمانی بیمار	۱	۰٫۱۳۲	۰٫۱۳۷	۰٫۱۴۸
نام تولیدکنندهٔ دارو	۷٫۵۵۵	۱	۱	۰٫۵۵۲
نام توزیع‌کنندهٔ دارو	۷٫۲۵	۱	۱	۰٫۶۰۹
شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده	۶٫۷۳۲	۱٫۸۱۱	۱٫۶۴	۱
مجموع	۲۲٫۵۳۷	۳٫۹۴۳	۳٫۷۷۷	۲٫۳۰۹

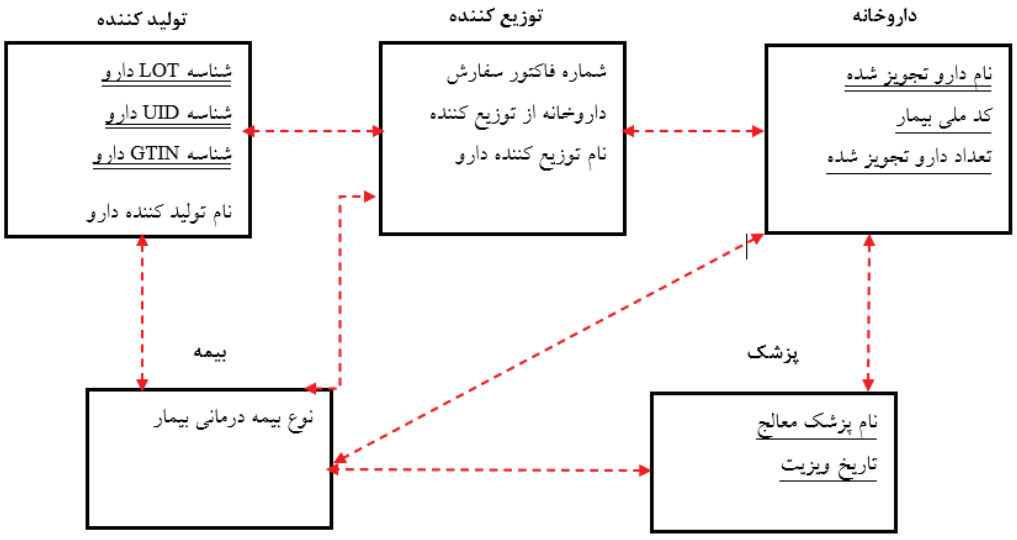
همان‌طور که در جدول ۱۰ ارائه شده است شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده از بالاترین اهمیت در بین داده‌های بااهمیت یعنی اولویت اول و نام توزیع‌کنندهٔ دارو، نام تولیدکنندهٔ دارو و نوع بیمهٔ درمانی در اولویت‌های دوم، سوم و چهارم برای اعمال در زنجیرهٔ بلوکی هستند.

جدول ۱۰: ماتریس نرمال‌شده

رتبه‌بندی	وزن	شماره‌فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده	نام توزیع‌کننده‌دارو	نام تولیدکننده‌دارو	نوع بیمهٔ درمانی بیمار	
۴	۰٫۰۴۴	۰٫۰۶۴	۰٫۰۳۶	۰٫۰۳۳	۰٫۰۴۴	نوع بیمهٔ درمانی بیمار
۳	۰٫۲۷۲	۰٫۲۳۹	۰٫۲۶۴	۰٫۲۵۳	۰٫۳۳۵	نام تولیدکنندهٔ دارو
۲	۰٫۲۷۵	۰٫۲۶۳	۰٫۲۶۴	۰٫۲۵۳	۰٫۳۲۱	نام توزیع‌کنندهٔ دارو
۱	۰٫۴۰۶	۰٫۴۳۳	۰٫۴۳۴	۰٫۴۵۹	۰٫۲۹۸	شمارهٔ فاکتور سفارش داروخانه از توزیع‌کننده

پس از محاسبهٔ شاخص سازگاری، نتیجه ۰/۰۱۳ حاصل شد که این مقدار کمتر از مقدار ۰٫۱ شده است که نشان‌دهندهٔ سازگاری منطقی مقایسات است.

