پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری
دوره ۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳، صص ۳۴-۷۰
نوع مقاله: پژوهشی

بررسی عملکرد زنجیره تامین و توزیع دارو با بهره‌گیری از فناوری بلاکچین بر اساس رویکرد سیستم داینامیک

فرشته بهرامی [۱]، عظیم زارعی [۲*]، محسن شفیعی نیک آبادی [۳]، فرشید فرخی زاده [۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
۲. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری ، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
۳. استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری ، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران
٤. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵

چکیده

تولید و گردش داروهای تقلبی در زنجیره تأمین دارو، به‌ویژه در حوزه سلامت عمومی، یک چالش جدی و حیاتی به شمار می‌آید. سیستم‌های مدیریت موجود در زنجیره تأمین قادر به تضمین تأمین داروهای اصلی برای بیماران نیستند. به منظور ارتقاء اعتبار داروها و کاهش مشکلات زنجیره تأمین، پیشنهاد می‌شود که از رویکرد مبتنی بر فناوری بلاک چین استفاده شود. لذا این پژوهش به بررسی عملکرد زنجیره تأمین و توزیع دارو با استفاده از فناوری بلاک چین می‌پردازد تا ایمنی و سلامت عمومی را تضمین کند. جهت پیاده‌سازی از روش سیستم داینامیک استفاده می‌شود. پیاده‌سازی موفق فناوری بلاک‌چین نیازمند درک عمیق‌تری از دینامیک‌های پیچیده این سیستم و تعاملات بین اجزا مختلف آن است. رویکرد سیستم داینامیک می‌تواند به تحلیل این پیچیدگی‌ها و شناسایی اثرات بلندمدت تغییرات در زنجیره تأمین کمک کند. بدین منظور ابتدا داده‌های مورد نظر از طریق مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان صنعت دارو جمع‌آوری گردید سپس با تعریف متغیرها، طراحی حلقه‌های بازخوردی و نگارش معادلات ریاضی مرتبط، مدل‌سازی صورت گرفته است. در ادامه، نمودارهای علی و معلولی و همچنین انباشت و جریان ایجاد گردید و شبیه‌سازی برای یک دوره یک ساله انجام گرفت. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که از بین شاخص‌های مورد بررسی شاخص افزایش نرخ ردیابی و جلوگیری از تقلب اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا سلامت عمومی مستقیماً تحت تأثیر آن قرار دارد و دیگر شاخص‌ها به ترتیب اهمیت شامل نرخ متعادل‌سازی فرآیند قیمت‌گذاری، نرخ قراردادهای هوشمند، نرخ هویت دیجیتالی و نرخ هماهنگی نیز به بهبود عملکرد و تقویت اعتماد در این صنعت کمک می‌کنند. به طور کلی این شاخص‌ها به صورت مجموعه‌ای از ابزارهای بلاک چین برای ارتقاء شفافیت، امنیت، کارایی و کاهش تقلب در زنجیره تأمین و توزیع دارو استفاده می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: بلاک چین، زنجیره تامین و توزیع دارو، سیستم داینامیک

---

* نویسنده مسئول مقاله E-mail: a_zarei@semnan.ac.ir

۱- مقدمه و بیان مسئله

زنجیره تأمین و توزیع دارو به عنوان یکی از اجزای حیاتی سیستم بهداشت و درمان در بسیاری از کشورها با چالش‌های اساسی روبرو است که بر کارایی آن تأثیر منفی می‌گذارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تقلب در داروهاست [۱]. در حال حاضر، فرآیند مراجعه به پزشک برای درمان بیماری به این صورت است که بیمار ابتدا به پزشک مراجعه کرده و پس از معاینه، در صورت نیاز دارو تجویز می‌شود. این تجویز معمولاً بر روی یک نسخه کاغذی نوشته می‌شود که پزشک آن را امضا یا مهر می‌کند. سپس کادر پزشکی با نسخه به داروخانه مراجعه می‌کند و داروساز نسخه را بررسی کرده و داروهای لازم را به آن‌ها تحویل می‌دهد. این فرآیند از امنیت کافی برخوردار نیست، زیرا جعل نسخه‌ها به راحتی ممکن است [۲]. از طرفی مجرمان و قاچاقچیان مواد مخدر مقادیر انبوهی از داروهای تقلبی را تولید کرده و از طریق شبکه‌های غیرقانونی و بازاریابی آنلاین توزیع می‌کنند. نرخ تولید این داروها به دلیل کمبود انعطاف‌پذیری در کسب‌وکارها و سواستفاده سریع از فناوری‌ها افزایش یافته است [۳]. بر اساس گزارش سازمان تأمین مالی تحقیقات سلامت، تا ۳۰ درصد از داروهای عرضه شده در کشورهای در حال توسعه تقلبی هستند. همچنین، سازمان بهداشت جهانی[۱] (WHO) داروهای تقلبی را به‌عنوان یکی از عوامل اصلی مرگ‌ومیر در این کشورها معرفی کرده است، به‌ویژه که کودکان بیشتر از دیگر گروه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرند [٤]. داروهای تقلبی نه‌تنها برای سلامتی انسان‌ها خطرناک هستند، بلکه زیان اقتصادی قابل توجهی به صنعت داروسازی نیز وارد می‌کنند و می‌توانند به کاهش اعتماد مصرف‌کنندگان و بخش‌های مختلف صنعت داروسازی منجر شوند. به‌طور تقریبی، زیان سالانه صنعت داروسازی ایالات متحده به دلیل داروهای تقلبی حدود ۲۰۰ میلیارد دلار برآورد شده است [٥]. لذا بر اساس گزارشهای ارائه شده از داروهای تقلبی موجود در بازارهای جهانی نیاز به راهکارهای مؤثر برای شناسایی و جلوگیری از این مشکل را ضروری می‌سازد. دستورالعمل داروهای تقلبی (FMD)[۲] که در اتحادیه اروپا و منطقه اقتصادی اروپا (EEA)[۳] معرفی شده، یکی از ابتکارات قانونی برای مقابله با این

---

[۱] World Health Organization
[۲] forgery manufacturing drug
[۳] European Economic Area

چالش‌هاست. هدف این دستورالعمل کاهش ریسک‌ها در زنجیره تأمین دارو و حذف داروهای تقلبی از بازار به منظور نجات جان انسان‌ها است. طبق این قانون، داروهای تجویزی باید پیش از تجویز به بیمار از نظر اصالت بررسی شوند، اما این سیستم هنوز هم کامل نیست و نیاز به بهبود دارد. همچنین، این دستورالعمل مقرراتی برای بسته‌بندی فیزیکی محصولات و انبارهای داده‌های مرکزی ایجاد می‌کند. هنگامی که تمام مراحل توسعه کامل شد و یک دارو به‌طور استاندارد تولید می‌شود، چالش بعدی این است که تولیدکنندگان اطمینان حاصل کنند که محصول به‌طور صحیح به دست بیمار می‌رسد و بیمار داروی واقعی را دریافت می‌کند. در ایالات متحده مانند سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA)[1] نیز قانونی مشابه به نام قانون امنیت زنجیره تأمین دارو(DSCSA)[2] را معرفی کرده است که هدف آن شناسایی و ردیابی داروهای تجویزی و شناسایی داروهای تقلبی است [٦]. علی‌رغم وجود قوانین جدید برای کاهش تقلب و افزایش شفافیت، این مشکلات همچنان جدی باقی مانده‌اند [٧]. کشف دارو، توسعه آن و تأیید نظارتی فرآیندی طولانی و زمان‌بر است که ممکن است چندین سال به طول بینجامد. دولت‌ها و نهادهای نظارتی اکنون ردیابی دارو را بخشی جدایی‌ناپذیر از زنجیره تأمین می‌دانند تا اصالت داروها را تأیید کرده و خطر محصولات تقلبی را کاهش دهند. طبق اعلام سازمان جهانی بهداشت، داروهای تقلبی به‌طور نادرست تولید یا برچسب‌گذاری می‌شوند تا ظاهری واقعی به خود بگیرند و می‌توانند حاوی مقادیر متغیری از مواد فعال دارویی باشند یا تحت شرایط خطرناک ساخته شوند که برای سلامتی بیماران مضر و گاهی کشنده است [٨]. برای حفاظت از سلامت عمومی، سازمان جهانی بهداشت بر استفاده از فناوری‌های نوین برای ردیابی دارو و مبارزه با جرم و جنایت تأکید دارد [٩]. یکی از فناوری‌هایی که می‌تواند به بهبود این مشکلات کمک کند، فناوری بلاکچین(BCT)[3]، است [٣]. بلاکچین به‌عنوان یک فناوری دفترکل توزیع‌شده، امکان ثبت امن و شفاف اطلاعات را در طول فرایند زنجیره تأمین فراهم می‌آورد. این فناوری با ویژگی‌هایی همچون غیرقابل تغییر بودن، شفافیت در تراکنش‌ها، امکان ردیابی تاریخچه داروها و کاهش نیاز به واسطه‌ها، پتانسیل بالایی برای حل مشکلات موجود در زنجیره تأمین دارو دارد. فناوری بلاکچین می‌تواند به طور مؤثری با ایجاد یک زیرساخت

[1] Food and Drug Administration
[2] Drug Supply Chain Security Act
[3] Blockchain Technology

امن و قابل اعتماد از تقلب در زنجیره تأمین دارو جلوگیری کند، اعتماد عمومی را نیز افزایش می‌دهد و ایمنی بیماران را تضمین می‌نماید [۱۰]. این فناوری با ایجاد یک سیستم غیرمتمرکز و شفاف، امکان ردیابی دقیق داروها از مرحله تولید تا توزیع را فراهم می‌آورد و اطلاعات مربوط به هر دارو اعم از تاریخ تولید، محل تولید و شرایط حمل و نقل را از زمان تولید تا توزیع ثبت می‌کند. این شفافیت به توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان این امکان را می‌دهد که اصالت داروها را تأیید کنند و از ورود داروهای تقلبی جلوگیری کنند، لذا فرایندهای مربوط به ردیابی و تأیید داروها خودکار شده و نیاز به واسطه‌ها کاهش می‌یابد. بدین منظور، هر دارو در زنجیره تأمین دارای یک شناسه منحصر به فرد (هش) است که امکان ردیابی آن را فراهم می‌کند. این شناسه به همراه اطلاعات مربوطه در بلاکچین ذخیره می‌شود و هرگونه تغییر یا تلاش برای جعل اطلاعات قابل شناسایی است. بنابراین، هر توزیع کننده‌ای که سعی کند داروهای تقلبی را وارد بازار کند، با مشکل مواجه خواهد شد و باعث احراز هویت دیجیتال می‌شود. از طرفی بیماران می‌توانند با اسکن کد QR[۱] روی بسته‌بندی دارو، اطلاعات مربوط به منشأ و تاریخچه آن را مشاهده کنند. این ویژگی به آنها کمک می‌کند تا اطمینان حاصل کنند که دارویی که خریداری می‌کنند، معتبر و ایمن است و باعث دسترسی آسان برای مصرف‌کنندگان می‌گردد [۱۱]. در زنجیره تأمین، بلاکچین به‌عنوان یک پایگاه داده برای ردیابی داروها از تولید کننده مواد فعال دارویی (APIs)[۲] تا مصرف کننده نهایی عمل می‌کند. به دلیل رمزگذاری خاص، تغییر داده‌هایی که پس از ثبت در بلاکچین، نظیر تاریخچه سفارش یا وضعیت دارو ثبت شده‌اند، غیرممکن است. این ویژگی‌ها بلاکچین را به ابزاری مؤثر برای افزایش شفافیت در زنجیره تأمین تبدیل می‌کند. بلاکچین این پتانسیل را دارد که به عنوان یک تغییر دهنده بازی عمل کند، به عنوان مثال از طریق راه‌حل ضد تقلبی Blockverify با استفاده از برچسب‌های ساده بر روی محصولات به داروخانه‌ها اجازه می‌دهد تا اعتبار داروها را تأیید کرده وامکان ردیابی امن و مؤثر داروها را فراهم کرده و شناسایی داروهای تقلبی را پیش از رسیدن به دست بیماران ممکن می‌سازد [۱۲]. با این حال، پیاده‌سازی بلاکچین در صنعت داروسازی به دلیل پیچیدگی‌های موجود در این سیستم، نیاز به تحلیل‌های دقیق‌تری دارد. یکی

[۱] Quick Response
[۲] Active Pharmaceutical Ingredient

از رویکردهایی که می‌تواند به تحلیل اثرات این فناوری کمک کند، رویکرد سیستم داینامیک (SD)[1] است. این رویکرد به‌ویژه برای مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده و دینامیک مناسب است و می‌تواند به درک بهتر اثرات بلندمدت پیاده‌سازی بلاکچین در زنجیره تأمین دارو کمک کند. لذا هدف اصلی این پژوهش بررسی و تحلیل نحوه عملکرد زنجیره تأمین و توزیع دارو در بستر فناوری بلاکچین با استفاده از رویکرد سیستم داینامیک می‌باشد. همچنین، پژوهش به مدل‌سازی و شبیه‌سازی اثرات بلندمدت پیاده‌سازی بلاکچین بر کارایی زنجیره تأمین دارو پرداخته و هدف از آن، بررسی چگونگی تأثیر بلاکچین در بهبود شفافیت تراکنش‌ها و کاهش تقلب‌های دارویی است. جهت محقق شدن این هدف از چندین شاخص در شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم در زنجیره تامین و توزیع دارو مبتنی بر فناوری بلاکچین استفاده کرده که به نوعی نوآوری در محتوای پژوهش به شمار می‌آید. نوآوری دیگر این پژوهش، استفاده از بلاکچین برای کاهش ریسک‌های ناشی از ورود داروهای تقلبی و جعل نسخه‌ها در زنجیره تأمین دارو است. همچنین، این تحقیق تأثیرات اعمال سناریوهای مختلف را ارزیابی کرده و با ترکیب چندین سناریو و شاخص به‌طور همزمان، می‌تواند تأثیرات وسیع‌تری بر بهبود عملکرد زنجیره تأمین دارو داشته باشد. این رویکرد یکپارچه به‌عنوان مدل عملیاتی جدیدی می‌تواند برای محققان و متخصصان صنعت داروسازی مفید باشد. بعلاوه ترکیب فناوری بلاکچین و روش‌شناسی سیستم داینامیک به‌عنوان یک رویکرد نوآورانه در صنعت داروسازی مطرح می‌شود که می‌تواند به حل چالش‌های موجود در زنجیره تأمین دارو کمک کند. همچنین این پژوهش به ترکیب دانش از حوزه‌های مختلف شامل فناوری اطلاعات، مدیریت زنجیره تأمین و علوم بهداشتی می‌پردازد و می‌تواند به توسعه رویکردهای نوین و بین‌رشته‌ای در تحقیقات آینده کمک کند.

