**11ارائه مدل مدیریت موجودی استوار كالاهاي فسادپذير تحت عدم قطعيت مبتنی بر مدیریت توزیع‌کننده (مورد مطالعه: در زنجیره تامین دارو)**

**اميرمسعود حيدري1، علي اكبر حسني2\*، محمد قرباني3**

1. دانش آموخته كارشناسي ارشد MBA دانشگاه صنعتي شاهرود

2. دانشيار، دانشكده مهندسي صنايع و مديريت دانشگاه صنعتي شاهرود (نويسنده مسئول: aa.hasani@shahroodut.ac.ir))

3. استاديار، دانشكده بهداشت، دانشگاه علوم پزشكي تربت حيدريه

**چكيده**

**واژگان كليدي:** مديريت موجودي، كالاي فسادپذير، مديريت توزيع‌كننده، عدم قطعيت، بهینه‌سازی استوار، زنجيره تامين دارو

# 1. مقدمه

علاوه بر این ، هرگونه کمبود در تحویل دارو عواقب جدی بر بیماری یا مرگ بیماران دارد. بنابراین ، بیمارستان ها و نهاد های درگیر در امر خدمات درمانی ممکن است با سفارش محصولات بیشتر به عنوان یک سپر در برابر عدم اطمینان ، سیاست کنترل موجودی محافظه کارانه را در پیش بگیرند [5]. به عنوان مثال ، دولت فدرال ایالات متحده برای محافظت از جمعیت خود در موارد اضطراری ، مقادیر زیادی واحد نگهداری (SKU) داروها به عنوان بخشی از ذخیره ملی استراتژیک خود احتیاج دارد [6]. با توجه به فاسدشدنی بودن داروها ، چنین استراتژی منجر به انقضا موجودی اضافی در صورت عدم تقاضای بیماران می شود. یک نظرسنجی آماری در سال 2003 بیش از 500 میلیون دلار هزینه انقضا داروهای مارک دار(تولید شده توسط شرکت های دارویی) را در داروخانه های ایالات متحده تخمین زده است [7]. از طرف دیگر ، دفع دارو های منقضی شده به طور نامناسب ، اثر منفی قابل توجهی در محیط ایجاد می کند. همچنین ، در صورت توزیع غیرقانونی در کشورهای توسعه نیافته ، ممکن است سلامت مردم را به خطر بیندازد. این امر منجر به تصویب قوانین سختگیرانه در اروپا و ایالات متحده در مورد پس گرفتن (جمع آوری و دفع ایمن) داروهای باقی مانده موجود در بیمارستان ها و داروخانه ها توسط تولید کنندگان دارو شده است. بنابراین ، بهبود پایداری زنجیره تامین دارویی نه تنها برای کاهش هزینه ها و جلوگیری از هدر رفت منابع و سرمایه های یک کشور لازم است بلکه باعث محافظت از محیط زیست و بیمارانی که در معرض داروهای تاریخ مصرف گذشته قرار دارند ضروری است[2].

تحقیقات اندکی در مورد زنجیره تامین و کنترل موجودی جهت کاهش هدر رفت و منقضی شدن دارو ها انجام شده است. بیشتر روشهای ارائه شده به دنبال جمع اوری داروها منقضی شده و نگهداری این داروها در محیط های خاص یا سوزاندن آنها تحت حمایت دولتها است. در عین حال چنین اقداماتی برای محیط زیست مضر است. بنابراین ، در تحقیقات اخیر ورایکات و همکاران. [8،9] ، روشهای مختلفی برای تسهیل بهبودی داروهای تاریخ مصرف گذشته یا کاهش مقدار آنها در انبارهای مشتریان (بیمارستان ها و داروخانه ها) از طریق پیشنهاد روشهای مختلف همکاری در PSC ارائه شده است.

با این وجود، راهبرد‌های پیشنهاد شده راه حل های ثانویه‌ ای برای مشکل دارو‌های منقضی شده در زنجیره تامین دارویی می‌باشد. به عبارت دیگر، آن‌ها به داشتن دارو های اضافی یا منقضی شده در سوی مشتری (بیمارستان) که نیاز به جمع آوری دارند اشاره می‌کنند..

در حالی که در سال های اخیر کشور مان شاهد تحریم ها بیرحمانه بود واین تحریم ها باعث کمبود دارو های وارداتی و بعضا دارو های داخلی که با پایه مواد اولیه وارداتی ساخته میشوند مواجه شده است و از سوی دیگر به علت افزایش قیمت ارز و استرتژیک بودن دارو برای مردمان هر کشور دولت به دارو های وارداتی ارز حمایتی و به شرکت های داخلی بسته های حمایتی اعطا میکند از این رو قاچاق دارو مزید بر علت برای کمبود دارو های اساسی شده است. همانطور که قبلا گفته شد دارو ها در نجات بیماران بسیار اهمیت دارد و در صورت نبود و یا کمبود دارو های اساسی باعث وخیم شدن وضع بیماران و در مواردی باعث مرگ بیماران میشود. از این رو بیمارستان ها این استراتژی را در پیش میگیرد که همیشه دارو در انبار خود داشته باشند. همچنین به علت وجود تخفیف های کلی که از سوی شرکت های پخش دارو ها به بیمارستان ها پیشنهاد میشود بعضی از مسئولان بیمارستان ها تصمیم بر خرید مقدار زیادی دارو کرده و در انبار ها دپو میکنند که احتمال فاسد شدن دارو ها را افزایش میدهد.برعکس در مواردی خرید دارو به صورت ماهانه و یا سه ماهه بوده و این امر شاید باعث کاهش مقدار دارو های منقضی شده گردد ولی از سوی دیگر با پایین بودن سطح موجودی اطمینان در این نوع خرید ها هنگام وقوع بحران و یا شیوع بیماری های فصلی باعث افت شدید دارو های دپو شده و ممکن است خرید و دوباره پر کردن انبار های بیمارستان با وقفه روبرو شد و جان انسان ها به خطر بی افتد.