با توجه به بررسی‌ها و تحلیل‌های صورت‌گرفته مهم‌ترین داده‌هایی که باید کنشگران زنجیرهٔ تأمین دارویی این پژوهش با سایر کنشگران این زنجیره به اشتراک بگذارند به دست آمده و با ثبت این داده‌ها در بستر زنجیرهٔ بلوکی شفافیت و امنیت در زنجیره برقرار خواهد شد و می‌توان از هر گونه تغییر و یا ثبت اطلاعات جعلی مصون بود. همچنین شرکت بیمه به عنوان کنشگر جدید در زنجیرهٔ تأمین این پژوهش می‌تواند محصولات دارویی موردنظر را از تولید تا فروش در داروخانه‌ها کنترل و ردیابی کند و در نهایت به هدف پژوهش یعنی جلوگیری از تقلب محصولات دارویی دست یافت. با در نظر گرفتن اولویت‌های کسب‌شده و شبکهٔ اولیهٔ پیشنهادی در شکل ۳ برای طراحی شبکه‌ای از داده‌های غیرمتمرکز از زنجیرهٔ تأمین دارو شبکهٔ نهایی بلوکی زنجیرهٔ تأمین دارو برای استقرار در نظام سلامت پیشنهاد می‌شود.



شکل ۴: شبکهٔ زنجیرهٔ تأمین بلوکی با داده‌های توزیع‌شده

راهنمای شکل: با اهمیت بالا بااهمیت نسبتاً بااهمیت

در شبکهٔ شکل ۴ با هر تراکنش دارویی در زنجیرهٔ تأمین دارو برای جلوگیری از تبادل داروهای تقلبی یا نسخه‌های جعلی داده‌های مرتبط با تراکنش از طریق این شبکه به صورت کدگذاری‌شده و غیرمتمرکز توزیع می‌شود. تا زمانی که داده‌های این تراکنش توسط تمامی کنشگرها مورد تأیید قرار نگیرند تراکنش فاقد اعتبار است و شرکت‌های بیمه به عنوان یکی از کنشگرهای اصلی که متحمل هزینه‌های بیمه‌ای درمان می‌شوند می‌توانند نقش متولی و حاکمیت را در این زنجیره ایفا کنند. از آنجایی که استقرار این نظام هماهنگ نیاز به اصلاحات و تغییرات در زیرساخت‌های فناوری در زنجیرهٔ تأمین دارو دارد اعمال تمامی آن‌ها با یکدیگر در زمان واحد شدنی نیست. ازاین‌رو، طبق نظرات کارشناسان خبره در این حوزه، اجرای تغییرات در داده‌های سبزرنگ بیشترین اولویت را دارا هستند. حسب آن اگر تراکنشی در زنجیرهٔ تأمین دارو اتفاق بیفتد با اعلان داده‌های دارو در داروخانه در زنجیرهٔ بلوکی تمامی بلوک‌ها باید تراکنش را تأیید کنند یعنی شرکت پخش باید توزیع آن دارو به داروخانه، شرکت تولیدی تولید و ارسال دارو برای شرکت پخش را تأیید کنند و از آنجایی که تمامی اطلاعات به صورت کدهای هش کدگذاری می‌شوند با هر گونه تغییر در اطلاعات تراکنش مورد تأیید قرار نمی‌گیرد و از پوشش بیمه‌ای نیز خارج می‌شود. با این روند در گام بعدی زیرساخت‌های مرتبط برای داده‌های رنگ زرد می‌توانند در شبکه اعمال و در نهایت داده‌های رنگ آبی به شبکه اضافه شوند.