۲- ادبیات پژوهش

۲-۱- فناوری بلاکچین در زنجیره تامین و توزیع دارو

در تعریف آقای راج بلاکچین یک ساختار از داده‌های تشکیل شده از بلاک‌های رمز شده است که به‌صورت زنجیروار به یکدیگر متصل شده‌اند تا مجموعه‌ای از رکوردهای اطلاعاتی را به

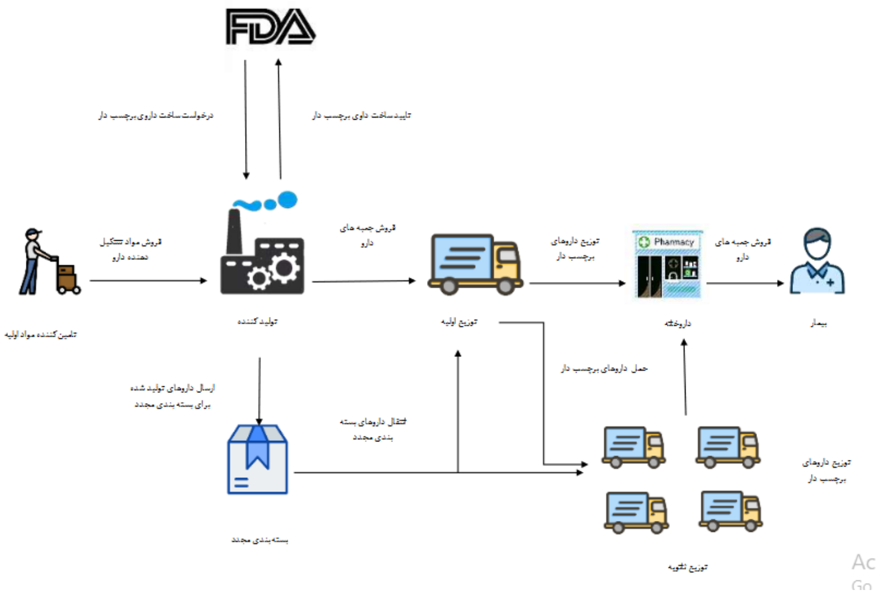
[1] Dynamic system

وجود آورند که به آن اصطلاحا دفتر کل گفته می‌شود. فناوری بلاک‌چین در ابتدا در حوزه زمینه‌های مالی و به ویژه ارزهای دیجیتال و با ارائه ارز بیت کوین در سال ۲۰۰۸ معرفی شد. اما به سرعت جای خود را در سایر حوزه‌های غیرمالی نیز باز کرد که از آن جمله می‌توان به حوزه سلامت، ثبت اسناد و املاک، حوزه الکترونیک و به ویژه اشیا اشاره کرد. یکی از حوزه‌هایی که انتظار می‌رود فناوری بلاک‌چین آن را تغییر دهد زنجیره تأمین و مباحث مربوط به آن می‌باشد [۱۳]. بعبارت دیگر بلاکچین نوعی سیستم اطلاعاتی و گزارش‌دهی است که به‌عنوان یک کتاب الکترونیکی منحصر به فرد عمل می‌کند و فقط اطلاعاتی را ثبت می‌کند که ارزش ثبت شدن دارند. تفاوت این سیستم با سایر سیستم‌ها در این است که اطلاعات ذخیره‌شده در آن بین اعضای شبکه به اشتراک گذاشته می‌شود و به‌واسطه رمزگذاری، حذف یا دستکاری اطلاعات ثبت شده تقریباً غیرممکن است [۱٤]. ویژگی‌های منحصر به فرد یک برنامه بلاکچین شامل تمرکززدایی، استقلال، ارتباط همتا به همتا، سوابق غیرقابل تغییر و مکانیزم تأیید است که منجر به افزایش بهره‌وری، صرفه‌جویی در زمان و هزینه، تضمین امنیت داده‌ها، کاهش خطای انتقال‌دهنده و بهینه‌سازی استفاده از اطلاعات می‌شود. [۱۵]. بلاکچین با رمزگذاری داده‌های اینترنت اشیا، حریم خصوصی داده‌ها را تضمین کرده و به امنیت بیشتر حریم خصوصی کاربران می‌انجامد. در این زنجیره، شرکت‌های تولیدی، فروشندگان، خرده‌فروشان یا نهادهای تنظیم‌کننده نمی‌توانند لینک‌های مربوطه را دستکاری کنند، که این امر صحت داده‌های ردیابی شده و قابلیت اطمینان داده‌های اینترنت اشیا را تضمین می‌کند [۱٦]. از آنجایی که تمام تراکنش‌های بلاکچین دارای مهر زمانی و غیرقابل تغییر هستند، شناسایی قاچاقچیان مواد مخدر تقلبی به‌راحتی امکان‌پذیر است. دو نوع بلاکچین وجود دارد: عمومی و خصوصی. شرکت‌های معتبر در حوزه مراقبت‌های بهداشتی باید محصولات خود را در سیستم‌های بلاکچین خصوصی ثبت کنند تا از کیفیت و قابلیت اطمینان محصولات خود اطمینان حاصل کنند [۱۷]. بلاکچین خصوصی به‌واسطه یک نهاد مرکزی میزبانی می‌شود و فقط سازندگان یا تأمین کنندگان خاص به آن دسترسی دارند که این امر صحت اطلاعات را تضمین می‌کند. شفافیت این بلاکچین بسیار مفید است؛ زیرا وقتی دارو تولید می‌شود و به فروشنده منتقل می‌گردد، داده‌های عملیاتی در زنجیره بلاکچین ثبت می‌شوند و کل فرآیند بررسی دارو به‌راحتی قابل پیگیری است و تمامی حلقه‌های زنجیره در هر زمان قابل تعیین هستند.

۲-۲- زنجیره تامین و توزیع دارو

در سالهای اخیر با توجه به روند رو به کاهش رشد جمعیت و افزایش پیری جمعیت و همچنین شیوع یکباره بیماری‌های مزمن و خطرناک، صنعت داروسازی رشد چشمگیری داشته است. اما از دیگر سو تهدیدات بالقوه زیادی این صنعت را تهدید می‌کند. این صنعت دارای یک زنجیره تأمین بسیار حساس است که اطمینان زیر صد در درصد در مورد هر گونه فعالیتی به طور مستقیم سطح خدمات به مشتریان را از نظر بهداشتی و ایمنی به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۸]. زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی به عنوان یک شبکه پیچیده متشکل از چندین نهاد مستقل عمل می‌کند که شامل تأمین کنندگان مواد اولیه، تولید کنندگان، توزیع کنندگان، داروخانه‌ها، بیمارستان‌ها و بیماران می‌باشد. ردیابی منابع در این شبکه به دلیل عوامل مختلفی نظیر کمبود اطلاعات، کنترل متمرکز و رفتارهای رقابتی میان ذینفعان، به شدت دشوار است. این پیچیدگی منجر به بروز ناکارآمدی‌های قابل توجهی در فرآیندهای تأمین و توزیع خدمات بهداشتی می‌گردد [٤] و این موضوع می‌تواند چالش‌های مربوط به کاهش داروهای تقلبی را تشدید کند، چرا که این داروها به راحتی قادرند در زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی نفوذ کنند. فرآیند توزیع دارو در زنجیره تأمین معمولی در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است. یک تأمین‌کننده ماده اولیه فعال مسئول تأمین مواد خام برای تولید داروهای تأیید شده توسط آژانس‌های نظارتی مانند سازمان غذا و داروی ایالات متحده می‌باشد. تولیدکنندگان داروها را در یک دسته بسته‌بندی می‌کنند یا آن را به واحدهای بسته‌بندی مجدد ارسال می‌نمایند. توزیع‌کننده اولیه چندین دسته از محصول را دریافت کرده و مسئول انتقال آن‌ها به داروخانه‌ها بر اساس تقاضای محصول است. در صورت نیاز به جابجایی تعداد زیادی از دسته‌ها، توزیع‌کنندگان ثانویه نیز می‌توانند این دسته‌ها را به داروخانه‌ها منتقل کنند. در نهایت، یک داروخانه معمولاً دارو را بر اساس تجویز پزشک در اختیار بیماران قرار می‌دهد [٤]. در سراسر زنجیره تأمین، انتقال داروها معمولاً توسط ارائه‌دهندگان خدمات لجستیکی شخص ثالث، نظیر UPS یا FedEx ، تسهیل می‌شود. در برخی موارد، توزیع‌کنندگان نیز از وسایل نقلیه خود برای حمل و نقل محصولات استفاده می‌کنند [۱۹]. در نتیجه، نظارت، کنترل و ردیابی مؤثر محصولات در زنجیره تأمین مراقبت‌های بهداشتی برای مقابله با داروهای تقلبی ضروری است. این اقدامات می‌توانند به افزایش شفافیت و اطمینان در فرآیند توزیع کمک کرده و از ورود

محصولات غیرمجاز به بازار جلوگیری کنند. [۲۰]. بنابراین، قابلیت ردیابی دارو به بخشی جدایی ناپذیر از زنجیره تامین دارویی تبدیل شده است زیرا اصالت را ایجاد می‌کند و هدف آن ردیابی و نظارت زنجیره نگهداری محصول در سراسر زنجیره تامین دارو است [۲۱].



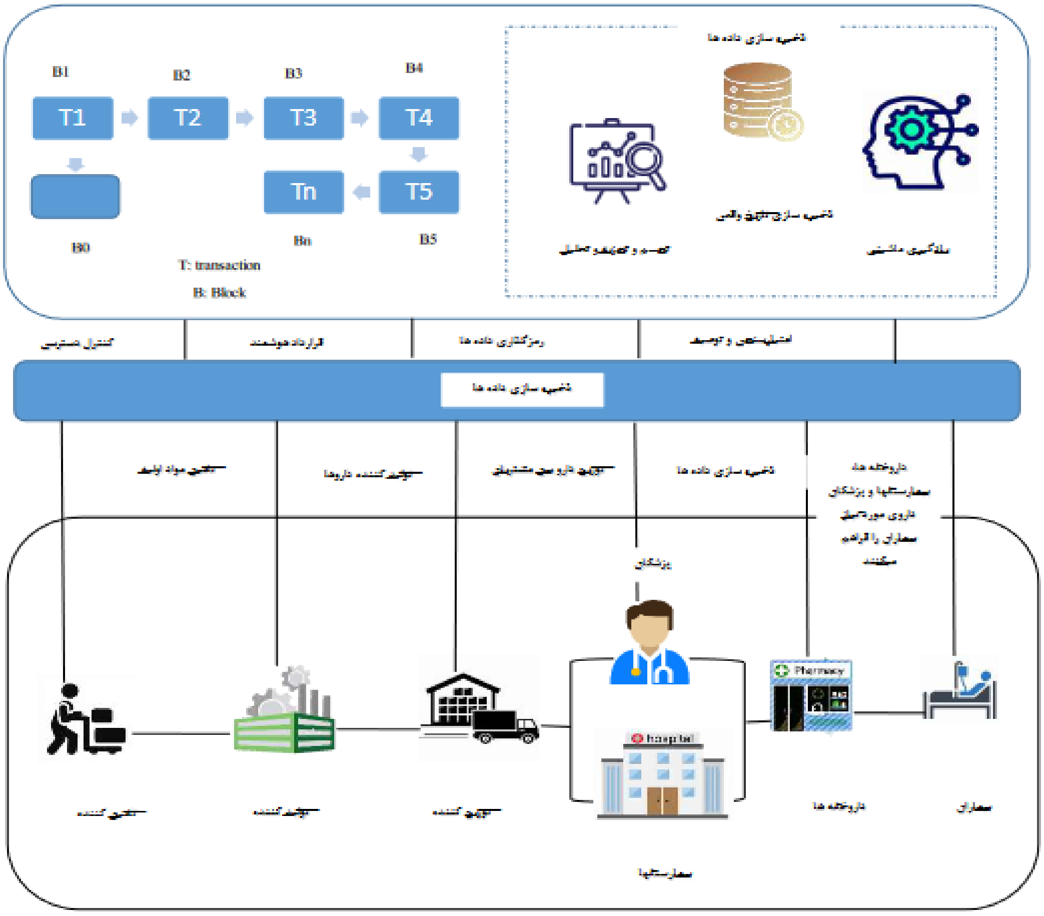
شکل ۱: ذینفعان زنجیره تامین دارو و روابط آنها

۲-۳- طراحی و معماری سیستم مدیریت و توصیه زنجیره تامین دارو مبتنی بر بلاک چین (DSCMR[۱])

ماهیت غیرمتمرکز و توزیع شده فناوری بلاکچین، بهبود امنیت و حفظ حریم خصوصی در زنجیره تأمین دارو در صنعت داروسازی را به همراه داشته است. در این راستا، مکانیزم مدیریت زنجیره تأمین دارو و توصیه‌گر (DSCMR) با مشارکت شرکت‌کنندگان و شبکه بلاکچین، به‌طور جامع در شکل ۲ نمایش داده شده است. این سیستم به کاربران این امکان را می‌دهد که تمامی فعالیت‌های زنجیره تأمین را مدیریت و به‌روز کنند. داده‌های مربوط به کاربران شامل تأمین‌کنندگان، سازندگان، توزیع‌کنندگان، داروخانه‌ها، بیمارستان‌ها، پزشکان و

[۱] Design and architecture of blockchain-based drug supply chain management and recommendation system

بیماران در یک سیستم مبتنی بر بلاکچین ذخیره می‌شود. دارایی‌های سیستم DSCMR شامل دارو، مواد اولیه، سفارشات و رکوردهای ذخیره‌سازی هستند. هر کاربر سیستم یک رابط کاربری مبتنی بر برنامه مشتری دریافت می‌کند که از طریق آن می‌تواند به راحتی تراکنش‌های خود را انجام داده و با شبکه بلاکچین ارتباط برقرار کند. در طول فرآیند DSCMR، کلیه شرکت‌کنندگان مربوطه قادر به پیگیری وضعیت تحویل دارو از طریق برنامه مشتری هستند. همچنین، یک مخزن ذخیره داده وجود دارد که به عنوان یک کتابخانه داده جداگانه عمل می‌کند و می‌توان آن را بلاکچین ذخیره شده نامید. این مخزن ابزار مفیدی برای تجزیه و تحلیل و تجسم داده‌ها به شمار می‌آید، زیرا تجسم داده‌ها می‌تواند علاوه بر نیازهای این سیستم، در پروژه‌های مرتبط با مؤسسات پزشکی نیز کاربرد داشته باشد. ماژول یادگیری ماشین در این سیستم بهترین داروها را به مشتریان توصیه می‌کند. علاوه بر این، کاربران سیستم مجوز بررسی جزئیات کامل داروها، مواد اولیه و اطلاعات مرتبطی نظیر تاریخ انقضا، قیمت و تاریخ تولید را دریافت می‌کنند. مسئولیت‌های مربوط به اجرای الگوریتم اجماع به عهده سیستم است. در این ساختار، تأمین کننده مواد اولیه نخستین، مواد را به شرکت داروسازی ارسال می‌کند. هر یک از شرکت‌کنندگان سیستم دارای یک پورتال وب هستند که از طریق آن می‌توانند وارد شده و تراکنش‌های خود را انجام دهند. برای مثال، اگر یک سازنده بخواهد مواد خامی را سفارش دهد، هر گره همتای شبکه قادر به تأیید تراکنش است و پس از تأیید، تأمین کننده آن سفارش را دریافت می‌کند. سپس، زمانی که مواد اولیه آماده تحویل باشند، تأمین کننده رویداد تأیید سفارش را انجام می‌دهد. از سوی دیگر، اگر مشتری بخواهد اطلاعات دارویی یک شرکت را بررسی کند، تنها او می‌تواند اقداماتی را که به‌عنوان قوانین مجوز در شبکه بلاکچین تعریف شده‌اند، انجام دهد. در مورد دیگری، اگر دکتری بخواهد به یک شرکت دارویی سفارش دهد، می‌تواند از طریق سیستم بلاکچین پیشنهادی، مانند مراحل تعریف شده در سناریوی قبلی، سفارش خود را انجام دهد. در ابتدا، احراز هویت پزشک انجام شده و سپس پیشنهاد معامله ارسال می‌شود. سازندگان تراکنش را تأیید کرده و در نهایت، تأیید نهایی انجام می‌شود [۲۲].