حال اگر بتوان سطح کنترل موجودی را به همراه موجودی اطمینان بصورت بهینه بدست اورد که هم احتمال منقضی شدن داروها و از بین رفتن سرمایه مالی را کاهش میدهیم و همچنین همواره سطح قابل اطمینانی برای دارو های دپو شده بدست می اید تا در مواقع بحرانی جان انسان ها به خطر نیافتد و در اخر با داشتن این اطلاعات توسط مدیران میتوان در مورد خرید های داروها برای استفاده از تخفیف های گروهی استفاده کنند.

همچنین با سفارش بیش از اندازه و یا کم دارو توسط بیمارستان ها یک اثر شلاقی از سمت مصرف کنندگان(بیمارستان ها) به سمت تامین کنندگان (شرکت های توزیع و پخش و تولید کنندگان) ایجاد میشود که خود باعث مشکلاتی از جمله اضافه تولید که منجر به منقضی شدن دارو ها میشود که نه تنها تبعات محیط زیستی بلکه باعث استفاده افراد سود جو و ارسال این دارو ها به کشور های جنگ زده و فقیر شده و تبعات انسانی نیز به بار می اورد.

# 2. پيشينه تحقيق

در این بخش ، یک بررسی اجمالی از ادبیات مربوط به مدیریت موجودی مواد فاسدشدنی ارائه شده است. همچنین خلاصه ای از تحقیقات مربوط به پیاده سازی سیستم VMI ، به طور کلی ، و بطور خاص برای PSC نیز ارائه شده است.

مدل های مدیریت موجودی برای مواد فاسدشدنی ها اولین بار در مورد مدیریت موجودی فاسدشدنی توسط نهمیاس شرح داده شده است [3]. نویسنده یک بررسی جامع در مورد زنجیره های تامین فاسدشدنی ارائه داد و مختصراً در مورد کاربردهای این مدل ها در مدیریت موجودی بانک خون صحبت کرد.گویال و جیری [12] بررسی جدیدتری در مورد همان موضوع و موارد ذکر شده در [3] ارائه دادند. علی رغم شباهت های موجود در مدیریت موجودی خون و داروها ، تفاوت های اساسی بین آنها وجود دارد. به عنوان مثال ، ماندگاری خون از نظر فنی 4–5 روز است در حالی که داروها از چند روز تا چند سال ماندگاری متنوعی دارند. علاوه بر این ، مدت زمان تأمین مجدد خون به طور کلی کوتاه تر از دارو است. بعلاوه ، هر روش موفقی برای زنجیره تأمین خون برای زنجیره تامین دارو با توجه به مقدار ذخیره و زمان فسادپذیری مناسب نیست. چپمن و همکاران[13] ، هاجما[4] ،گانپینار و سنتنو [14]، سیولک و همکاران [15]. بررسی گسترده ای از منابع موجود در مورد موجودی و مدیریت زنجیره تأمین فرآورده های خونی قبل از سال 2012 در مقاله [16] یافت می شود.

چاپمن و همکاران [13] روشهای مدیریت موجودی به موقع (JIT) را برای یک زنجیره تأمین خون استفاده کرد. با توجه به پیامدهای کمبود موجودی ، نویسندگان نتیجه گرفتند که تکنیک JIT برای چنین زنجیره های تأسیساتی فاسدشدنی مناسب نیست. هایجما [4] به اهمیت سیاست دفع بهینه در ترکیب با سیاست های سفارش بهینه برای زنجیره تأمین خون پرداخت. پیشنهاد شد که می توان با فروش محصولات قدیمی با قیمت تخفیف ، متوسط ​​هزینه های این زنجیره تأمین را کاهش داد. گانپینار و سنتنو [14] یک مدل برنامه ریزی صحیح را برای به حداقل رساندن هزینه کل سیستم موجودی خون از منظر بیمارستان در افق برنامه ریزی ارائه دادند. رویکرد مدیریت موجودی پیشنهادی می تواند میزان هدر رفتن و هزینه های جبران خون در بیمارستان ها را کاهش دهد. بعداً ، سیولک و دیگران [15] یک مدل اکتشافی تکمیل موجودی را برای به حداقل رساندن کل هزینه مورد انتظار در یک افق زمانی نامحدود برای زنجیره تأمین پلاکت خون پیشنهاد دادند.

اونال و همکاران [17] یک مشکل بزرگ اقتصادی را برای کالا های فاسد شدنی مطرح کردند که در آن کالاها دارای دوره انقضای معینی هستند که وابسته به دوره خرید آنها است.