نتیجه‌گیری

سلامت از ضرورت‌های اصلی در زندگی شهروندان است و به موجب این اهمیت خدمات دارویی مطلوب از شاخص‌های مهم عملکردی نظام‌های سلامت محسوب می‌شود. جلوگیری از عرضه و پخش داروهای تقلبی در زنجیرهٔ تأمین دارو یکی از مؤلفه‌های مهم در این عرصه است. ازاین‌رو، در این تحقیق به طراحی زنجیرهٔ تأمین دارو مبتنی بر فناوری بلاکچین برای جلوگیری از عرضهٔ داروهای تقلبی پرداخته شده است. هدف اصلی تحقیق تعیین کنشگرهای موردنیاز در یک زنجیرهٔ تأمین دارو و شناسایی داده‌های آن‌ها در بلوک‌های مربوط به خودشان برای پیشگیری از عرضهٔ داروهای تقلبی است. داده‌های مورد با استفاده از سیستم دینامیک، بلوک‌های زنجیره و نوع ارتباطات و داده‌های موردنیاز شناسایی شدند و با استفاده از تکنیک‌های دلفی و تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی مرتب و اولویت‌بندی شدند. این نتایج با تحقیقاتی همچون تحقیق باندو و همکاران (2023) در استفاده از مدل‌سازی پویا برای شناسایی کنشگرها همسو است. نتایج نشان می‌دهد شرکت‌های بیمه به منزلهٔ کنشگرهای مهم در این زنجیره می‌توانند با نظارت بر آن در توسعهٔ شبکه و اشتراک داده‌های بلوکی نقش مهمی داشته باشند و این نتیجه نیز با تحقیقاتی مانند جدیدالاسلامی و عزیزی (2022) و سلیمی و لطفی (2023) برای ضرورت زنجیرهٔ بلوکی هم‌راستاست. همچنین نتایج نشان می‌دهد برخی از داده‌ها در این شبکه ضرورت بیشتری نسبت به داده‌های دیگر دارند؛ از جمله مشخصات دارو مانند شناسهٔ LOT دارو، شناسهٔ UID و... دارای اهمیت بالایی‌اند. این نتایج نشان می‌دهد فناوری بلاکچین نقش مهمی می‌تواند در زنجیرهٔ تأمین ایفا کند.

به‌اجمال، در این تحقیق با استفاده از سیستم دینامیک زنجیرهٔ تأمین دارو طراحی و با استفاده از نظرات خبرگان و کنشگران آن شناسایی و متغیرهای قابل‌اشتراک بین آن‌ها تعیین و به طراحی بلوک‌ها پرداخته شد.

منابع

Abidi, M., Lattouf, A., and Altarazi, S. (2018, April). "A system dynamics simulation modeling for managing the inventory in multi-echelon multi-product pharmaceutical supply chain". In *Proceedings of the annual simulation symposium*, pp. 1-10.

Azar, A., and Khadivar, A. (2009). "Application of system dynamics approach in higher education road mapping and policy making process". *Journal of Science and Technology Policy*, 3 (1), pp. 1-23. {In Persian}

Bandhu, K. C., Litoriya, R., Lowanshi, P., Jindal, M., Chouhan, L., and Jain, S. (2023). "Making drug supply chain secure traceable and efficient: a Blockchain and smart contract-based implementation". *Multimedia Tools and Applications*, 82 (15), pp. 23541-23568.

Cruz Lopez, D. E. (2022). "Analysis Of Global Supply Chain Management". Available in SSRN 4657857.

Eini, M. (2017). "Criminalization of Counterfeit Medicine Trafficking in the International Instruments and Iran's Law". *Journal of Criminal Law Research*, 6 (22), pp. 171-203. {In Persian}

Favela, L. H. (2020). "Dynamical systems theory in cognitive science and neuroscience". *Philosophy Compass*, 15 (8), e12695.

Fernando, E., Meyliana, M., Warnars, H. L. H. S., Abdurachman, E., and Surjandy, S. (2021). "Blockchain Technology-Based Good Distribution Practice Model of Pharmacy Industry in Indonesia". *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J,* 6, pp. 267-273.

Ghanbari, A., Mahmoudi, A., and Habibi Dargah, B. (2025). "Supervisory Approach in National and International Laws and Regulations Regarding Drug Safety/ Health". *Journal of Legal Research*, 27 (2), pp. 117-134. {In Persian}

Ghasemi, R., Akhavan, P., Fatahi, O., Abbasi, M. (2024). "Improved supplier managed inventory order assignment platform enabled by Blockchain Technology". *Research in Production and Operations Management*, 14 (3), pp. 91-115. {In Persian}

Gomasta, S. S., Dhali, A., Tahlil, T., Anwar, M. M., and Ali, A. M. S. (2023). "PharmaChain: Blockchain-based drug supply chain provenance verification system". *Heliyon*, 9 (7), pp.