شکل۲: مروری بر سیستم مدیریت زنجیره تامین دارو با بلاک چین

۲-۴- پیشینه پژوهش

شی و همکاران[۱] (۲۰۲۲)، در پژوهش خود اشتراک گذاری ایمن داده‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر بلاکچین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که بلاک چین و قراردادهای هوشمند دارای مزیت طبیعی در زمینه داده‌های پزشکی هستند، زیرا آنها ضد دستکاری و قابل

---

۱ Shi et al

ردیابی هستند [۲۳]. مانی وی و همکاران[۱] (۲۰۲۲)، به بررسی فناوری بلاکچین مبتنی بر ابر برای شناسایی تقلبی‌ها پرداختند. این سیستم به شناسایی محصولات تقلبی و فرامرزی از طریق سازنده و کشور مبدا کمک می‌کند [۲٤]. پیلای و همکاران[۲] (۲۰۲۲)، عوامل موثر بر پذیرش فناوری بلاکچین در زنجیره تامین دارویی برای پیشگیری از داروهای تقلبی را مورد بررسی قرار دادند. دیدگاه زیست محیطی، پژوهش حاضر عوامل فرعی مانند حمایت نظارتی/دولتی، استاندارد صنعت، سیاست‌ها و قانون را از نظر مقررات بین‌المللی، اعتماد متقابل بین ذینفعان در پذیرش فناوری BCT در زنجیره تامین دارویی برای پیشگیری از تقلب ارزیابی می‌کند [۲۵]. اکبر و همکاران (۲۰۲۲)، یک نقشه راه برای توسعه یک مدل بلوغ برای بلاکچین در مراقبت‌های بهداشتی (MMBH) بر اساس موانع حیاتی (CBs)، عوامل موفقیت حیاتی (CSFs)، و بهترین شیوه‌ها برای پیاده‌سازی بلاکچین در سیستم مراقبت‌های بهداشتی ارائه نمودند [۲٦]. اودین[۳] (۲۰۲۱)، به بررسی سیستم ردیابی دارو برای داروهای تقلبی در صنعت داروسازی پرداخت. این تحقیق یک سیستم Medledger با قابلیت ردیابی جدید را پیشنهاد می‌کند که از پلتفرم بلاک چین Hyperledger Fabric با استفاده از کدهای زنجیره‌ای (قراردادهای هوشمند) استفاده می‌کند. سیستم Medledger پیشنهادی به اجرای موثر و ایمن تراکنش‌های زنجیره تامین دارو در یک شبکه توزیع شده با مجوز خصوصی از سهامداران مختلف دارویی کمک می‌کند [۲۷]. مسیمح و همکاران[٤] (۲۰۲۱)، یک رویکرد مبتنی بر بلاکچین برای ردیابی دارو در زنجیره تامین بهداشت و درمان ارائه نمودند. یک رویکرد مبتنی بر بلاک‌چین اتریوم ارائه می‌شود که از قراردادهای هوشمند و ذخیره‌سازی غیرمتمرکز خارج از زنجیره برای ردیابی محصول کارآمد در زنجیره تامین مراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌کند. قرارداد هوشمند منشأ داده‌ها را تضمین می‌کند، نیاز به واسطه‌ها را از بین می‌برد و تاریخچه ای امن و تغییرناپذیر از تراکنش‌ها را برای همه ذینفعان فراهم می‌کند [٤]. فرناندو و همکاران[٥] (۲۰۲۱)، یک الگوی عملی تولید خوب مبتنی بر فناوری بلاکچین در صنعت داروسازی در اندونزی ارائه نمودند. نتایج نشان می‌دهد که مدل تولید نهایی دارو با فناوری بلاکچین مناسب

[۱] Mani V et al
[۲] Pillai et al
[۳] Odin
[٤] Mesimeh et al
[٥] Fernando et al

است و منجر به احساس اطمینان در بخش تولید صنعت داروسازی دارند [۲۸]. راتا و همکاران[۱] (۲۰۲۱)، به ارتقای عملکرد سیستم‌های مراقبت بهداشتی با استفاده از فناوری‌های نوظهور مانند اینترنت اشیا و بلاکچین پرداختند که در سه حوزه اصلی ردیابی دارو، نظارت از راه دور بیمار و مدیریت پرونده پزشکی مورد بررسی قرار گرفت [۲۹]. صباح و همکاران[۲] (۲۰۲۱)، رویکردی مبتنی بر بلاک‌چین برای شناسایی داروهای تقلبی در زنجیره تامین پزشکی مورد بررسی قرار دادند. تجزیه و تحلیل تجربی نشان می‌دهد که سیستم پیشنهادی بر روی پلتفرم Hyperleadger Fabric به خوبی اجرا می‌شود و هر تراکنش می‌تواند به طور موثر با قراردادهای هوشمند توزیع شده انجام شود [۳۰]. مکی و همکاران[۳] (۲۰۲۰)، به بررسی بین رشته‌ای فناوری‌های دیجیتال برای تسهیل مبارزه با فساد، شفافیت و پاسخگویی در تهیه دارو پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که اگرچه نوید قابل توجهی برای فناوری‌های دیجیتال، به‌ویژه تدارکات الکترونیکی وجود دارد، اما پذیرش کلی راه‌حل‌هایی که می‌توانند شفافیت، پاسخگویی و همزمان با فساد مبارزه کنند، هنوز توسعه نیافته است [۳۱]. خزر عباس و همکاران[۴] (۲۰۲۰)، یک سیستم مدیریت زنجیره تامین دارو و توصیه سیستم مبتنی بر یادگیری ماشین (DSCMR) جدید را پیشنهاد و پیاده‌سازی کرده‌اند. سیستم پیشنهادی از دو ماژول اصلی تشکیل شده است: ماژول اول قادر به نظارت و پیگیری مداوم فرآیند تحویل دارو در صنعت داروسازی هوشمند است [۳۲]. جمیل و همکاران[۵] (۲۰۱۹)، یک مدل جدید بلاکچین پزشکی برای مدیریت یکپارچگی زنجیره تامین دارو در یک بیمارستان هوشمند ارائه نمودند. یک قرارداد هوشمند برای دسترسی محدود به پرونده الکترونیکی دارو و همچنین پرونده الکترونیک سلامت بیمار راه‌اندازی شده است [۱۶]. محمداسماعیل و فتاح‌زاده (۱۴۰۱)، به شناسایی شاخص‌های موثر در استفاده از فناوری بلاکچین در زنجیره تامین دارویی (با روش فراترکیب سالهای ۲۰۱۰–۲۰۲۰)، پرداختند. شاخص‌های مؤثر در زنجیره تأمین دارویی شامل: قرارداد هوشمند، ساده‌سازی معاملات بین‌المللی، شناسایی، هماهنگی زنجیره تأمین، ردیابی و جلوگیری از تقلّب در صنایع دارویی، ذخیره دائمی و ایمن اطلاعات و متعادلسازی فرآیند

---

[۱] Rata et al
[۲] Sabah et al
[۳] Mackey et al
[۴] Khazar Abbas et al
[۵] Jameel et al

قیمت‌گذاری و کاهش هزینه‌ها [۳۳]. محمداسماعیل و فتاح‌زاده (۱٤۰۰)، به بررسی مزایای استفاده از فناوری بلاکچین در زنجیره تأمین دارویی و ارائه مدل مفهومی پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که در حال حاضر این فناوری به خاطر مزایای خود بهترین گزینه برای استفاده در زنجیره تأمین دارویی می‌باشد [۳٤]. سپاهی و همکاران (۱۳۹۹)، به مطالعه سیستم توزیع دارو در ایران: یک مطالعه ی چند روشی آسیب‌ها و راهکارها پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری در جهت اندازه‌گیری صحیح نیاز بیماران، حمایت از توسعه برندهای رقابتی خرده‌فروشی دارو، بهبود سامانه جامع اطلاع رسانی سامانه توزیع دارو در سراسر کشور در چارچوب حلقه‌های نیازسنجی، موجودی شبکه، تولید و واردات و... از جمله راهکارهای به دست آمده از این امر است [۳۵]. عطایی و تقی پوریان (۱۳۹۸) به بررسی عوامل تاثیرگذار بر تداوم ارتباط صادراتی شرکت‌های ایرانی صادر کننده دارو پرداختند. این مطالعه نشان می‌دهد در شرکتهای ایرانی صادرکننده دارو، جهت گیری استراتژیک از طریق عملکرد صادراتی (مالی – استراتژیکی) و رضایت از صادرات بر انتظار از تداوم ارتباط تأثیر دارد [۳٦]. حسینی بامکان و نصیری(۱۳۹۸)، کاربرد فناوری بلاکچین در حوزه سلامت و امنیت زنجیره تأمین دارو را مورد بررسی قرار دادند. در این مقاله به بررسی کاربردهای بلاکچین در حوزه زنجیره تأمین دارو پرداخته و پیامدهای آن در مراقبتهای بهداشتی و مانع پیشرو در پذیرش آن را مورد بحث قرار می‌گیرد [۳۷]. همانگونه که مشاهده می‌شود پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه اشتراک‌گذاری ایمن داده‌های مراقبت‌های بهداشتی مبتنی بر بلاکچین، فناوری بلاکچین مبتنی بر ابر برای شناسایی تقلبی‌ها، عوامل موثر بر پذیرش فناوری بلاکچین در زنجیره تامین دارویی، بررسی سیستم ردیابی دارو در زنجیره تامین بهداشت و درمان، ارائه الگوی عملی تولید مبتنی بر فناوری بلاکچین در صنعت داروسازی، ارتقای عملکرد سیستم‌های مراقبت بهداشتی با استفاده از اینترنت اشیا و بلاکچین، بررسی بین رشته‌ای فناوری‌های دیجیتال برای تسهیل مبارزه با فساد، شفافیت و پاسخگویی در تهیه دارو، ارائه یک سیستم مدیریت زنجیره تامین دارو مبتنی بر یادگیری ماشین، ارائه مدل بلاکچین پزشکی برای مدیریت یکپارچگی زنجیره تامین دارو در بیمارستان، شناسایی شاخصهای موثر در استفاده از فناوری بلاکچین در زنجیره تامین دارویی، بررسی مزایا، آسیبها و راهکارها و کاربرد استفاده از فناوری بلاکچین در زنجیره تأمین دارویی، بررسی سیستم توزیع دارو ارائه شده‌اند. علی‌رغم افزایش پژوهش‌ها

در زمینه زنجیره تامین دارو و فناوری بلاکچین با مطالعه ادبیات موضوع در می‌یابیم که تمرکز خاصی بر بررسی عملکرد زنجیره تامین و توزیع دارو از طریق فناوری بلاکچین با رویکرد سیستم داینامیک در ایران صورت نگرفته است. نتایج این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان و سیاست‌گذاران کمک کند تا سیاست‌ها و مقررات بهتری را در زمینه تأمین و توزیع دارو تدوین کنند و زمینه‌ساز پذیرش فناوری بلاکچین در این صنعت شوند.

۳- روش‌شناسی پژوهش

با توجه به اینکه هدف پژوهش حاضر تحلیل روابط علت و معلولی بین متغیرهای تاثیرگذار فناوری بلاکچین بر زنجیره تامین و توزیع دارو است، این پژوهش از نظر هدف، پژوهشی کاربردی و از نظر نوع ماهیت داده‌ها پژوهشی آمیخته می‌باشد. جامعه آماری این پژوهش را صنعت دارو در ایران تشکیل می‌دهد. در فاز کیفی پژوهش ابتدا داده‌های مورد نظر از طریق مرور ادبیات و مصاحبه با خبرگان صنعت دارو جمع‌آوری گردید سپس در فاز کمی با تعریف متغیرها، طراحی حلقه‌های بازخوردی و نگارش معادلات ریاضی مرتبط انجام و سپس مدل‌سازی صورت گرفته است. در ادامه، نمودارهای علی و معلولی و همچنین انباشت و جریان ایجاد گردید و شبیه‌سازی برای یک دوره یک ساله انجام گرفت. در این پژوهش از رویکرد پویایی شناسی سیستم جهت نشان دادن تاثیر متقابل عوامل بر روی یکدیگر در یک مدل پویا نشان داده شده و سیاستهایی برای تعیین مدل پویای مناسب با پیاده‌سازی نقشه استراتژی زنجیره تامین تاب‌آور با استفاده از تکنولوژی بلاکچین ارائه می‌گردد. زنجیره تأمین و توزیع دارو یک سیستم پیچیده و چندوجهی است که شامل اجزا و فرآیندهای متنوعی می‌شود. سیستم دینامیک به ما کمک می‌کند تا این پیچیدگی‌ها را درک کرده و روابط و تعاملات بین اجزا را بهتر شناسایی کنیم. همچنین این رویکرد به ما اجازه می‌دهد تا دینامیک‌های داخلی و خارجی سیستم را بررسی کرده و تأثیرات متقابل و تغییرات زمانی و نوسانات در تقاضا و عرضه را در عملکرد زنجیره تأمین دارو تحلیل کرده و الگوهای رفتاری و واکنش‌های سیستم به تغییرات را شناسایی کنیم. این شناسایی می‌تواند به پیش‌بینی مشکلات و فرصت‌ها در زنجیره تأمین کمک کند. همچنین امکان مدل‌سازی و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف را فراهم کرده و می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان کمک کند تا اثرات بالقوه پیاده‌سازی بلاکچین و سایر فناوری‌ها را در زنجیره تأمین بررسی کنند. از طرفی استفاده از این رویکرد می‌تواند به ایجاد فضایی برای همکاری

بهتر بین ذینفعان مختلف (تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، داروخانه‌ها و مصرف‌کنندگان) کمک کند و موجب اعتماد و شفافیت بیشتر در زنجیره تأمین شود. همچنین امکان شناسایی روابط علت و معلولی در سیستم فراهم شده که با درک بهتر این روابط می‌توان به بهبود عملکرد کلی زنجیره تأمین و افزایش کارایی فرآیندها دست یافت و پیش‌بینی‌های بهتری درباره تأثیرات آینده پیاده‌سازی بلاکچین در زنجیره تأمین دارو انجام داد و برنامه‌ریزی بهتری برای مقابله با چالش‌ها داشت. سیستم داینامیک روشی مبتنی بر تفکر سیستمی[۱] است که در سال ۱۹۶۱ توسط پروفسور جی فارستر[۲] معرفی و ارائه شد [۳۸]. یک متدولوژی برای مطالعه و مدیریت سیستمهای بازخوردی پیچیده می‌باشد و ترکیبی از تئوری، متد و فلسفه است که برای آنالیز رفتار سیستم‌های پیچیده و غیرخطی لازم است [۳۹]. نرم‌افزار مورد استفاده در این پژوهش نیز نرم افزار ونسیم می باشد که یک نرم افزار شبیه‌سازی برای سیستم‌های پویاست. روش سیستم داینامیک در این پژوهش یک رویکرد ترکیبی است که تعدادی از مراحل آن ماهیت کیفی و تعدادی دیگر ماهیت کمی دارند. در فاز کیفی آن با استفاده از روش کتابخانه‌ای و مرور ادبیات در حوزه تامین و توزیع دارو، شاخص‌های مهم و روابط بین آن‌ها شناسایی شد. سپس برای تحلیل روابط و بررسی رفتار دینامیک سیستم از داده‌های کمی و شبیه‌سازی استفاده شده است که در آن رویکرد تحقیق کمی است. به بیان دیگر جهت ترسیم نمودارهای علت و معلولی و حالت و جریان با استفاده از روش سیستم داینامیک از فاز کیفی استفاده شد سپس با وارد کردن فرمول‌های مربوطه به نرم‌افزار ونسیم و شبیه سازی نمودار جریان از پژوهش کمی استفاده شد و خروجی استخراج و در پایان آزمون و تست خروجی‌های استخراج شده با روش‌های مختلف صورت گرفت. فرآیند انجام پژوهش بصورت زیر تعریف می‌شود.