 مدل آنها با مکانیزم FIFO بیان داشت که ترتیب مصرف موجودی، تأثیر قابل توجهی در هزینه زنجیره تأمین بهینه دارد. استفاده از مدل های VMI در زنجیره های تامین مواد فاسدشدنی ممکن است بر روی کاغذ ترسناک به نظر میرسد. آلفتان و همکاران [18] یک مدل عملیاتی برای همکاری مجدد برای خرده فروشی برای یک زنجیره تأمین مواد غذایی ارائه داد. مدل آنها می تواند پاسخگویی به تقاضا و در دسترس بودن محصولات را در فروشگاه های خرده فروشی بهبود بخشد. اخیراً ، کاسگاری و همکاران [19] یک استراتژی VMI با تخفیف برای مدیریت موجودی کالای فاسدشدنی در یک زنجیره تأمین شامل یک فروشنده منفرد و چند خرده فروش پیشنهاد کرد. نتایج آنها نشان داد که استفاده از مدل های VMI می تواند سطح موجودی را کاهش دهد در حالی که نرخ های دوباره پر کردن زنجیره تامین را افزایش می دهد. تحقیقات انجام شده در زمینه مدیریت موجودی کالا با کاربردهایی در زنجیره ارزش دارویی محدود است. اوتایاکومار و پریان [5] برای به حداقل رساندن هزینه کل یک زنجیره تأمین که شامل یک شرکت دارویی و یک بیمارستان است ، یک مدل موجودی PSC دو پله ای ایجاد کردند. لی و همکاران [20] یک سیستم موجودی دارویی عمومی را با توجه به ذخیره ملی استراتژیک در ایالات متحده مطالعه کرد که نیاز به حفظ حداقل حجم موجودی بالا در همه زمان ها دارد. نویسندگان برای به حداکثر رساندن سود سیستمی که بررسی کردند ، یک سیاست صدور بهینه برای یک تقاضای قطعی ارائه دادند.

شایان ذکر است که کلیه مشارکتهای بررسی شده در اینجا دارای مدلهای مدیریت موجودی برای موارد فاسدشدنی با هدف به حداقل رساندن هزینه می باشد. با این حال ، هدف از کاهش تعداد داروهای تاریخ مصرف گذشته و تأثیر آنها بر اقتصاد کشور و محیط زیست به طور کلی نادیده گرفته شده است.

2.2. سیستم های VMI

از زمان پذیرش وال مارت در دهه 1980 ، بسیاری از مقالات به طور کلی ازان به برتری سیستم VMI نسبت به تکنیک های سنتی جبران مجدد زنجیره های تأمین دارند. [21-24] اطلاعات بیشتر نسبت به سیستم VMI را میتوانید در مقاله گویندان [25] مطالعه بفرماید.پیاده سازی سیستم VMI تامین کنندگان را به یک فرکانس دوباره پر کردن که با مقادیر کمتری از مواد دوباره پر می کند که توسط دونگ و همکاران بیان شده است. [26] در نتیجه ، پیاده سازی سیستم VMI منجر به صرفه جویی در هزینه حداکثر موجودی بدون تأثیر منفی بر عملکرد کلی زنجیره تأمین یا سطح خدمات مشتری می شود [27،28]. در زمینه پیاده سازی سیستم های VMI برای زنجیره های تأمین فاسدشدنی ، ادبیات زیادی وجود دارد. تمرکز تحقیقات موجود بر روی صنعت مواد غذایی یا بانکهای خون است اما تحقیقات کمی بر روی زنجیره تامین دارویی (PSC) صورت گرفته است .

کتزنبرگ و فرگوسن [29] دو ساختار در یک زنجیره تأمین مواد غذایی را ارزیابی کردند. نویسندگان ارزش اشتراک اطلاعات را تحت کنترل متمرکز در یک سیستم VMI نسبت به موردی که هیچ اطلاعاتی به اشتراک گذاشته نشده و تصمیم گیری غیرمتمرکز است ، آزمایش کردند. استنگر [30] چارچوبی هفت مرحله ای برای ارزیابی پیاده سازی سیستم VMI در یک بانک خون در آلمان ایجاد کرد. نویسنده چارچوب پیشنهادی را بر روی 13 مورد اعمال کرد تا نتیجه بگیرد که بیمارستانها به دلیل ترس از دست دادن کنترل بر منابع حیاتی یا اشتراک اطلاعات ، از ورود به یک رابطه VMI دریغ می کنند. با این حال ، با داشتن مراحل صریح اجرای VMI ، که مسئولیت هر نهاد مربوطه را به وضوح مشخص می کند ، می توان از این مانع جلوگیری کرد. اخیراً ، سنتنو و گانپینار [31] یک مدل برنامه ریزی صحیح را برای کمک به مراکز خون در مدیریت کارآمد منابع خود ایجاد کردند.

کاندان و یازگان [32] برای به حداکثر رساندن سود یک زنجیره تأمین دارویی ، یک مدل MIP برای پیاده سازی سیستم VMI ارائه دادند. نتایج ، اهمیت در نظر گرفتن ماندگاری دارو را به عنوان محدودیت اساسی در مدل برنامه ریزی موجودی PSC برجسته کرد.

کریچانچای و مک کارتی [33] عواملی را که بر پذیرش یک سیستم VMI در PSC ماثر است ، شناسایی کردند. نویسندگان یک مدل کنترل موجودی از دیدگاه بیمارستان ها تهیه کردند ، جایی که داروها توسط یک توزیع کننده تهیه می شود. این یافته ها اهمیت تمایل مدیریت عالی به اشتراک گذاری اطلاعات در اجرای موفقیت آمیز سیستم VMI را مشخص می کند. آنها همچنین دریافتند که پذیرش VMI خطر کنار گذاشتن کنترل موارد مهم را برای یک تامین کننده خاص در بر می گیرد.