Gouthami, H., Venkata, S., Manaswitha, R., Sree, R.K., Alekhya, Y., and Anusha, K. (2024). "Blockchain based Pharmaceutical Supply Chain Management System". *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*. pp. 2456-2165

Hamzehlou, M. (2024). "System dynamics model for an agile pharmaceutical supply chain during COVID 19 pandemic in Iran". *Plos one*, 19 (1), e0290789.

Irwin, M., and Wang, Z. (2017). "Dynamic systems modeling". *The international encyclopedia of communication research methods*, pp. 1-12.

J. F. R. Júnior, M. S. A. Leite, A. C. Bornia, (2023). *Risk management and decision making in supply chains*.

Jadidoleslami, S., and Azizi, M. (2022). "Identify the capacity and contexts of blockchain technology development in project management and construction". *Science and Technology Policy Letters*, 12 (2), pp.107-136. {In Persian}

Kumar, A., and Mukherjee, K. (2020). "Lean manufacturing in pharmaceutical closed-loop supply chain". *International Journal of Environment and Waste Management*, 26 (1), pp. 14-38.

Lasika, Gupta., Abdul. Kalam. (2024). "Enhancing Pharmaceutical Supply Chains Using Blockchain: A Patient- Centric Approach". Conference Paper.

M. Litoussi, E. Makkaoui, A. Ezzati. (2023). "An overview of Blockchain: Definitions, architecture, versions, applications and future directions". *J. Digit. Sci,* 5 (1), pp. 3 – 11.

Mallesham, G. (2022). "Innovative Techniques for Optimizing Supply Chain Operations". *International Journal of Engineering and Computer Science,* 11 (08), 25564–25573.

Massaroli, A., Martini, J. G., Lino, M. M., Spenassato, D., and Massaroli, R. (2018). "THE DELPHI METHOD AS A METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR RESEARCH IN

NURSING1". *Texto and Contexto-Enfermagem*, 26, pp.

Mishra, R., Ramesh, D., Mohammad, N., and Mondal, B. (2024). "Blockchain enabled secure pharmaceutical supply chain framework with traceability: An efficient searchable pharmachain approach". *Cluster Computing*, pp. 1-21.

Mukhamedjanova, K. A. (2020). "Concept of supply chain management". *Journal of critical reviews*, 7 (2), pp. 759-766.

Nawale, S. D., and Konapure, R. R. (2021, June). "Blockchain and IoT based drugs traceability for pharma industry". In *2021 IEEE international conference on engineering, technology and innovation (ICE/ITMC),* pp. 1-4. IEEE.

Netalkar, D., Gowrika G N., Hamsa N., Badarish, I., Dr. Aslam B Nandyal. (2024). "A Review on Supply Chain Management using Blockchain". *International Journal of Networks and Systems*, 13 (1), 2319-5975, pp. 51 – 54.

Ogata, K. (2014). *System Dynamics,* Fourth Edition, Pearson.

Nikzadipanah, A. , Rahdar, M. and Bandani, G. (2024). "Resilience of the Drug Supply Chain Using Blockchain Technology". *Journal of Military Medicine*, 26 (3), 2332-2346. doi: 10.30491/jmm.2024.1006641.1154. {In Persian}

Özkan, B., Kaya, İ., Erdoğan, M., and Karaşan, A. (2019). "Evaluating blockchain risks by using a MCDM methodology based on pythagorean fuzzy sets". In Intelligent and Fuzzy Techniques in Big Data Analytics and Decision Making: Proceedings of the INFUS 2019 Conference, Istanbul, Turkey, July 23-25, 2019, pp. 935-943.

Permatasari, A. A., Carnia, E., and Supriatna, A. K. (2023). "Category of Discrete Dynamical System". *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 8 (2), pp. 98-109.

Radomska-Zalas, A. (2022). "The AHP method in the optimization of the epoxidation of allylic alcohols". *Procedia Computer Science*, 207, pp. 456-464.