---

[۱] System Thinking
[۲] Jay Forrester

شکل۳: فرآیند انجام پژوهش با رویکرد سیستم د اینامیک

۴- مدل‌سازی با روش سیستم داینامیک

در رابطه با زنجیره تامین دارویی، تخمین داروهای تقلبی ۱۰ تا ۱۵ درصد است. در کشورهای توسعه نیافته، داروهای تقلبی ۳۰ درصد از کل فروش دارو را تشکیل می‌دهند. بر اساس گزارش سازمان جهانی بهداشت (WHO)، جعل به یکی از بزرگ‌ترین و سریع‌ترین کسب‌وکارهای غیرقانونی در جهان تبدیل شده است و به دلیل افزایش تولید و توزیع کالاهای تقلبی و توانایی آن‌ها در تولید مقادیر زیاد در مقدار کم بر اساس ائتلاف بین‌المللی مبارزه با جعل، سالانه ارزش آن حدود ٦۰۰ میلیارد دلار برآورد می‌شود. این مساله علاوه بر اثرات نامطلوب بر جان انسان‌ها، زیان اقتصادی قابل توجهی را نیز به صنعت داروسازی وارد می‌کند. از اینرو این پژوهش بدنبال بررسی عملکرد زنجیره تامین و توزیع دارو از طریق فناوری بلاکچین می‌باشد.

۴-۱- متغیرهای مدل شبیه‌سازی پویایی سیستم

جدول زیر متغیرهای مورد استفاده جهت شبیه‌سازی پویایی‌های سیستم در زنجیره تامین و توزیع دارو مبتنی بر فناوری بلاکچین را نشان می‌دهد و سپس روابط میان متغیرها بیان می‌گردد.

جدول ۱ : تعاریف، اختصارات و متغیرهای شبیه سازی سیستم داینامیک

شرح متغیر	زیر شاخص‌ها	منبع
قرارداد هوشمند (Smart contract)	✓افزایش اعتبار شرکت‌های دارویی ✓عدم نیاز به حضور فیزیکی انسانها در قراردادها ✓مدیریت تعاملات بین تولید کننده و مصرف کننده دارو ✓سهولت تایید سوابق داروها توسط تنظیم کننده‌ها (بخش حقوقی) در هر زمان	(لیو و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (تئودورسکو، کورچاژینا، ۲۰۲۱)؛ (آبیجیث و همکاران،۲۰۲۱)؛ (موسمیح و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (شروین و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (حسینی بامکان و نصیری، ۱۳۹۸)؛ (رضایی و بابازاده، ۱۳۹۹)
ساده سازی معاملات بین‌المللی Simplifying international transactions)	✓امکان ایجاد هویت دیجیتالی ✓پرداخت بدون بانک ✓مانع پیچیدگی در تجارت بین‌المللی ✓افزایش سرعت معاملات و غیرمتمرکز	(رضایی و بابازاده، ۱۳۹۹)؛ (موسمیح و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (اولسون و تورانی، ۲۰۲۱)
هماهنگی زنجیره تامین (Supply chain coordination)	✓حفظ مالکیت فردی کشف و ثبت برند دارو ✓مانع ضرر تجاری تولید کننده دارو ✓تضمین صحت دارو	(سینگ و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (فرناندو و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (حسینی بامکان و همکاران، ۱۳۹٦)؛ (اگراوال و همکاران، ۲۰۲۲)؛ (واسانا، راجاپاکسه، ۲۰۲۱)؛ (رضایی و بابازاده، ۱۳۹۹)
ردیابی و جلوگیری از تقلب در صنایع دارویی Tracking and preventing) fraud in the (pharmaceutical industry	✓ردیابی دارو ✓شناسایی سریع محصولات ✓وجود شفافیت ✓غیرقابل دستکاری بودن داده‌ها ✓اثبات اصالت داروها ✓ایجاد اعتماد بین همه ذینفعان	(رضایی و بابازاده، ۱۳۹۹)؛ (حسینی بامکان و نصیری، ۱۳۹۸)؛ (اسماعیلی و رجب زاده، ۱۳۹۸)؛ (رضایی و طاعی‌زاده، ۱۳۹۸)؛ (سینگ و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (ادین، ۲۰۲۱)؛ (سورجاندی و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (موسمیح و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (دسوزا و همکاران، ۲۰۲۱)
ذخیره دائمی و ایمن اطلاعات Permanent and safe) (storage of information	✓ذخیره دایمی اطلاعات ✓ذخیره ایمن اطلاعات ✓سرعت بخشیدن به انتقال داده‌ها	(رضایی و بابازاده، ۱۳۹۹)؛ (حسینی بامکان و نصیری، ۱۳۹۸)؛ (فرناندو و همکاران، ۲۰۱۹)؛(بینگ و همکاران، ۲۰۱۹)؛ (پرمکومار و سریماتی، ۲۰۲۰)

شرح متغیر	زیر شاخص‌ها	منبع
متعادل سازی فرآیند قیمت-گذاری و کاهش هزینه‌ها (Balancing the pricing process and reducing costs)	✓مانع ویرایش داده‌های تراکنش‌ها ✓شفافیت بخاطر برخط بودن ✓حذف واسطه‌های دارویی از زنجیره تامین ✓کاهش هزینه‌های پرداخت مرزی ✓حذف کاغذبازی	(رزاقی و رزاقی، ۱۳۹۹)؛ (آبیجیث و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (ژانگ و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (لینگاات و همکاران، ۲۰۲۱)؛ (مونیاندی و همکاران، ۲۰۱۹)؛ (اشمیت و واگنر، ۲۰۱۹)؛ (ساهو و همکاران، ۲۰۱۹)؛ (یینگ و همکاران، ۲۰۱۹)

۴-۲- تعریف فرضیه‌های پویای مدل

در این بخش ابتدا به تعریف فرضیه‌های پویا پرداخته و در ادامه نمودارهای علت و معلولی که بر مبنای فرضیه‌های پویا ترسیم شده‌اند توضیح داده می‌شود.

زیرسیستم قرارداد هوشمند

فرضیه پویای ۱: با استفاده از پلتفرم‌های بلاک‌چین مثل معماری اتریوم، از ویژگی‌های قراردادهای هوشمند برای مدیریت تعاملات بین فرستنده و گیرنده استفاده می‌شود [۴۰]. ویژگی‌های ذاتی بلاکچین با قراردادهای هوشمند که رایانه‌ای هستند، بیشتر می‌شوند برنامه-هایی که بطور خودکار رویدادها را مطابق با اصطلاحات نوشته شده در آنها اجرا، کنترل و ضبط می‌کنند [۴۱]. قررداد هوشمند منجر به افزایش اعتبار شرکت‌های دارویی، عدم نیاز به حضور فیزیکی انسانها در قراردادها، مدیریت تعاملات بین تولید کننده و مصرف کننده دارو و سهولت تایید سوابق داروها توسط تنظیم کننده‌ها (بخش حقوقی) در هر زمان می‌شود.

زیرسیستم ساده‌سازی معاملات بین‌المللی

فرضیه پویای ۲: قرارداد هوشمند در زنجیره تامین دارویی، منشا داده‌ها را تضمین می‌کند، نیاز به واسطه‌ها را از بین می‌برد و تاریخچه‌ای امن و تغییرناپذیر از تراکنش‌ها را برای همه سهامداران فراهم می‌کند [۴]. با حذف واسطه‌ها خریدار و فروشندگان در زنجیره تامین دارویی می‌توانند به راحتی حتی از کشورهای دیگر نیز اقدام به خرید یا فروش کنند. ساده شدن معاملات امکان ایجاد هویت دیجیتالی، پرداخت بدون بانک، مانع پیچیدگی در تجارت بین‌المللی و افزایش سرعت معاملات و غیرمتمرکز را سبب می‌شود.

زیرسیستم هماهنگی زنجیره تامین

فرضیه پویای ۳: استفاده از فناوری بلاکچین، از اصول رمزنگاری برای دستیابی به گزارشهای ضد دستکاری رویدادها در زنجیره تامین استفاده می‌کند که برای همه سهامداران

شرکت کننده قابل دسترسی است [٤٢]. هماهنگی زنجیره تامین منجر به حفظ مالکیت فردی کشف و ثبت برند دارو، مانع ضرر تجاری تولید کننده دارو و تضمین صحت دارو می‌شود.

زیرسیستم ردیابی و جلوگیری از تقلب در صنایع دارویی

فرضیه پویای ۴: یکی از دلایل اصلی وجود داروهای تقلبی، زنجیره تامین ناقص است. در روش کنونی حفره‌های زیادی وجود دارد که اجازه می‌دهد این داروهای تقلبی آشکار شوند. احتمالا داده‌های کافی بین طرف‌های زنجیره تامین به اشتراک گذاشته نمی‌شوند، بنابراین فرصتی برای این جعل‌ها ایجاد می‌شود. این نه تنها منجر به از دست رفتن جان افراد می‌شود، بلکه میلیاردها دلار نیز در این فرآیند از بین می‌رود [٤٣]. معماری بلاکچین، امکان فراهم کردن فضای ذخیره‌سازی توزیع شده غیرقابل تغییر برای ردیابی و شناسایی سریع داروها را فراهم کرده است [٤٤]. ردیابی دارو و جلوگیری از تقلب آن منجر به ردیابی دارو شناسایی سریع محصولات، وجود شفافیت، غیرقابل دستکاری بودن داده‌ها، اثبات اصالت داروها و ایجاد اعتماد بین همه ذینفعان می‌شود.

زیرسیستم ذخیره دائمی و ایمن اطلاعات

فرضیه پویای ۵: در حال حاضر امنیت زنجیره تامین دارو به بزرگترین دغدغه بخش بهداشت عمومی تبدیل شده است. یک سیستم مدیریت دارو با استفاده از پلتفرم Hyperledger Fabric برای بدست آوردن سوابق زنجیره تامین دارو معرفی می‌شود. این سیستم توسعه یافته مشکل را با انجام تراکنش‌های سوابق دارو بر روی یک پلتفرم بلاکچین برای ایجاد یک زنجیره تامین داروی دیجیتال و هوشمند حل می‌کند [٤٥]. ذخیره دائمی اطلاعات منجر به ذخیره دائمی و ایمن اطلاعات و سرعت بخشیدن به انتقال داده‌ها می‌شود.

زیرسیستم متعادل‌سازی فرآیند قیمت‌گذاری و کاهش هزینه‌ها

فرضیه پویای ۶: ظهور فناوری بلاکچین، فرآیندهای تجاری سنتی را از متمرکز به غیرمتمرکز تبدیل کرده است. با حذف مداخلات غیرضروری واسطه‌ها، می‌توان با تبدیل زنجیره تامین دارو به طور کامل به یک تجارت غیرمتمرکز نقطه به نقطه، هزینه کلی داروی بیمار را کاهش داد [٤٦]. چون کاربران نهایی می‌تواند با احراز هویت به اثبات تقلبی بودن یا نبودن محصول پی ببرند، می‌تواند به طور قابل توجهی در کاهش هزینه‌ها موثر باشد [٤٧]. متعادل سازی فرآیند قیمت‌گذاری مانع ویرایش داده‌های تراکنش‌ها، شفافیت بخاطر برخط بودن، حذف

واسطه‌های دارویی از زنجیره تامین و کاهش هزینه‌های پرداخت مرزی و حذف کاغذبازی می‌شود.

۴-۳- فرموله کردن

فرآیند مدل‌سازی فرآیندی چرخشی و بازگشتی است چرا که این فرآیند بر عمل افراد در دنیای بیرونی تاثیرگذار است و عمل بیرونی متقابلا بر مدل و اصلاح آن تاثیر مستقیم دارد. لذا هر چند وقت باید مدل مجدد مورد بازبینی قرار گیرد. متناسب با ارتقاء مدل و تطبیق بیشتر آن با واقعیت، فهم ما از جهان پیچیده اطراف خود دقیق‌تر می‌گردد. گاهی اوقات ساخت مدل به ما نشان می‌دهد که تصور ما از واقعیت مخدوش بوده است. هدف اصلی مدلسازی در تکنیک سیستم داینامیک برون‌فکنی مفروضات ذهنی و آشکار سازی مدل‌های ذهنی است [۴۸]. ابتدا فرضیه پویا، مرز مدل و مدل مفهومی ارائه، سپس فرمولها و معادلات مربوط به متغیرهای انباشت و جریان و سایر متغیرهای مربوطه تعیین می‌گردد تا بر اساس معادلات تعریف شده شبیه‌سازی در جهت آزمون مدل صورت گیرد.