ادبیات خلاصه ارائه شده در این بخش ، به وضوح نشان دهنده فرصت استفاده از سیستم های VMI در زنجیره تامین داروی است. بنابراین ، در این کار ما یک مدل ریاضی ، از منظر تولید کننده ، برای اجرای VMI در این زنجیره تأمین با هدف کاهش پس مانده ها و همچنین به حداقل رساندن موجودی کل و کاهش هزینه های زنجیره تأمین ، پیشنهاد می دهیم.

در این پایان نامه ما با استفاده از سیستم VMI برای شبکه زنجیره تامین دارویی بیمارستانی زیر مجموعه دانشگاه علوم پزشکی یکی از استان ها تلاش برای بهبود عملکرد این زنجیره تامین و کاهش دارو های منقضی شده و همچنین کاهش هزینه ها در این حوزه را داریم.

ج: ضرورت انجام تحقیق

د: روش تحقیق

در این بخش ، ما شرح مختصری از ساختار PSC را در مطالعه موردی واقعی ارائه می دهیم. سپس ، ما زنجیره تامین دارو فعلی را گسترش می دهیم و یک مدل چند مرحله ای ، با افق محدود برای یک PSC دو پله ای ، یعنی یک توزیع کننده (معاونت غذا و دارو) و یک مشتری (بیمارستان) می سازیم. سپس یک مدل ریاضی برای سیستم پیشنهادی VMI ارائه خواهیم داد. همچنین به دلیل متغیر بود تقاضا دارو ما مجموعه ای از ازمایشات شبیه سازی مونت کارلو را برای بررسی مقاومت مدل VMI تحت عدم اطمینان تقاضا انجام خواهیم داد.

# 3. بيان مساله

به‌طور عمده، مراكز درماني به عنوان يكي از مصرف‌کنندگان اصلی اقلام دارويي تحت تاثير راهبردهاي خدمت‌دهي خود با نگه‌داري سطوح بالايي از موجودي براي اقلام دارويي در انبار، سیاست‌های محافظه کارانه کنترل موجودی را اتخاذ ‌مي‌نمايند. پاسخگویی شبکه بهداشت و درمان با توجه به هزینه‌های بسیار بالای مواجه با کسری در این شبکه (مانند تبعات جانی برای بیماران) در تعیین سطح خدمت و سیاست‌های تامین بسیار تاثیرگذار بوده است. به عبارت دیگر، نگهداری موجودی به عنوان یک راهبرد کاهنده ریسک در مواجه با نامعینی‌های حاضر در فضای تصمیم‌گیری (عدم قطعیت در تامین و تقاضا) و در عین حال حفظ سطح پاسخ توسط مراکز درمانی در نظر گرفته شده است. اين در حالي است كه با توجه به فسادپذیری اقلام دارويي (دوره عمر محدود و شرايط نگهداري)، اتخاذ راه‌كارهاي محافظه‌كارانه با نگهداري سطح بالايي از موجودي اطمينان مي‌تواند منجر به انقضاي موجودی مازاد در صورت عدم دريافت تقاضای براي مصرف شود. وضعيت حاضر از يكسو منجر به بروز خسارات مالی عمده به مراكز درماني و اتلاف منابع خواهد شد و از سوي ديگر تبعات زيست محيطي و اجتماعي متعددي را نيز به همراه خواهد داشت. علاوه بر سیاست‌های خدمت‌دهی، موارد دیگری همچون محدودیت‌های تامین (مانند ظرفیت تامین‌کننده و در دسترس بودن منابع تامین)، سیاست‌های خرید (مانند برخورداری از تخفیف‌ها)، محدودیت‌های منابع (مانند ظرفیت نگهداری و بودجه خرید) و محدودیت‌های بازیابی موجودی (مانند امحا، بازیافت و موارد مشابه دیگر) در این فضای تصمیم‌گیری نقش بازی می‌کنند. درنتیجه، نیاز است تا در قالب یک سیستم یکپارچه مجموعه تصمیمات مدیریت و کنترل موجودی اتخاذ گردند. برای این منظور، سیستم موجودی تحت مدیریت فروشنده (توزیع‌کننده) می‌تواند نقش موثری را در ارتقای کارایی و اثربخشی تصمیمات مدیریت موجودی در مراکز درمانی ایفا نماید. با توجه به نقش سازمان غذا و دارو در مدیریت تامین اقلام دارویی مراکز درمانی، در ادامه از نقش این سازمان با عنوان توزیع‌کننده در معرفی سیستم موجودی یادخواهد شد. ساختار شبکه تامین و توزیع در شبکه بهد اشت و درمان در شکل 1 نمایش داده شده است.



**شکل 1. ساختار شبکه تامین و توزیع در شبکه بهداشت و درمان**

در سیستم موجودی مبتین بر مدیریت توزیع‌کننده اقدام به به اشتراک‌گذاری اطلاعات و هماهنگی بین توزیع‌کننده (سازمان غذا و دارو) و مشتریان (مراکز درمانی) خواهد شد. در این سیستم، توزیع‌کننده مسئول تصمیم‌گیری پیرامون تصممیات کلیدی اندازه و زمان‌بندی سفارش است. تبادل الکترونیکی داده‌های سیستم موجودی در لحظه مابین سازمان غذا و دارو (توزیع‌کننده) و مراکز درمانی (مشتریان) بر کارایی و اثربخشی تصمیمات اثرمعنادار خواهد داشت. برای نمونه، با کسب اطلاعات دقیق از میزان و پراکندگی موجودی در مراکز درمانی شاهد کاهش در خطا در برآور تقاضا و درنهایت تعدیل شدن آثار همچون اثر شلاقی در سطح شبکه تامین و توزیع (زنجیره تامین اقلام دارویی) خواهیم بود. این در حالی است که با توجه به مدیریت واحد موجودی مراکز درمانی توسط توزیع‌کننده و درنهایت تجمیع سفارش‌‌ها در سطح توزیع‌کننده، مزایای متنوعی را در تعامل با شبکه تامین شامل شرکت‌های پخش دارویی برای توزیع‌کننده مانند استفاده از تسهیلات در خرید (مانند تخفیف) به همراه خواهد داشت.