Rajput, V., Kumar, D., Sharma, A., and Singh, S. (2018). "A literature review on AHP (analytic hierarchy process)". *Journal for Advance Research in Applied Sciences*, 5 (1). pp.

Revathi, R., Ahammad, S. H., Inthiyaz, S., and Radhi, M. A. (2024, March). "A digital and distributed block chain technology for money dealings in developing nations". In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2919, No. 1). AIP Publishing.

S. Chopra, P. Sunil_Meindl. (2016). *Supply chain management _ strategy, planning, and operation*. Edition 2.

Saaty, T. L. (2008). "Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process". *RACSAM-Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas*, 102, pp. 251-318.

Sablatzky, T. (2022). "The Delphi method". *Hypothesis: Research Journal for Health Information Professionals*, 34 (1), pp.

Salimi, M., and Lotfi Bidhendi, B. (2023). "Investigating the role and effects of the Blockchain for the establishment and development of applications and services in Metaverse". *Science and Technology Policy Letters*, 13 (3), pp. 101-123. {In Persian}

Sankaran, S., Ang, K., and Hase, S. (2023). "Delphi Method: A democratic dialectical, consensus seeking open systems approach". *Journal of Systems Thinking*, pp. 1-15.

Shi, W. (2022). *Data-Driven Methods for Modeling Complex Dynamical System* (Master's thesis, Arizona State University).

Shahbahrami, E., Kalhor, Rohollah., Amerzadeh, M., Hasani, M., Kiani, M. (2024). "A dynamic management model for sustainable drug supply chain in hospital pharmacies in Iran". *BMC Health Services Research*, 24 (1), pp. 10.1186/s12913-024-11692-8.

Somashekar, G., Sirisha, K. L. S., and Kumar, P. (2023, July). "Block Chain Technology: Architecture, Application and Limitations". In 2023 14th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT), pp. 1-9. IEEE.

Stadtler, H. (2005). "Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges". *European journal of operational research,* 163 (3), pp. 575-588.

Tseng, J. H., Liao, Y. C., Chong, B., and Liao, S. W. (2018). "Governance on the drug supply chain via gcoin blockchain". *International journal of environmental research and public health*, 15 (6), pp. 1055.

Uddin, M., Salah, K., Jayaraman, R., Pesic, S., and Ellahham, S. (2021). "Blockchain for drug traceability: Architectures and open challenges". *Health informatics journal*, 27 (2), pp. 14604582211011228.

Xu, Z. (2024, February). *Blockchain-design-for-a-secure-pharmaceuticalsupply-chain.*

Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D., and Govindarajan, U. H. (2020). "Blockchain technology adoption barriers in the Indian agricultural supply chain: an integrated approach". *Resources, conservation and recycling*, 161, 104877.

Yaghoubi, S., Hayati, Z. (2018). "A System Dynamics for Analy zinging bullwhip Effect in Drug Supply Chin Considering Targeted Subsidy Plan". *Applied Economics Studies*, 27 (7), pp. 113-139. {In Persian}

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., and Wang, H. (2018). "Blockchain challenges and opportunities: A survey". *International journal of web and grid services*, 14 (4), pp. 352-375.

Science and Technology Policy Letters
Volume 15, Issue 4, Winter 2026

Supply Block Chain Network Design in the Iranian Pharmaceutical Industry by Using Dynamic Modeling and MCDM Approach

Javad Rezaeian[1]
Parsa Monfared[2]
Babak Shirazi[3]

Abstract

Pharmaceutical counterfeiting is a global issue that poses significant risks to public health. Blockchain technology, as a distributed ledger system, provides an immutable chain of data that facilitates the tracking and verification of pharmaceutical products› authenticity, offering an effective solution to combat counterfeiting in the pharmaceutical industry. The aim of this research is to design a supply blockchain for the pharmaceutical industry to address issues related to counterfeit pharmaceutical products, such as mislabeling, expired products with updated labels, barcodes containing invalid or inconsistent information about the intended medication, and other similar problems within the industry›s supply chain.