۴-۴- شبیه‌سازی مدل

ابتدا مدل ذهنی به نمودار علی معلولی و سپس به نمودار انباشت و جریان تبدیل سپس فرموله-سازی انجام و در ادامه جهت شبیه‌سازی مدل و اجرا از نرم افزار ونسیم استفاده می‌شود. در نرم‌افزار ونسیم معادلات ریاضی و اعداد مربوط به هریک از پارامترها وارد شده و سپس تجزیه و تحلیل‌های مورد نظر روی مدل انجام و نتایج حاصل بدست می‌آید. در این نرم‌افزار نحوه تعامل بین متغیرها از طریق داده‌های موجود به همراه فرمول‌های متعارف تعیین می‌شود با نوشتن اولین معادله، آزمون شروع می‌شود. البته بخشی از آزمون، مقایسه رفتار شبیه‌سازی شده با رفتار واقعی سیستم می‌باشد. اما آزمون بیشتر در برگیرنده تکرار و انعکاس رفتار گذشته است. هر متغیری باید با یک مفهوم معنی‌دار در دنیای واقعی مطابقت داشته باشد، همچنین هر معادله به منظور سازگاری ابعادی بایستی بررسی گردد. حساسیت رفتار مدل و سیاستهای توصیه شده باید از لحاظ عدم قطعیت در فرضیه‌ها هم پارامتری و هم ساختاری ارزیابی شود. تست مدل و اعتبار آن قابلیت اعتماد به مدل را افزایش می‌دهد و اعتماد به کاربردی بودن آن را بالا می‌برد. اعتبار ساختاری مدل بر اعتماد رفتاری آن اولویت دارد و

تنها زمانی که ساختار مدل دارای اعتبار است می‌توان اعتبار رفتار مدل را مورد بررسی قرار داد [٤٨]. آزمون‌های مورد استفاده جهت اطمینان از مدل:

الف) آزمون حد نهایی: در این آزمون مقدار چند متغیر اصلی مدل در حالتهای حدی مختلف (بسیار زیاد و بسیار کم) تغییر داده شده و میزان تغییرات مدل در برابر این تغییرات بررسی شده است. نتایج نشان دهنده رفتار منطقی مدل در حالات حدی است.

ب) آزمون بخشی اجزای مدل: در این آزمون مدل به زیرسیستم‌های ساده‌تر تقسیم شده سپس تستهای مختلفی روی هر یک از زیر سیستم‌ها انجام گرفته و در نهایت زیرسیستم‌ها در مدل نهایی قرار داده شده است.

ج) تست حالت تعادل: برای بررسی منطقی بودن تعریف متغیرها و ساختارها، بصورت دستی مقدار تمام متغیرها در حالت تعادل مدل محاسبه شده سپس با مشخص کردن مقادیر تعادلی تمام متغیرها و وارد کردن آن‌ها در مدل، رفتار مدل شبیه‌سازی شده و رفتار منطقی از آن مشاهده گردید.

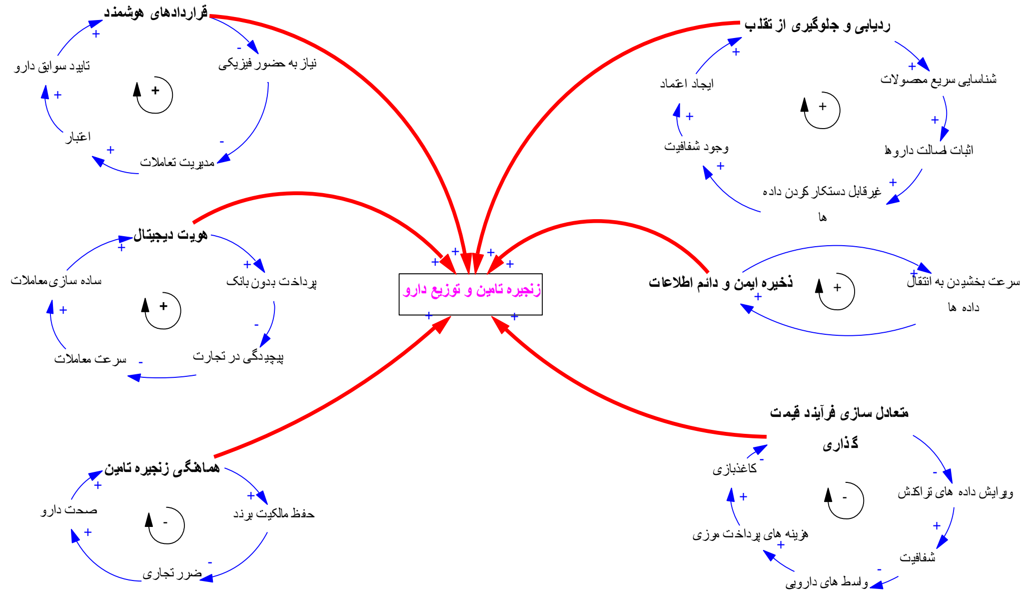
د) تست نرم‌افزار: قابلیت چک نهایی مدل در نرم‌افزار ونسیم وجود دارد و مدل پویایی قابلیت اعتماد دارد که توسط نرم‌افزار ونسیم نیز تست شده باشد. تست نهایی در شکل ٦ آورده شده است.

۴-۵- طراحی و ارزیابی سیاست

وقتی اعتماد مدل‌ساز و کارفرما به مدل جلب شد، می‌توان از آن برای طراحی و ارزیابی سیاست‌های ملی و محلی در جهت بهبود سیستم استفاده نمود. طراحی سیاست شامل ساختارها، قوانین و استراتژهای کاملا جدید در تصمیم‌گیری می‌باشد. از آنجایی که ساختار بازخورد یک سیستم، پویایی آن را تعیین می‌کند، بیشتر اوقات، سیاست‌های کلیدی با تاثیر زیاد، متضمن تغییر در حلقه‌های بازخوردی خواهند بود. طراحی دوباره ساختارهای انباشت و جریان، حذف تاخیرهای زمانی، تغییر جریان، کیفیت و اطلاعات در دسترس در نقاط کلیدی بازیگران اصلی در سیستم می‌باشند قدرت سیاستها و حساسیت آنها باید با عدم قطعیت پارامترها و ساختار مدل ارزیابی شوند. در مدل پویا تعامل سیاستهای مختلف نیز باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا سیستم‌های واقعی اغلب غیرخطی هستند و معمولا تاثیر سیاستهای

ترکیبی برابر مجموع تاثیر آنها به تنهایی نمی‌باشد. اغلب سیاستها مانع و مزاحم یکدیگر هستند و گاهی اوقات هم آنها یکدیگر را تقویت کرده و موجب هم‌افزایی می‌شوند [٤٩].

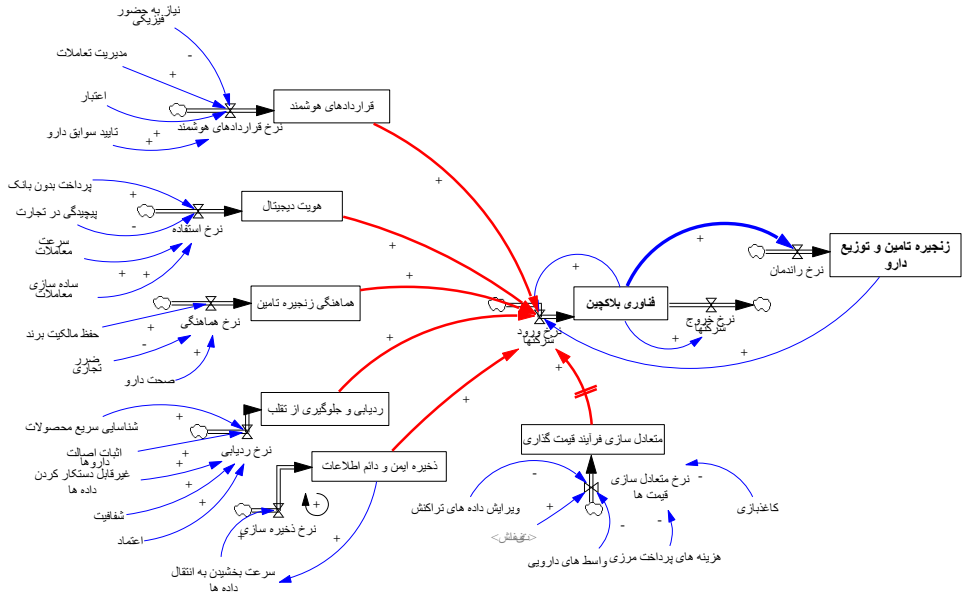
در پژوهش حاضر جهت بررسی عملکرد زنجیره تامین و توزیع دارو بر اساس فناوری بلاک-چین پنج سناریو در قالب مبانی نظری و پاسخ به سوالات پژوهش طراحی شده است که در ادامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.



شکل ۴: نمودار علت- معلولی متغیرهای تحقیق

۴-۶- مدل انباشت جریان

نمودارهای انباشت جریان ساختار مدل را به نحو دقیق‌تری از روابط علت و معلولی نمایش می‌دهند. در این نمودارها روابط علت و معلولی متغیرهای انباشت، جریان، کمکی و پارامترهای ثابت مدل نیز نمایش داده می‌شوند. مدل انباشت جریان زمینه را برای نوشتن معادلات ریاضی آماده می‌کند [٥٠].



شکل ۵: نمودار نرخ- جریان متغیرهای تحقیق

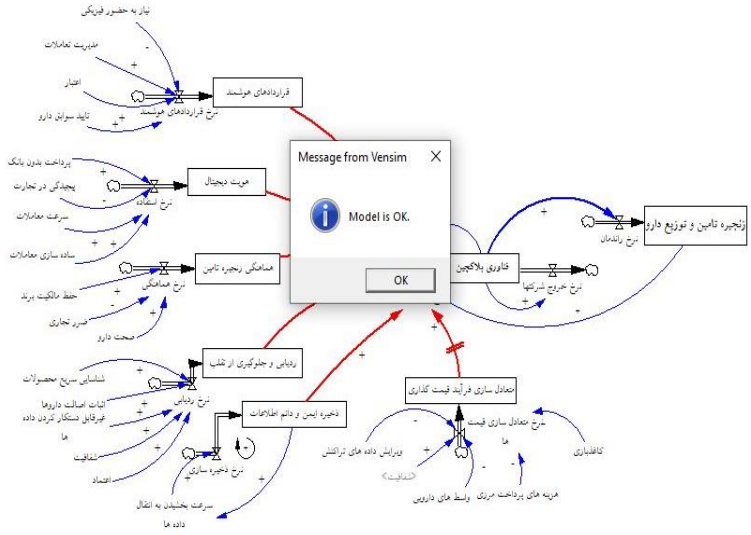
جدول۲: معادلات اصلی مدل

ردیف	متغیر	معادله متغیر	توضیحات
۱	قراردادهای هوشمند	INTEG (نرخ قراردادهای هوشمند, ۰.۲۵)	انباشت
۲	نرخ قراردادهای هوشمند	تایید سوابق دارو+مدیریت تعاملات+۰.٤*اعتبار-نیاز به حضور فیزیکی	نرخ
۳	هویت دیجیتال	INTEG (هویت دیجیتال, ۰.۲۵)	انباشت
٤	نرخ استفاده	ساده سازی معاملات+۰.۲۵*سرعت معاملات+پرداخت بدون بانک-پیچیدگی در تجارت	نرخ
٥	هماهنگی زنجیره تأمین	INTEG (نرخ هماهنگی, ۰.۱۵)	انباشت
٦	نرخ هماهنگی	حفظ مالکیت برند+۰.۳*صحت دارو-ضرر تجاری	نرخ
۷	ردیابی و جلوگیری از تخلف	INTEG (نرخ ردیابی, ۰.۵۵)	انباشت
۸	نرخ ردیابی	اثبات اصالت داروها+۰.۲*اعتماد+۰.۳*شفافیت+شناسایی سریع محصولات+غیرقابل دستکار کردن داده ها	جریان
۹	ذخیره ایمن و دائم اطلاعات	INTEG (نرخ ذخیره‌سازی, ۰.٦۲٥)	انباشت
۱۰	نرخ ذخیره‌سازی	سرعت بخشیدن به انتقال داده ها*۰.٤٥	نرخ
۱۱	متعادل سازی فرآیند قیمت گذاری	INTEG (نرخ متعادل‌سازی, ۰.۲٦۸)	انباشت

ردیف	متغیر	معادله متغیر	توضیحات
۱۲	نرخ متعادل‌سازی قیمت‌ها	شفافیت-هزینه های پرداخت مرزی-واسط های دارویی-ویرایش داده های تراکنش-کاغذبازی	نرخ
۱۳	فناوری بلاک‌چین	INTEG (۲.۲۵ ,نرخ ورود شرکتها-نرخ خروج شرکتها)	انباشت
۱۴	زنجیره تأمین و توزیع دارو	INTEG (۴.۲۳۵ ,نرخ راندمان)	انباشت
۱۵	نرخ راندمان	فناوری بلاکچین*۰.۸۸۵	نرخ

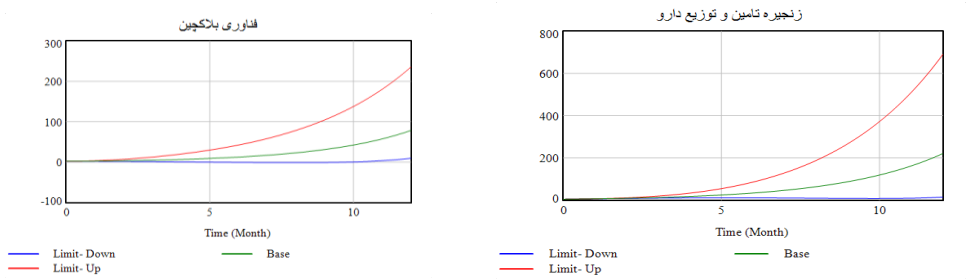
۴-۷- آزمون مدل

۴-۷-۱- تست ساختاری مدل



شکل ۶: تست نهایی مدل توسط نرم‌افزار ونسیم

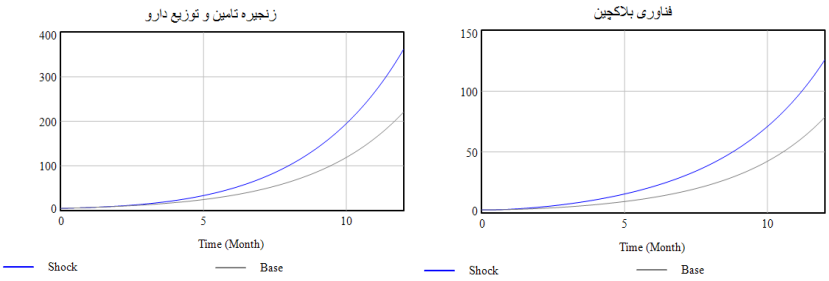
۴-۷-۲- تست حالت حدی مدل



شکل ۷: آزمون متغیرهای اساسی مدل در شرایط ورودی‌های کمینه (خط آبی) و ورودی‌های بیشینه (خط سبز)

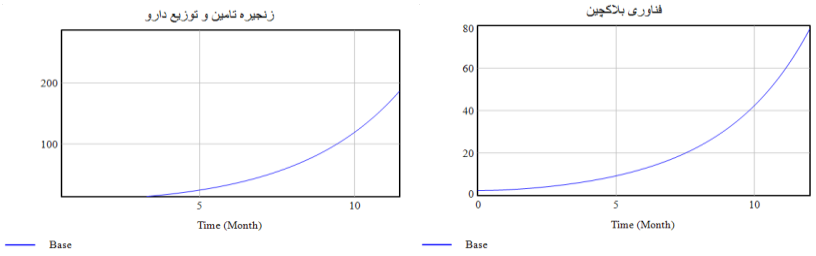
۴-۷-۳- تست شگفتی رفتار

برای انجام این آزمون فرش می‌کنیم به‌دلیل بالا رفتن میزان شفافیت و اعتماد به زیرمجموعه نرخ ردیابی و جلوگیری از تقلب به حداقل ممکن برسد آنگاه طبق نمودارهای شکل زیر ملاحظه می‌گردد که فناوری بلاک‌چین و زنجیره تآمین و توزیع دارو به چه شکلی تغییر می‌کنند و این خود اثبات رفتار مناسب مدل با واقعیت می‌باشد.