برای این منظور، هدف از مدل پیشنهادی با در نظر گرفتن سیستم موجودی مبتنی بر مدیریت توزیع‌کننده در شبکه بهداشت و درمان عبارت است از حداقل نمودن هزینه‌های مدیریت موجودی شامل هزینه‌های خرید، سفارش‌دهی، نگهداری و جریان برگشتی (اقلام فاسد شده) در طی دوره برنامه‌ریزی. از این‌رو، جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی در ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت موجودی پیشنهادی با هدف دست‌یابی به یک شبکه پایدار در نظر گرفته شده است. مجموعه متنوعی از تامین‌کنندگان مانند شرکت‌های پخش، تولیدکننده اقلام دارویی و داروخانه‌ها در سطح تامین‌کننده برای سازمان غذا و دارو در نظر گرفته شده‌‌اند. شرکت‌های پخش و تولیدکنندگان اقلام دارویی به عنوان تامین‌کنندگان اصلی و داروخانه‌ها به عنوان تامین‌کنندگان پشتیبان در شرایط بحرانی در نظر گرفته می‌شوند. در سطح دیگر، مراکز درمانی شامل بیمارستان‌ها، اورژانس و خانه‌های بهداشت روستایی در سطح مشتریان در شبکه قرار گرفته‌اند. سازمان غذا و دارو در نقش توزیع‌کننده انحصاری اقدام به مدیریت موجودی در سطح مشتریان به صورت یکپارچه می‌نماید. تصمیمات کلیدی اندازه سفارش، زمان‌بندی سفارش و موجودی اطمینان توسط توزیع‌کننده اتخاذ می‌گردد. شایان به ذکر است که با توجه به اهمیت اقلام دارویی، تقاضای مراکز درمانی توسط معاونت غذا و دارو در طی افق برنامه‌ریزی در سطح خدمت مطلوب می‌بایتس برآورده شود. سازمان غذا و دارو با مدیریت موجودی کالا موظف است در صورت هرگونه کمبود در تأمین دارو آن را از به قید فوریت با خرید از منابع تامین و حتی با هزینه خرید بالاتر تامین نماید. با توجه به طیف متنوعی از اقلام دارویی با ارزش و میزان مصرف متفاوت در شبکه بهداشت و درمان، نیاز است تا ابتدا اقدام به دسته‌بندی اقلام موجودی شده و سپس برای هر دسته سیاست موجودی مناسب ارایه گردد. برای این منظور از تحلیل ABC استفاده خواهد شد. درنهایت، مدل پیشنهادی برای اقلام قرارگرفته شده در دسته A با توجه به اهمیت بالای آن‌ها پیاده‌سازی خواهد شد. مجموعه محدودیت‌های ظرفیت تامین‌کنندگان، ظرفیت نگهداری در سطوح توزیع‌کننده ومشتریان، دوره عمر محدود اقلام دارویی و بودجه برای مدیریت سیستم موجودی در نظر گرفته شده است. پیشنهادهای تخفیف در قیمت اقلام دارویی تحت تاثیر سطوح اندازه سفارش با توجه به تجمیع برنامه‌ریزی در سطح توزیع‌کننده نیز در نظر گرفته شده است. علاوه بر آن دو جریان مستقیم و برگشتی در سیستم مدیریت موجودی در نظر گرفته شده است. اقلام دارویی فاسد شده به سازمان غذا و دارو جهت امحا تحویل داده خواهد شد. در سطح مراکز درمانی با عدم قطعیت در تقاضا برای دریافت اقلام دارویی مواجه هستیم. از سوی دیگر، ظرفیت نگهداری و ظرفیت منابع تامین در تسهیلات تحت تاثیر عوامل گوناگون همانند بروز اختلال و حوادث طبیعی می‌تواند تحت تاثیر عدم‌قطعیت قرار گیرد. درنهایت، برای نمایش عدم قطعیت حاض در فضای برنامه‌ریزی از رویکرد برنامه‌ریزی استوار سناریو محور استفاده خواهد شد. در مدل پیشنهادی محدودیت شبکه حمل‌نقل شامل ظرفیت و زمان حمل نادیده گرفته شده است. همچنین فرض بر آن است که نظم سیستم موجودی مبتنی بر رویکرد [[1]](#footnote-1)FIFO خواهد بود. در خرید اقلام دارویی توسط سازمان غذا و دارو تلاش می‌گردد تا اقلام در ابتدای دوره عمر خریداری گردند (با هدف استفاده از حداکثر دوره عمر نگهداری). علاوه بر آن، هزینه‌های حمل از منابع تامین تا توزیع‌کننده بر عهده تامین‌کنندگان بوده و تنها هزینه‌های حمل‌ونقل از توزیع‌کننده تا مشتریان در شبکه بهداشت و درمان مدنظر قرار خواهد گرفت. هزینه‌های حمل‌ونقل برای اقلام دارویی گوناگون با توجه به شرایط ویژه حمل مانند حفظ دما، رطوبت، نور و غیره متفاوت خواهد بود. این مساله، تفاوت در هزینه‌های نگهداری برای اقلام دارویی متنوع را نیز به همراه خواهد داشت.