In this study, at first by using the agent based dynamic system, key factors, variables and vulnerable points in the drug supply chain that will lead to fraud were determined. Then, using open interviews with experts from medical community, insurance industry, pharmaceutical manufacturing and distribution, and academic researchers, key data at the level of actors to prevent drug fraud were identified and these data were divided into three categories in terms of importance using the Delphi method. Then, using the Analytic Hierarchy Process technique for policy-making in the design of the blockchain, the data were prioritized. Finally, the pharmaceutical industry block supply chain was designed as the main achievement of the research with the type and amount of connections between the blocks of this chain and the data distributed at the block level with their degree of importance. The results show the effective roles of the manufacturer, distributor, pharmacy, doctor, insurer, and patient in the blockchain, and drug-related data, including drug UID, drug GTIN, drug LOT, and drug name, are of the highest importance for distribution in the network.

Keywords: Supply Blockchain, Analytic Hierarchy Process, Pairwise Comparisons, Distributed Ledger

---

1. Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran; j.rezaeian@ustmb.ac.ir

2. Master of Science Student, Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran.

3. Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science and Technology, Babol, Iran.

نقش‌نامه و فرم تعارض منافع

الف) نقش نامه

پدیدآورندگان	جواد رضائیان	پارسا منفرد	بابک شیرازی
نقش	نویسندهٔ مسئول	نویسنده	نویسنده
نگارش متن	نگارش متن اصلی	نگارش متن اصلی	نگارش متن اصلی
ویرایش متن و ...	بازنگری و پاسخ به کامنت‌ها	بازنگری و پاسخ به کامنت‌ها	بازنگری و پاسخ به کامنت‌ها
طراحی / مفهوم‌پردازی	طراحی و مفهوم‌پردازی	طراحی و مفهوم‌پردازی	طراحی و مفهوم‌پردازی
گردآوری داده	گردآوری داده‌ها	—	گردآوری داده‌ها
تحلیل / تفسیر داده	تحلیل داده‌ها	تحلیل داده‌ها	تحلیل داده‌ها
سایر نقش‌ها	—	—	—

ب) اعلام تعارض منافع

در جریان انتشار مقالات علمی تعارض منافع به این معنی است که نویسنده یا نویسندگان، داوران و یا حتی سردبیران مجلات دارای ارتباطات شخصی و یا اقتصادی می‌باشند که ممکن است به طور ناعادلانه‌ای بر تصمیم‌گیری آن‌ها در چاپ یک مقاله تأثیرگذار باشد. تعارض منافع به خودی خود مشکلی ندارد بلکه عدم اظهار آن است که مسئله‌ساز می‌شود.

بدین وسیله نویسندگان اعلام می‌کنند که رابطه مالی یا غیرمالی با سازمان، نهاد یا اشخاصی که موضوع یا مفاد این تحقیق هستند ندارند، اعم از رابطه و انتساب رسمی یا غیررسمی. منظور از رابطه و انتفاع مالی از جمله عبارت است از دریافت پژوهانه، گرنت آموزشی، ایراد سخنرانی، عضویت سازمانی، افتخاری یا غیررسمی، اشتغال، مالکیت سهام، و دریافت حق اختراع، و البته محدود به این موارد نیست. منظور از رابطه و انتفاع غیرمالی عبارت است از روابط شخصی، خانوادگی یا حرفه‌ای، اندیشه‌ای یا باورمندانه، و غیره.

چنانچه هر یک از نویسندگان تعارض منافعی داشته باشد (و یا نداشته باشد) در فرم زیر تصریح و اعلام خواهد کرد:

مثال: نویسندهٔ الف هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد. نویسندهٔ ب از شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است گرنت دریافت کرده است. نویسندگان ج و د در سازمان فلان که موضوع تحقیق بوده است سخنرانی افتخاری داشته‌اند و در شرکت فلان که موضوع تحقیق بوده است سهامدارند.

اظهار (عدم) تعارض منافع: با سلام و احترام؛ به استحضار می‌رساند نویسندگان مقاله هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارد.

نویسندهٔ مسئول: جواد رضائیان

تاریخ: ۱۴۰۴/۱۱/۲۹