شکل ۸: آزمون شگفتی رفتار

۴-۸- اجرای مدل: حالت پایه



شکل ۹: نمودار اجرای مدل در حالت پایه

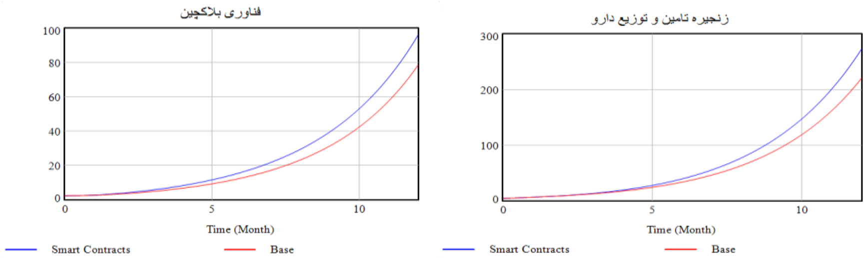
۵- بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعات پیشین از جمله مطالعه حسینی بامکان و نصیری (۱۳۹۸)، به بررسی کاربردهای مختلف فناوری بلاکچین از جمله شفافیت، شناسایی تقلب، بهبود قابلیت پیگیری و استفاده از قراردادهای هوشمند برای اتوماسیون فرآیندها در زنجیره تأمین دارو پرداخته شده است. برخی مطالعات همچون مطالعه خزر عباس و همکاران (۲۰۲۰)، نیز به مدل‌های مبتنی بر بلاکچین و یادگیری ماشین برای پیش‌بینی تقاضا و مدیریت موجودی دارو اشاره کرده‌اند. همچنین، استفاده از بلاکچین برای کاهش فساد و ارتقاء شفافی ت در تأمین دارو در مطالعه

مکی و همکاران (۲۰۲۰)، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین محمداسماعیل و فتاح‌زاده (۱٤۰۱)، عوامل مؤثر بر پذیرش این فناوری، نظیر ویژگی‌های امنیتی، سرعت پردازش و هزینه‌ها را بررسی کرده‌اند. بنابراین بیشتر این مطالعات به‌صورت نظری و از طریق مدل‌سازی مفهومی و تحلیل‌های کیفی به تحلیل اثرات بلاکچین پرداخته‌اند، و تحقیقات تجربی و شبیه‌سازی محدود بوده است. علاوه بر این، اکثر پژوهش‌ها تنها به جنبه‌های خاصی (مانند پیگیری داروها یا قراردادهای هوشمند) پرداخته‌اند و پژوهش‌های جامع‌تری که تمامی ابعاد این فناوری را پوشش دهد، کمتر صورت گرفته است. در این بخش ابتدا به بررسی تغییرات در نتایج الگو، با توجه به تغییر در مقادیر متغیرهای تحت کنترل می‌پردازیم تا سرانجام مشخص شود که تحت چه شرایطی می‌توان به اهداف موردنظر رسید. تلاش شده است بر اساس اطلاعات موجود، حداکثر مقادیر قابل دسترسی و یا حداکثر میزان تغییر متغیرها، به شکل سناریو طراحی شود.

سناریوی اول: افزایش نرخ قراردادهای هوشمند

قرارداد هوشمند منجر به افزایش اعتبار شرکتهای دارویی، عدم نیاز به حضور فیزیکی انسانها در قراردادها، مدیریت تعاملات بین تولید کننده و مصرف کننده دارو و سهولت تایید سوابق داروها توسط تنظیم کننده‌ها (بخش حقوقی) در هر زمان می‌شود.



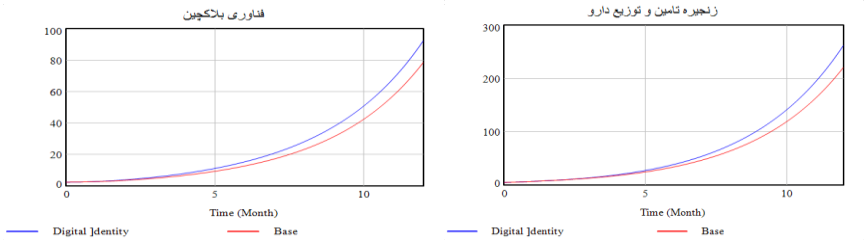
شکل ۱۰: نمودار افزایش نرخ قراردادهای هوشمند

این افزایش نرخ باعث می شود که در پایان سال (ماه دوازدهم) میزان رشد/افزایش فناوری بلاکچین از ۷۸.۵۳۹۱ به میزان ۹٦.۰۷۹٤ و همچنین زنجیره تأمین و توزیع دارو از میزان ۲۲۰.۵۸۲ به میزان ۲۷۳.۰۰۹ افزایش یابد.

سناریوی دوم: افزایش نرخ هویت دیجیتال

با حذف واسطه‌ها خریدار و فروشندگان در زنجیره تامین دارویی می‌توانند به راحتی حتی از کشورهای دیگر نیز اقدام به خرید یا فروش کنند. ساده شدن معاملات امکان ایجاد

هویت دیجیتالی، پرداخت بدون بانک، مانع پیچیدگی در تجارت بین‌المللی و افزایش سرعت معاملات و غیرمتمرکز را سبب می‌شود.

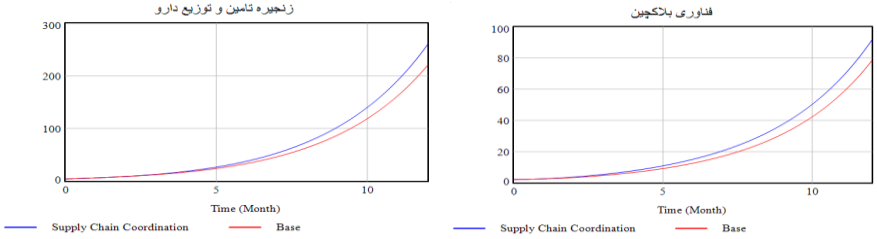


شکل ۱۱: افزایش نرخ هویت دیجیتال

این افزایش نرخ باعث می شود که در پایان سال (ماه دوازدهم) میزان رشد/ افزایش فناوری بلاکچین از ۷۸.۵۳۹۱ به میزان ۹۲.۳۸۵٤ و همچنین زنجیره تأمین و توزیع دارو از میزان ۲۲۰.۵۸۲ به میزان ۲٦۱.۹٦۸ افزایش یابد.

سناریوی سوم: افزایش نرخ هماهنگی زنجیره تأمین

هماهنگی زنجیره تامین منجر به حفظ مالکیت فردی کشف و ثبت برند دارو، مانع ضرر تجاری تولید کننده دارو و تضمین صحت دارو می‌شود.



شکل ۱۲: افزایش نرخ هماهنگی زنجیره تأمین

این افزایش نرخ باعث می شود که در پایان سال (ماه دوازدهم) میزان رشد/ افزایش فناوری بلاکچین از ۷۸.۵۳۹۱ به میزان ۹۱.۷۵۳۷ و همچنین زنجیره تأمین و توزیع دارو از میزان ۲۲۰.۵۸۲ به میزان ۲٦۰.۰۸ افزایش یابد.

سناریوی چهارم: افزایش نرخ ردیابی و جلوگیری از تقلب

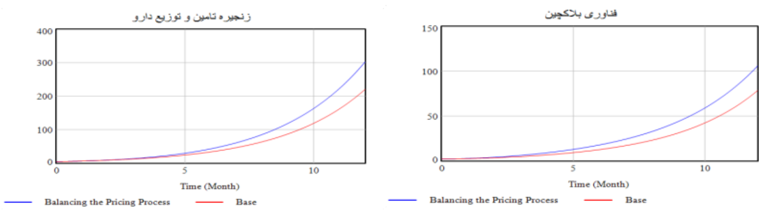
ردیابی دارو و جلوگیری از تقلب آن منجر به ردیابی دارو شناسایی سریع محصولات، وجود شفافیت، غیرقابل دستکاری بودن داده‌ها، اثبات اصالت داروها و ایجاد اعتماد بین همه ذینفعان می‌شود.

شکل ۱۳: افزایش نرخ ردیابی و جلوگیری از تقلب

این افزایش نرخ باعث می‌شود که در پایان سال (ماه دوازدهم) میزان رشد/ افزایش فناوری بلاکچین از ۷۸.۵۳۹۱ به میزان ۱۷۶.۲۱ و همچنین زنجیره تأمین و توزیع دارو از میزان ۲۲۰.۵۸۲ به میزان ۵۱۲.۵۱۳ افزایش یابد.

سناریوی پنجم: افزایش نرخ متعادل‌سازی فرآیند قیمت‌گذاری

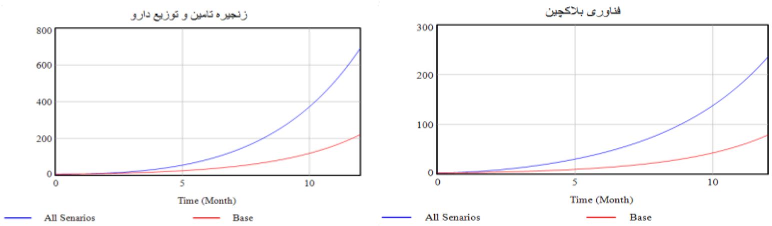
متعادل سازی فرآیند قیمت‌گذاری مانع ویرایش داده‌های تراکنش‌ها، شفافیت بخاطر برخط بودن، حذف واسطه‌های دارویی از زنجیره تامین و کاهش هزینه‌های پرداخت مرزی و حذف کاغذبازی می‌شود.



شکل ۱۴: افزایش نرخ متعادل‌سازی فرآیند قیمت‌گذاری

این افزایش نرخ باعث می شود که در پایان سال (ماه دوازدهم) میزان رشد/ افزایش فناوری بلاکچین از ۷۸.۵۳۹۱ به میزان ۱۰۶.۰۲۲ و همچنین زنجیره تأمین و توزیع دارو از میزان ۲۲۰.۵۸۲ به میزان ۳۰۲.۷۲۶ افزایش یابد.

سناریوی ششم: اعمال همزمان تمام سناریوها به صورت همزمان



شکل ۱۵: اعمال همزمان تمام سناریوها به صورت همزمان

افزایش همزمان نرخ همه متغیرها باعث می‌شود که در پایان سال (ماه دوازدهم) میزان رشد/ افزایش فناوری بلاکچین از ۷۸.۵۳۹۱ به میزان ۲۳۵.۶۸۲ و همچنین زنجیره تأمین و توزیع دارو از میزان ۲۲۰.۵۸۲ به میزان ٦۹۰.۲۷۲ افزایش می‌یابد.

بر اساس نتایج حاصل از شبیه‌سازی و بررسی سناریوهای مختلف به این نتیجه می‌رسیم که عملکرد زنجیره تامین و توزیع دارو بر اساس شاخص‌های مختلف فناوری بلاک‌چین در قدم اول افزایش نرخ ردیابی و جلوگیری از تقلب باعث افزایش فناوری بلاک‌چین و در نهایت منجر به افزایش زنجیره تامین و توزیع دارو می‌شود. شاخص‌های بعدی شامل افزایش نرخ متعادل-سازی فرآیند قیمت‌گذاری، افزایش نرخ قراردادهای هوشمند، افزایش نرخ هویت دیجیتالی و افزایش نرخ هماهنگی زنجیره تامین شاخص‌هایی هستند که بیشترین اهمیت را در افزایش فناوری بلاک‌چین و زنجیره تامین و توزیع دارو دارند. در سناریو ششم یعنی اعمال همزمان سناریوها باعث تمامی شاخص‌های فناوری بلاک‌چین منجر به رشد زنجیره تامین و توزیع دارو با نرخ ٤٦۹.٦۹ می‌شوند. به طور کلی نتایج حاصل از اجرای هر سناریو بصورت زیر تعریف می‌شود:

-سناریوی اول یعنی استفاده از قراردادهای هوشمند منجر به افزایش اعتبار شرکت‌ها می‌شود زیرا همه تعاملات و تراکنش‌ها به صورت غیرقابل تغییر ثبت می‌شوند. کاهش نیاز به حضور فیزیکی را بدنبال دارد. این فناوری امکان امضای دیجیتال و اجرای خودکار قراردادها را فراهم می‌کند، که منجر به کاهش هزینه‌های مرتبط با زمان و منابع انسانی می‌شود. با پیاده‌سازی بلاکچین، ردیابی و تأیید سوابق داروها به‌راحتی امکان‌پذیر می‌شود، که به جلوگیری از تقلب و توزیع داروهای غیرمجاز کمک می‌کند. همچنین افزایش قابل توجه در نرخ استفاده از بلاکچین و قراردادهای هوشمند نشان‌دهنده تمایل بازار به پذیرش فناوری‌های نوین در صنعت دارو است که منجر به رشد فناوری بلاک‌چین می‌شود.

-سناریوی دوم یعنی افزایش نرخ هویت دیجیتال باعث حذف واسطه‌ها در معاملات بین خریداران و فروشندگان می‌شوند که این امر موجب کاهش هزینه‌ها و تسریع در فرآیندهای تجاری می‌گردد.خریداران و فروشندگان می‌توانند به راحتی از کشورهای مختلف با یکدیگر تعامل کنند، که به گسترش و دسترسی به بازارهای جهانی و افزایش تنوع محصولات کمک می‌کند. امکان ایجاد هویت دیجیتال و پرداخت‌های بدون بانک، پیچیدگی‌های تجاری را کاهش

می‌دهد و فرایندها را تسهیل می‌کند و باعث ساده شدن معاملات می‌گردد. با حذف واسطه‌ها و پیاده‌سازی سیستم‌های دیجیتال، سرعت معاملات به‌طور قابل توجهی افزایش می‌یابد، که می‌تواند تأثیر مثبتی بر زنجیره تأمین و توزیع دارو داشته باشد. پیش‌بینی افزایش در نرخ استفاده از فناوری بلاکچین به عنوان ابزار اصلی در مدیریت هویت دیجیتال و تراکنشات مالی نشان‌دهنده تمایل روزافزون به پذیرش این فناوری در صنعت دارو است.