# 1.3. نمادها

در این بخش به معرفی نمادها و سپس مدل ریاضی توسعه داده‌شده برای مدیریت موجودی اقلام فسادپذیر در شبکه بهداشت و درمان مبتنی بر سیستم موجودی با مدیریت توزیع‌کننده پرداخته شده است.

* **مجموعه‌ها**

I: مجموعه تامین‌کنندگان

J: مجموعه مراکز درمانی

G: مجموعه اقلام دارویی

L: مجموعه دوره‌های عمر اقلام دارویی

T: مجموعه دوره‌های برنامه‌ریزی

M: مجموعه نقاط شکست

S: مجموعه سناریوها،

* **پارامترها**

CFit: هزینه ثابت انتخاب تامین‌کننده i در دوره t،

CSgiot: هزینه تامین واحد کالا قلم دارویی g از تامین‌کننده i تحت سیاست تخفیف o در دوره t،

CS’git: هزینه تامین فوری واحد کالا قلم دارویی g از تامین‌کننده i در دوره t،

CTgjt: هزینه حمل‌و‌نقل واحد کالا قلم دارویی g از توزیع‌کننده به مرکز درمانی j در دوره t،

Omgl: درصد تخفیف کالای قلم دارویی g از تامین کننده l با مجموعه نقاط شکست m ،

VI (1)g: سطح موجودی انبار از داروی g در ابتدای افق زمانی،

DSgl: هزینه نگهداری داروی g با طول عمر l در انبار توضیع،

CHgjt: هزینه نگهداری واحد کالا قلم دارویی g توسط مرکز درمانی j در دوره t،

CLgjt: هزینه کمبود واحد کالا قلم دارویی g در مرکز درمانی j در دوره t،

CRgjt: هزینه بازگشت واحد کالا قلم دارویی g از مرکز درمانی j به توزیع‌کننده در دوره t،

DEMgjts: تقاضا برای قلم دارویی g در مرکز درمانی j در دوره زمانی t تحت سناریو s،

CAPHjts: ظرفیت نگهداری مرکز درمانی j برای اقلام دارویی در دوره t تحت سناریو s،

CAPDjs: ظرفیت نگهداری توزیع‌کننده برای اقلام دارویی در دوره t تحت سناریو s،

CAPSigts: ظرفیت تامین‌کننده i برای تامین قلم دارویی g در دوره زمانی t تحت سناریو s،

$SS\_{gjts}^{min}$: حداقل موجودی اطمینان برای قلم دارویی g در مرکز درمانی j در دوره زمانی t تحت سناریو s،

PIgjtl: سطح موجودی قلم دارویی g در مرکز درمانی j در دوره زمانی t با طول عمر l ،

PI’gj: سطح موجودی قلم دارویی g در انبار توزیع‌کننده در دوره زمانی t،

* **متغیرها**

sigit­: متغیر باینری انتخاب تامین‌کننده i برای قلم دارویی g در دوره زمانی t،

dglt: متغیر باینری حفظ نظم FIFO در پاسخ به تقاضا با استفاده از موجودی در اختیار برای قلم دارویی g با دوره عمر l در دوره زمانی t،

qgilt: میزان قلم داروی g خریداری شده از تامین‌کننده i با دوره عمر l در دوره زمانی t،

egilt: میزان قلم داروی g خریداری شده به صورت فوری از تامین‌کننده i در دوره زمانی t،

hgilts: میزان قلم دارویی g باقیمانده در انبار توزیع‌کننده با دوره عمر l در دوره زمانی t تحت سناریوی s ،

q’gjlts: میزان قلم داروی g انتقال داده شده از توزیع‌کننده به مرکز درمانی j با دوره عمر l در دوره زمانی t تحت سناریوی s ،

h’gjlts: میزان قلم دارویی g باقیمانده در انبار مرکز درمانی j با دوره عمر l در دوره زمانی t تحت سناریوی s ،

q’’gjts: میزان قلم داروی g برگشت‌داده شده از مرکز درمانی j با دوره عمر l در دوره زمانی t تحت سناریوی s ،

amhgi: هزینه خرید داروی تاریخ گذشته g از تامین کننده i ،

Sadjts: تخمین داروی مورد نیاز مرکز j در دوره t در سناریوی s،

Stg: حداقل دارویی مورد نیاز مصرفی g در مرکز درمانی j در دوره زمانی t ،

# 2.3. مدل ریاضی

# در این بخش مدل ریاضی جدید توسعه داده‌شده برای مساله مدیریت موجودی استوار كالاهاي فسادپذير تحت عدم قطعيت مبتنی بر مدیریت توزیع‌کننده با مورد مطالعه: در زنجیره تامین دارو ارایه شده است.