-سناریوی سوم هماهنگی در زنجیره تأمین به تولیدکنندگان دارو اجازه می‌دهد تا مالکیت برند خود را حفظ کرده و از حقوق معنوی و مادی خود به‌خوبی دفاع کنند. با افزایش هماهنگی، امکان شناسایی و حل سریع مشکلات در زنجیره تأمین فراهم می‌شود، که این امر به کاهش ضررهای ناشی از اختلالات و تقلب کمک می‌کند. فرآیندهای هماهنگ‌شده با استفاده از فناوری بلاکچین می‌تواند به ردیابی دقیق محصولات کمک کند و تضمین کند که داروهای توزیع‌شده با استانداردهای لازم مطابقت دارند. بهبود هماهنگی باعث تسهیل ارتباطات و بهبود روندهای عملیاتی در زنجیره تأمین می‌شود، که در نهایت به افزایش کارایی و کاهش زمان تحویل منجر می‌شود. افزایش نرخ استفاده از بلاکچین برای بهبود هماهنگی زنجیره تأمین نشان‌دهنده اهمیت این فناوری در صنعت دارو است.

سناریوی چهارم افزایش نرخ ردیابی و جلوگیری از تقلب امکان شناسایی سریع محصولات را فراهم می‌آورد و به شرکت‌ها کمک می‌کند تا نواقص را سریع‌تر برطرف کنند. بلاکچین با ایجاد یک ثبت غیرقابل تغییر از تمام تراکنش‌ها، شفافیت را در زنجیره تأمین افزایش می‌دهد و امکان پیگیری هر مرحله از تولید تا توزیع را فراهم می‌کند. با اثبات اصالت داروها و ارائه اطلاعات دقیق در مورد منبع و تاریخ تولید، امکان تقلب در بازار کاهش می‌یابد و امنیت مصرف‌کنندگان افزایش می‌یابد. افزایش شفافیت و قابلیت اطمینان در فرآیندهای تجاری منجر به ایجاد اعتماد بیشتر بین تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و مصرف‌کنندگان می‌شود. پیش‌بینی افزایش چشمگیر در نرخ استفاده از فناوری بلاکچین نشان‌دهنده اهمیت آن در مبارزه با تقلب و بهبود ردیابی داروها است.

سناریوی پنجم افزایش نرخ متعادل‌سازی فرآیند قیمت‌گذاری می‌باشد.با استفاده از فناوری بلاکچین، امکان ویرایش داده‌های تراکنش‌ها کاهش می‌یابد، که به حفظ دقت و صحت اطلاعات قیمت‌گذاری کمک می‌کند. فرآیندهای قیمت‌گذاری به‌صورت آنلاین و شفاف انجام می‌شود و

ذینفعان می‌توانند به راحتی به اطلاعات قیمت‌گذاری دسترسی پیدا کنند. با متعادل‌سازی فرآیند قیمت‌گذاری، واسطه‌های دارویی حذف می‌شوند، که این امر منجر به کاهش هزینه‌ها و تسهیل معاملات می‌گردد. حذف واسطه‌ها و ساده‌سازی فرآیندها به کاهش هزینه‌های مرتبط با پرداخت‌های بین‌المللی و مرزی کمک می‌کند. دیجیتالی شدن فرآیند قیمت‌گذاری منجر به کاهش نیاز به اسناد کاغذی و تسهیل مدیریت اطلاعات می‌شود.

سناریوی ششم اعمال همزمان تمام سناریوها به صورت همزمان می‌باشد. اعمال همزمان تمامی سناریوها منجر به افزایش چشمگیر میزان رشد فناوری بلاکچین می‌شود که نشان‌دهنده اهمیت این فناوری در بهبود فرآیندها و کارایی در صنعت دارو است. همزمانی افزایش نرخ ردیابی، هماهنگی زنجیره تأمین، هویت دیجیتال، متعادل‌سازی قیمت‌گذاری و جلوگیری از تقلب، به بهبود کلی زنجیره تأمین و توزیع دارو منجر می‌شود. با پیاده‌سازی تمامی این سناریوها، شفافیت در زنجیره تأمین افزایش می‌یابد و اعتماد بین ذینفعان تقویت می‌شود. حذف واسطه‌ها، کاهش کاغذبازی و تسهیل معاملات به کاهش هزینه‌ها و زمان در فرآیندهای تجاری کمک می‌کند. استفاده همزمان از فناوری بلاکچین و هویت دیجیتال موجب افزایش امنیت داده‌ها و اعتبار محصولات می‌شود، که به نفع مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان است.

نتایج حاصل از سناریوهای مطرح شده و تحلیل‌های انجام شده نشان می‌دهد که پیاده‌سازی همزمان فناوری‌های نوین، به‌ویژه بلاکچین، در صنعت دارویی، تأثیرات مثبت و قابل توجهی بر روی زنجیره تأمین و توزیع دارو دارد. در مجموع، این سناریوها تأکید می‌کنند که فناوری بلاکچین و ابزارهای مرتبط می‌توانند به عنوان یک راهکار جامع برای حل چالش‌های موجود در زنجیره تأمین دارو عمل کنند و به ایجاد یک اکوسیستم پایدار، کارآمد و شفاف در این صنعت کمک نمایند. پذیرش و پیاده‌سازی این فناوری‌ها می‌تواند آینده‌ای روشن‌تر برای صنعت دارو فراهم کند، که در آن کیفیت، دسترسی و امنیت داروها به طور قابل توجهی بهبود یابد.

در ادامه تفاوت‌های معنادار بین سناریوهای مختلف شرح داده خواهد شد:

سناریوی اول به دلیل بهبود در فرآیندهای قرارداد و تأثیرات آن بر شفافیت و کاهش هزینه‌های اجرایی باعث افزایش چشمگیر در میزان رشد بلاکچین و زنجیره تأمین دارو می‌شود. سناریوی دوم بیشتر بر سادگی و تسهیل در فرآیندهای تجاری تأثیر می‌گذارد و با کاهش هزینه‌ها و پیچیدگی‌های تبادلات بین‌المللی، میزان رشد فناوری بلاکچین را به میزان کمتری نسبت به

سناریوی اول افزایش می‌دهد. سناریوی سوم نشان‌دهنده تأثیر مثبت هماهنگی در سطح زنجیره تأمین است که باعث افزایش رشد فناوری بلاکچین و بهبود عملکرد توزیع دارو می‌شود، اما این تأثیرات از سناریوهای دیگر (مثل ردیابی تقلب یا قراردادهای هوشمند) کمتر مشهود است. سناریو چهارم با بیشترین تأثیر در افزایش فناوری بلاکچین و بهبود قابل توجه در زنجیره تأمین دارو مواجه است. این سناریو نشان‌دهنده بالاترین تغییر در هر دو متغیر فناوری بلاکچین و زنجیره تأمین دارو نسبت به سایر سناریوها است. در سناریوی پنجم به طور نسبی تأثیرات کمتری نسبت به ردیابی تقلب دارد، اما هنوز باعث بهبود قابل توجه در هزینه‌ها و عملکرد زنجیره تأمین دارو می‌شود. سناریوی ششم با اعمال همزمان تمام تغییرات، بیشترین تأثیر را بر روی رشد فناوری بلاکچین و عملکرد زنجیره تأمین دارو دارد. این سناریو نشان‌دهنده بیشترین میزان افزایش در تمام شاخص‌ها است و به‌طور معناداری از تمامی سناریوهای دیگر پیشی می‌گیرد. به بیان دیگر تفاوت معنادار بین سناریوهای مختلف بصورت زیر بیان می‌شود:

- سناریوی چهارم (ردیابی و جلوگیری از تقلب) بیشترین اثر مثبت را بر رشد فناوری بلاکچین و زنجیره تأمین دارو دارد.
- سناریوی ششم (اعمال همزمان سناریوها) موجب حداکثر رشد در هر دو مقیاس فناوری بلاکچین و زنجیره تأمین دارو می‌شود.
- سناریوهای دیگر مانند افزایش نرخ قراردادهای هوشمند، هویت دیجیتال و هماهنگی زنجیره تأمین نیز باعث رشد قابل توجه در هر دو متغیر می‌شوند، اما تأثیر آن‌ها نسبت به ردیابی تقلب کمتر است.

محدودیت‌های استفاده از بلاکچین، سناریوها و مدل‌سازی سیستم‌های دارویی عبارت‌اند از:

- سیستم داینامیک برای تحلیل نیاز به داده‌های دقیق و معتبر دارد. بسیاری از داده‌های مربوط به زنجیره تأمین دارو به دلیل مشکلات دسترسی یا ناقص بودن، قابل استفاده در مدل‌های دقیق سیستم داینامیک نیستند .
- زنجیره تأمین دارو به دلیل تعدد اجزاء و روابط پیچیده میان آن‌ها، مدل‌سازی دقیق و شبیه‌سازی اثرات بلاکچین را دشوار می‌سازد. این فرآیند به انتخاب متغیرهای مناسب و تحلیل پیچیدگی‌های درونی سیستم‌های دینامیک نیاز دارد.

- استفاده از بلاکچین در زنجیره تأمین دارو مستلزم سرمایه‌گذاری اولیه بالایی است. همچنین، نیاز به هم‌راستایی این فناوری با سیستم‌های موجود و ایجاد زیرساخت‌های مناسب از دیگر چالش‌ها است. همچنین پذیرش بلاکچین در صنعت داروسازی ممکن است با موانع قانونی و مقرراتی مواجه شود که از پذیرش سریع آن جلوگیری می‌کند.
- هر یک از سناریوها در پیاده‌سازی بلاکچین در زنجیره تأمین دارو با چالش‌ها و محدودیت‌های خاص خود مواجه است. این محدودیت‌ها می‌توانند شامل پیچیدگی‌های فنی، مسائل قانونی، مقاومت در برابر تغییر، و هزینه‌های بالای پیاده‌سازی باشند. اجرای همزمان تمام سناریوها نیز نیازمند منابع قابل توجه و هماهنگی دقیق است.

با توجه به اهمیت زنجیره تامین دارو و تضمین داروهای اصلی برای بیمار و رفع مشکلات زنجیره تامین بایستی به بررسی دیگر شاخص‌های مرتبط با فناوری بلاک‌چین و تاثیر آنها بر زنجیره تامین و توزیع دارو و حل مشکلات تقلبی بودن آن از طریق طراحی و پیاده‌سازی یک سامانه ردیابی کاملا شفاف و مطمئن جهت رهگیری مسیرحرکت داروها ازکارخانه تا مصرف کننده نهایی پرداخته و زمینه لازم جهت پیگیری داروها و جلوگیری از تقلبی بودن و دستکاری آنها و بهبود کیفیت و تایید اصالت آن و کاهش هزینه‌ها صورت پذیرد.

دیگر پیشنهادات در خصوص هر سناریو بصورت زیر مطرح می‌گردد:

- ✓ آموزش و آگاهی‌رسانی: برگزاری کارگاه‌ها و دوره‌های آموزشی برای آشنایی ذینفعان با بلاکچین، قراردادهای هوشمند، و مزایای آن در صنعت دارو
- ✓ توسعه زیرساخت‌های دیجیتال: ایجاد سیستم‌های تأیید هویت دیجیتال و پلتفرم‌های ردیابی مبتنی بر بلاکچین برای پیگیری مسیر دارو از تولید تا مصرف
- ✓ استانداردسازی و همکاری قانونی: تدوین استانداردهای جهانی برای استفاده از بلاکچین و همکاری با نهادهای نظارتی برای قانونی کردن قراردادهای هوشمند و هویت دیجیتال
- ✓ پیاده‌سازی تدریجی و ارزیابی مستمر: آزمایش بلاکچین در پروژه‌های کوچک و نظارت مداوم برای شناسایی نقاط قوت و ضعف و بهبود فرآیندها
- ✓ ایجاد هماهنگی در زنجیره تأمین: راه‌اندازی شبکه‌های مشترک بین تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و تنظیم‌کنندگان برای بهبود ارتباطات و تسهیل تبادل اطلاعات

✓ تقویت امنیت و مقابله با تقلب: ستفاده از پروتکل‌های امنیتی در بلاکچین برای جلوگیری از دستکاری داده‌ها و توسعه همکاری‌های بین‌المللی در زمینه ردیابی و مقابله با تقلب

✓ شفافیت و بهینه‌سازی قیمت‌گذاری: ایجاد پلتفرم‌های دیجیتال برای قیمت‌گذاری و ثبت معاملات، همچنین تحلیل و نظارت بر روند قیمت‌ها برای افزایش شفافیت در بازار.

✓ پیاده‌سازی همزمان سناریوها: طراحی چارچوب یکپارچه برای اجرای همزمان تمامی اقدامات و تشکیل کمیته‌های تخصصی برای نظارت بر فرایندها

✓ با این رویکردها، صنعت دارویی می‌تواند از مزایای بلاکچین بهره‌برداری کند و کیفیت، شفافیت، و کارایی زنجیره تأمین دارو را بهبود دهد.

۶- منابع

[۱] Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Arshad, J., Debe, M., Al-Hammadi, Y., & Ellahham, S, *A blockchain-based approach for drug traceability in healthcare supply chain*, IEEE access, (۲۰۲۱), ۹, pp. ۹۷۲۸-۹۷٤۳. r ۱۰,۱۱۰۹/ACCESS.۲۰۲۱,۳۰٤۹۹۲۰

[۲] Dewangan NK, Chauhan RP, Jain N, *A New Blockchain-Based Medical Model for Smart Hospital Integrity Management of the Drug Supply Chain*, Research Journal of Pharmacy and Technology, (۲۰۲٤), ۱۷(۲), pp. ۸۸٥-۹۲. https://doi.org/۱۰,٥۲۷۱۱/۰۹۷٤-۳٦۰X.۲۰۲٤,۰۰۱۳۷

[۳] Modgil, S.; Singh, R.K.; Hannibal, C, *Artificial intelligence for supply chain resilience: Learning from COVID-19*, Int. J. Logist. Manag, (۲۰۲۱). https://doi.org/۱۰,۱۱۰۸/IJLM-۰۲-۲۰۲۱-۰۰۹٤

[٤] World Health Organization, *1 in 10 medical products in developing countries is substandard or falsified*, (۲۰۱۷).

[٥] Funding, H. R., *20 Shocking Counterfeit Drugs Statistics*, (۲۰۱۷). https://doi.org/۱۰,۱۱۸٦٪۲Fs۱۳٦۷۷-۰۲۲-۰۰۳٤۱-۲

[٦] FDA, *Drug Supply Chain Security Act (DSCSA)*, FDA U.S. Food & drug Administration, (۲۰۱٦).