**تابع هدف**

در تابع هدف فرمول$\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{s}^{}(CT\_{git}.q'\_{gilts})$ با ضرب هزینه ثابت در میزان انتقال قلم داروی g از توزیع کننده به مرکز درمان هزینه کل انتقال دارو g بدست می آید همچنین برای بدست آوردن هزینه کل داروهای تاریخ گذشته از فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{s}^{}(CR\_{git}+AMH\_{gi})q''\_{gjts})$ و برای بدست آوردن کل هزینه تامین فوری دارو از قلم g از فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{t}^{}(CS'\_{git}+CL\_{git}).e\_{gilt})$ استفاده شده است و هزینه کل نگهداری دارو در مرکز درمانی با فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{j}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{s}^{}(CH\_{git}.h^{'}\_{gjlts})$ محاسبه گردیده همچنین کل هزینه نگهداری در مرکز توزیع با فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{s}^{}(DS\_{gt}.h\_{gilts})$ و با استفاده از فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}(CF\_{it}.SI\_{git})$ کل هزینه انتخاب تامین کننده بدست می اید هزینه کمبود باتوجه به فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{j}^{}\sum\_{t}^{}(CL\_{git}.S\_{tg})$ و کل هزینه تامین دارو از فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{o}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{l}^{}(CS\_{giot}.q\_{gilt})$ و در نهایت کل تخفیف را با فرمول $\sum\_{g}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{m}^{}(q\_{glit}.O\_{mgl}.δ\_{mgl})$

محاسبه میگردد.

**1)**

$$\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{s}^{}(CT\_{git}.q'\_{gilts})+\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{s}^{}(CR\_{git}+AMH\_{gi})q''\_{gjts})+\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{t}^{}(CS'\_{git}+CL\_{git}).e\_{gilt})+\sum\_{g}^{}\sum\_{j}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{s}^{}(CH\_{git}.h^{'}\_{gjlts})+(\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{s}^{}(DS\_{gt}.h\_{gilts})+\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}(CF\_{it}.SI\_{git})+\sum\_{g}^{}\sum\_{j}^{}\sum\_{t}^{}(CL\_{git}.S\_{tg})+\sum\_{g}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{o}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{l}^{}(CS\_{giot}.q\_{gilt})+\sum\_{g}^{}\sum\_{l}^{}\sum\_{i}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{m}^{}(q\_{glit}.O\_{mgl}.δ\_{mgl})$$

**محدودیت ها:**

**درمحدودیت شماره 2 نشان داده شده است که همیشه تعداد قلم دارو های خریداری شده از تامیین کننده i با طول عمر l در دوره زمانی t باید کمتر و یا مساوی ظرفیت تامین کننده باشد.**

**2)**

$$\sum\_{x}^{}q\_{gilt}\leq CAPS\_{igts}$$

$$q\_{gilt}\geq B\_{mgl}-μ(1-δ\_{mgl})$$

$$q\_{gilt}\leq B\_{mgl}+μ(δ\_{mgi})$$

در محدودیت شماره 3 نشان داده میشود که تمامی اقلام دارویی ارسال شده به مرکز درمانی باید تازه و با عمر 1 باشند.

3)

qgilt=0 $ ∀i\ne 1 ∀i\in I ∀l\in L ∀t\in T $

برای اطمینان از رعایت سیاست FIFO در انبار مرکز درمانی متغیر باینری SIgit تعریف شده است که در معادله شماره (4) نشان داده شده است.

4)

 SIgit $\geq $SI(g-1)it  $∀g\in G ∀t\in T$

همچنین داریم:

5)

SI (0)it = 0 $∀i\in I ∀t\in T$

برای بدست آوردن میزان تقاضای احتمالی مرکز درمانی از محدودیت شماره (6) استفاده میکنیم

**6)** $$Sad\_{jis}=\sum\_{O}^{}\sum\_{E}^{}\sum\_{O}^{}((PI^{'}\_{\left(g-1\right)\left(t-1\right)}+q'\_{gjlts}).ST\_{git}-h^{'}\_{gilt})+S\_{tg}$$

**7)** $$Sad\_{jis}-\sum\_{g}^{}\sum\_{t}^{}\sum\_{l}^{}((PI^{'}\_{\left(g-1\right)\left(t-1\right)}+q'\_{gjlt})\leq S\_{tg}$$

*8)*

*pIg(0)l* = VIl(1)g  $∀p\in P ∀l\in L ∀g\in G$

9)

p(0)tg = 0 $∀p\in P ∀t\in T$

10)

(dglt – d(l-1)g)(PIg(l-1)(t-1) + q’gjlt) $\geq $ hgilt

11)

PIglt = (1-dglt)(gi(l-1)(t-1) + q’­­­­gjlt) $\geq $ hgilt  $∀j\in J ∀p\in P ∀t\in T ∀l\in L$

12)
$$\sum\_{L}^{}\sum\_{E}^{}\sum\_{L}^{}PI\_{glt}\geq SS^{min}\_{gjts} ∀g\in G ∀j\in J ∀t\in T ∀s\in S$$

13)

q’’gjt =PIgt(1) $∀j\in J ∀t\in T ∀g\in G$

14)

PIgtl , q’gjlt , hgjlt $ \geq $0 $∀g\in G ∀t\in T ∀l\in L ∀j\in J $

15)

dglt $\in $(0,1) $∀g\in G ∀l\in L ∀t\in T$

16)

q’’gjt , Stg  $\geq $ 0 $∀t\in T ∀g\in G ∀j\in J$

محدودیت شماره (17) نشان میدهد که مقدار باقی مانده دارو از دوره قبل بعلاوه میزان خرید داروی جدید باید کمتر از انبار توضیع باشد.