[۷] Julsvoll, A. A., & Sickenberger, M, *How can Blockchain Technology be used to support Supply Chain Risk Management in Drug Supply Chains?* (Master's thesis, Handelshøyskolen BI), (۲۰۲۲). https://hdl.handle.net/۱۱۲٥۰/۳۰۳۷۳۱۸

[۸] Sarkar, Shambhu, *Digital Traceability of pharmaceutical drugs in supply chain*, International Journal of Advance Research in Computer Science and Management, (۲۰۲۲), ۱۰(۲) , pp. ۳۹-٤٤. https://www.researchgate.net

[۹] Khezr, S., Moniruzzaman, M., Yassine, A., & Benlamri, R, *Blockchain technology in healthcare: A comprehensive review and directions for future research*, Applied sciences, (۲۰۱۹), ۹(۹), p.۱۷۳٦. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/app۹۰۹۱۷۳٦

[۱۰] Venhuis BJ, Oostlander AE, Di Giorgio D, Mosimann R, du Plessis I, *Oncology drugs in the crosshairs of pharmaceutical crime*, The Lancet Oncology, (۲۰۱۸), ۱, ۱۹(٤):e۲۰۹-۱۷. https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/s۱٤۷۰-۲۰٤٥(۱۸)۳۰۱۰۱-۳

[۱۱] Agbo, C. C., Mahmoud, Q. H., & Eklund, J. M, *Blockchain Technology in Healthcare: A Systematic Review*. Healthcare, (۲۰۱۹), *7*(۲), ٥٦. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/healthcare۷۰۲۰۰٥٦

[۱۲] ConsenSys *Blockchain in Healthcare and the Life Sciences*, ConsenSys , (۲۰۲۱).

[۱۳] Jahanian, S, d, & Hashemi, F, *The supply chain paradigm model based on the Internet of Things and Blockchain; a systematic review*, New Researches in Decision Making, (۲۰۲۲), ۷(۳),pp. ۱۷۱-۱۹۱. https://dorl.net/dor/۲۰,۱۰۰۱,۱,۲٤۷٦٦۲۹۱,۱٤۰۱,۷,۳,۷,۲. [In Persian]

[۱٤] Drescher, D, *Blockchain Basics*, A Non-Technical Introduction in ۲۵ Steps; Apress: Frankfurt am Main, Germany, (۲۰۱۷). DOI ۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۱-٤۸٤۲-۲٦۰٤-۹

[۱۵] San, K.M.; Choy, C.F.; Fung, W.P, *The potentials and impacts of blockchain technology in construction industry: A literature review*. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*; IOP Publishing: Bristol, UK, (۲۰۱۹), Vol. ٤۹۵, p. ۰۱۲۰۰۵. **Doi:** ۱۰,۱۰۸۸/۱۷۵۷-۸۹۹X/٤۹۵/۱/۰۱۲۰۰۵

[۱٦] Azizi, N., Malekzadeh, H., Akhavan, P., Haass, O., Saremi, S., & Mirjalili, S, *IoT–blockchain: harnessing the power of internet of thing and blockchain for smart supply chain*, Sensors, (۲۰۲۱), *21*(۱۸), p. ٦۰٤۸. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/s۲۱۱۸٦۰٤۸ [In Persian]

[۱۷]Jamil, F., Hang, L., Kim, K., & Kim, D, *A novel medical blockchain model for drug supply chain integrity management in a smart hospital*, Electronics, (۲۰۱۹), *8*(۵), p. ۵۰۵. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/electronics۸۰۵۰۵۰۵

[۱۸] Rahimian, Mohammad Mahdi, Rajabzadeh Qatari, Ali, *measuring the resilience of the supply chain with the approach of complex adaptive systems*; *Case study: Iranian pharmaceutical industry*, New researches in decision making, (۲۰۱٦), ۲(۲), pp. ۱۵۵-۱۹۵ . [In Persian]

[۱۹] A. Marucheck, N. Greis, C. Mena, and L. Cai, *Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities*, J, Oper. Manage., (۲۰۱۹), vol. ۲۹, nos. ۷–۸, pp. ۷۰۷–۷۲۰, Nov. ۲۰۱۱. http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.jom.۲۰۱۱,۰٦,۰۰۷

[۲۰]Sohan, M., Al, F. A., Khan, S. R., Anannya, N. J., & Ahad, M. T, *Towards a secured smart IoT using light weight blockchain: An aim to secure Pharmacy Products*, arXiv preprint arXiv, (۲۰۲۲), pp. ۲۲۰٦,۰٦۹۲۵. https://doi.org/۱۰,٤۸۵۵۰/arXiv.۲۲۰٦,۰٦۹۲۵

[۲۱]Mohana, M., Ong, G., & Ern, T, *Implementation of pharmaceutical drug traceability using blockchain technology*, Inti Journal, (۲۰۱۹), p. ۳۵. https://intijournal.intimal.edu.my/

[۲۲]Abbas, K., Afaq, M., Ahmed Khan, T., & Song, W. C, *A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry*, Electronics , (۲۰۲۰), *9*(۵), p. ۸۵۲. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/electronics۹۰۵۰۸۵۲

[۲۳]Xi, P., Zhang, X., Wang, L., Liu, W., & Peng, S, *A review of Blockchain-based secure sharing of healthcare data*, Applied Sciences, (۲۰۲۲), *12*(۱۵),p.۷۹۱۲. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/app۱۲۱۵۷۹۱۲

[۲٤] Mani, V., Prakash, M., & Lai, W. C, *Cloud-based blockchain technology to identify counterfeits*, Journal of Cloud Computing, (۲۰۲۲), *11*(۱), pp.۱-۱۵. https://doi.org/۱۰,۱۱۸٦/s۱۳٦۷۷-۰۲۲-۰۰۳٤۱-۲

[۲۵] Pillai, M. M. ., Mathur, D. D. ., & Mahdhavi, D. M. , *FACTORS INFLUENCING ADOPTION OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE PHARMACEUTICAL SUPPLY CHAIN FOR PREVENTION OF COUNTERFEIT DRUGS: ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE*, The Journal of Contemporary Issues in Business and Government, (۲۰۲۲), *28*(۳), pp.۸۸۱–۸۸۹. https://cibgp.com/au/index.php/۱۳۲۳-٦۹۰۳/artic le/view/۲٤۲۲.

[۲٦] Akbar, M. A., Leiva, V., Rafi, S., Qadri, S. F., Mahmood, S., & Alsanad, A, *Towards roadmap to implement blockchain in healthcare systems based on a maturity model*, Journal of Software: Evolution and Process, (۲۰۲۲), *34*(۱۲), p. ۲۵۰۰. http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۰۲/smr.۲۵۰۰

[۲۷]Uddin, M, *Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry*, International Journal of Pharmaceutics, (۲۰۲۱), ۵۹۷, p. ۱۲۰۲۳۵. http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.ijpharm.۲۰۲۱,۱۲۰۲۳۵

[۲۸]Fernando, E., & Cassandra, C, *Propose Model Blockchain Technology Based Good Manufacturing Practice Model of Pharmacy Industry in Indonesia*, In ۲۰۲۱ ۲nd International Conference on Innovative and Creative Information Technology (ICITech), (۲۰۲۱), pp. ۱۹۰-۱۹٤. IEEE. http://dx.doi.org/۱۰,۱۱۰۹/ICITech٥۰۱۸۱,۲۰۲۱,۹٥۹۰۱۲۰

[۲۹] Ratta, P., Kaur, A., Sharma, S., Shabaz, M., & Dhiman, G, *Application of blockchain and internet of things in healthcare and medical sector: applications, challenges, and future perspectives*, Journal of Food Quality, (۲۰۲۱), pp. ۱-۲۰. https://doi.org/۱۰,۱۱٥٥/۲۰۲۱/۷٦۰۸۲۹٦

[۳۰]Sabah, S., Hasan, A. T., & Daria, A, *approach to detect counterfeit drugs in medical supply chain*, In Proceedings of the International Conference on Big Data, IoT, and Machine Learning: BIM (۲۰۲۱), pp. ٦۰۹-٦۲۱. Singapore: Springer Singapore. http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۹۸۱-۱٦-٦٦۳٦-۰_٤٦

[۳۱]Mackey, T. K., & Cuomo, R. E, *An interdisciplinary review of digital technologies to facilitate anti-corruption, transparency and accountability in medicines procurement*, Global health action, (۲۰۲۰), ۱۳(sup۱), p. ۱٦۹٥۲٤۱. https://doi.org/۱۰,۱۰۸۰/۱٦٥٤۹۷۱٦,۲۰۱۹,۱٦۹٥۲٤۱

[۳۲] Abbas, K., Afaq, M., Ahmed Khan, T., & Song, W. C, *A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry*, Electronics, (۲۰۲۰), ۹(٥), p. ۸٥۲. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/electronics۹۰٥۰۸٥۲

[۳۳] Mohhamad Ismail, S., and Fatah Zadeh, H., *examining the benefits of using blockchain technology in the pharmaceutical supply chain and presenting a conceptual model*, the third national conference on interdisciplinary research in management and medical sciences, Tehran, (۲۰۲۲). http://dx.doi.org/۱۰,۱۱۰۹/ACCESS.۲۰۲۳,۳۳٤۸۸۱۳ [In Persian]

[۳٤]Mohammad Ismail, S., and Fatahzadeh, H, *Identifying effective indicators in the use of blockchain technology in the pharmaceutical supply chain (using the metacombination method of 2010-2022)*, Health Management (Health System), (۲۰۲۱), ۱۲(٤ (٤۲)), pp. ۸۱-۱۰٥. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/sci٥۰٤۰۰٤۱ [In Persian]

[۳٥]Sepahi, T.a, Shahbazi, M., and Shafii Rudpashti, M., *Drug distribution system in Iran: a multi-method study of defects and solutions*, Health Image, (۲۰۱۹), ۱۱(٤), pp. ۳۲٤-۳٤۳. http://dx.doi.org/۱۰,۳٤۱۷۲/doh.۲۰۲۰,٤۱ [In Persian]

[۳٦] ATAEI S., TAGHIPOURIAN M.J., *Investigating Factors Influencing on Export Relationship Continuity of Iranian Companies of Medicine Exporter*, JOURNAL OF HEALTHCARE MANAGEMENT (JOURNAL OF HEALTH SYSTEM)[Internet], (۲۰۱۹), ۱۰(۲),pp. ۳٥-٤۷. Available from: https://sid.ir/paper/۲۳۲۳۸۳/en [In Persian]

[۳۷] Hossini Bamkan, M., and Nasiri, E., *application of blockchain technology in the field of health and security of the drug supply chain*, the fourth international industrial management conference, Yazd, (۲۰۱۸). http://dx.doi.org/۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۰۳۱-٤۳٥۲٤-۹_٤ [In Persian]

[۳۸]Aslani A., Helo P., and Naaranoja M., *Role of renewable energy policies in energy dependency in Finland: System dynamics approach*, Applied Energy, (۲۰۱٤), ۱۱۳, pp. ۷٥۸-۷٦٥. DOI: ۱۰,۱۰۱٦/j.apenergy.۲۰۱۳,۰۸,۰۱٥

[۳۹] khadivar A, abdian S., *Modeling the maturity of green information technology with the system dynamics app roach*, ORMR (۲۰۱۸), ۸ (۲), pp. ۷۳-۹۱ URL: http://ormr.modares.ac.ir/article-۲۸-۱٥۸۸۷-fa.html [In Persian]

[٤۰]Teodorescu M, Korchagina E., *Applying Blockchain in the Modern Supply Chain Management: Its Implication on Open Innovation*, Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, (۲۰۲۱), ۲ March. https://doi.org/۱۰,۳۳۹۰/joitmc۷۰۱۰۰۸۰

[٤۱]Abhijith MS, Achuthan, Akash TM,Alan Babu M, Shyam Krishna K., *Enhanced Pharmaceutical Supply Chain Management Using Ethereum Blockchain*, International Journal

of Innovative Science and Research Technology ISSN No:-۲٤٥٦-۲۱٦٥, (۲۰۲۱), Vol. ٦, Issue ٦, June https://bit.ly/۳cMfd۳Y

[٤٢]Fernando E, Meyliana M, Warnars HLHS, Abdurachman E & Surjandy S., *(a) Blockchain Technology-Based Good Distribution Practice Model of Pharmacy Industry in Indonesia.*

Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal, (۲۰۲۱), Vol. ٦, No. ۲, pp. ۲٦۷-۲۷۳. http://dx.doi.org/۱۰,۲٥۰٤٦/aj۰٦۰۲۳۰

[٤۳] Mollik MA. *Using Blockchain To Fight Against Counterfeit Medicine*, Thesis, Finnish University of Applied Sciences, (۲۰۲۱), https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk- ۲۰۲۱۰٥۳۰۱۲٤٥٤. https://doi.org/۱۰,۳۰٤۹٥/jhm.۲۰۲۲,٦٦۱۷۳,۱۱۰۳۱ [In Persian]

[٤٤] Ouf, Sh., *A Proposed Architecture for Pharmaceutical Supply Chain Based Semantic Blockchain*, International Journal of Intelligent Engineering and Systems, (۲۰۲۱), Vol.۱٤, No.۳. http://dx.doi.org/۱۰,۲۲۲٦٦/ijies۲۰۲۱,۰٦۳۰,۰٤

[٤٥]Raxit S, Gourob JH, & Kabir H, *A Comprehensive Drug Management System by Segregating Spurious and Substandard Drugs Using Blockchain Technology*, International Conference on Automation, Control and Mechatronics for Industry ٤,۰ (ACMI), (۲۰۲۱), pp. ۱-٥. https://doi.org/۱۰,۳۰٤۹٥/jhm.۲۰۲۲,٦٦۱۷۳,۱۱۰۳۱ [In Persian]

[٤٦] Zhang Ch, Pan L, Zhang X, Shen X, Zhang L, Zhang, B & Liu R, *Application and prospect of blockchain and smart contract technology in pharmaceutical supply chain*, Proc, SPIE ۱۱۸۸٤, International Symposium on Artificial Intelligence and Robotics, (۲۰۲۱), p. ۱۱۸۸٤۰. https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/۲۰۲۱SPIE۱۱۸۸٤E..۰CZ/doi:۱۰,۱۱۱۷/۱۲,۲٦۰۱۸۸۸

[٤۷]Singh Sh, Choudhary G, Shandilya ShK, Sihag V & Choudhary A, *Counterfeited Product Identification in a Supply Chain using Blockchain Technology*, Research Briefs on Information & Communication Technology Evolution (ReBICTE), (۲۰۲۱), Vol. ۷, Article No. ۳. doi:۱۰,۲۲٦٦۷/ReBiCTE.۲۰۲۱,۰۷,۱٥,۰۰۳ .https://doi.org/۱۰,٥٦۸۰۱/rebicte.v۷i.۱۱٥

[٤۸] Toloui Ashlaghi, A., Radfar, R., Shoja, N., and Farkhizadeh, F., *measuring the readiness of small and medium manufacturing enterprises to enter e-commerce*, *Industrial Management Quarterly*, Faculty of Human Sciences, Azad University, Sanandaj Branch, (۲۰۱۸), No ٤۷. [In Persian]

[٤۹] Sterman, j., *System Dynamism*, Translated by Shah Golian, K, Tehran: Terme Publishing, (۲۰۰۷).

[٥۰]Meshaikhi, A., *Dynamics of Systems*, First Edition, Ariana Qalam Publications, (۲۰۱۷), [In Persian]