17)

hgil(t-1) +qgilt $\leq $CAPDjs

محدودیت شماره (18) نشان میدهد مقدار باقی مانده دارو از دوره قبل بعلاوه میزان داروی ارسالی از توزیع کننده کمتر و مساوی ظرفیت انبار مرکز درمانی باشد.

18)

h’gil(t-1) + q’gilt $\leq $ CAPHjts

محدودیت شماره (19) مجموع موجودی دارو g باقی مانده از دوره قبل بعلاوه میزان داروی خریداری شده از تامین کننده برابر با مجموع موجودی باقی مانده در دوره t بعلاوه میزان قلم داروی g انتقال داده شده از توزیع‌کننده به مرکز درمانی باشد.

19)

$$\sum\_{t}^{}q\_{gilt}+h\_{\left(t-1\right)gil}= q'\_{gilt}+h\_{gilt}$$

ند.

# 4. تحليل و ارزيابي

در انتها با آزمایشات شبیه سازی مونت کارلو نتایج آزمایشات بر روی یک مطالعه موردی واقعی، تحت تقاضای معین، میزان بازدهی مدل VMI را در کاهش میزان داروی منقضی شده، بدون کاهش رضایت در مشتری (بیمارستان)را نشان می‌دهیم.

مدلهای VMI با در نظر گرفتن یک تقاضای قطعی که در داده های بایگانی شده معاونت غذا و دارو موجود است ، حل می شوند. در حالی که ، تقاضای بیمارستان یک پارامتر ناشناخته است که معاونت غذا و دارو از قبل در مورد آن اطمینان ندارد.

فرایند شبیه سازی را در شکل 3 میتوان مشاهده کرد.



شاخص، پارامتر ها و متغیر های تصمیم برای مدل ریاضی یک سیستم مدیریت کنترل موجودی توسط فروشنده در زنجیره تامین دارویی:

در اینجا ، با الهام از تحقیقات اخیر انجام شده توسط گانپینار و سنتنو [14،31] ، ما یک مدل برنامه ریزی غیر خطی عدد صحیح مختلط (MINLP) را برای پیاده سازی سیستم VMI در زنجیره تامین دارویی که قبلاً توضیح داده شد ، پیشنهاد می دهیم.

مجموعه های شاخص:

# 1.4. مورد مطالعه

معاونت غذا و دارو یکی از معاونت های دانشگاه علوم پزشکی بوده که وظیفه نظارت بر داروخانه ها و بیمارستان های زیر مجموعه دانشگاه علوم پزشکی را بر عهده دارد. همچنین وظیفه تهیه و توزیع دارو و تجهیزات پزشکی بیمارستان ها ، ارژانس 115 ، خانه های بهداشت روستایی و.. را نیز بر عهده دارد. از دیگر وظایف این معاونت جمع اوری دارو های تاریخ مصرف گذشته و معدوم نمودن انها میباشد.

معاونت غذا و دارو با بررسی نیاز دارویی ارگان های ذکر شده اقدام به خرید از شرکت های دارویی کرده و این دارو ها را در انبار های خود نگهداری می کند و هنگامی که ارگان های یاد شده نیاز به دوباره پر کردن انبار داروهای خود داشته باشند دارو های از انبار معاونت غذا و دارو برای انها ارسال میگردد.

همان گونه گه پیش تر بیان شده بود به دلیل اهمیت داروها در نجات جان انسان ها و متقیر بودن تقاضا دارو در بازه های زمانی متفاوت در صورت خرید دارو کمتر از مقدار مصرف و بروز افزایش تقاضای ممکن است با کسری دارو و درصورت کاهش تقاضا با مازاد دارو و در نتیجه منقضی شدن دارو ها رو برو شویم.

در این تحقیق ما بیمارستان را به عنوان مشتری و معاونت غذا دارو را به عنوان توزیع کننده در نظر میگیریم و سعی بر این داریم تا مدیریت موجودی را طوری بهینه کنیم که نه با کسری و یا با مازاد آن مواجه شویم.

# 2.4. نتايج تحليل

# 3.4. تحليل حساسيت

# 4.4. پيشنهادهاي مديريتي

# 5. نتيجه‌گيري

# 6. منابع

[1] S. Kumar, E. Dieveney, A. Dieveney, Reverse logistic process control measures for the pharmaceutical industry supply chain, Int. J. Product. Perform. Manag. 58 (2) (2009) 188–204.

[2] J.M. Laínez, E. Schaefer, G.V. Reklaitis, Challenges and opportunities in enterprise-wide optimization in the pharmaceutical industry, Comput. Chem. Eng. 47 (2012) 19–28.

[3] S. Nahmias, Perishable inventory theory: A review, Oper. Res. 30 (4) (1982) 680–708.

[4] R. Haijema, Optimal ordering, issuance and disposal policies for inventory management of perishable products, Int. J. Prod. Econ. 157 (2014) 158–169.

[5] R. Uthayakumar, S. Priyan, Pharmaceutical supply chain and inventory management strategies: Optimization for a pharmaceutical company and a hospital, Oper. Res. Health Care 2 (3) (2013) 52–64.

[6] Z. Shen, M. Dessouky, F. Ordóñez, Perishable inventory management system with a minimum volume constraint, J. Oper. Res. Soc. 62 (12) (2011) 2063–2082.

[7] I.Z. Karaesmen, A. Scheller-Wolf, B. Deniz, Managing perishable and aging inventories: review and future research directions, in: Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise, Springer, 2011, pp. 393–436.

[8] D. Weraikat, M.K. Zanjani, N. Lehoux, Coordinating a green reverse supply chain in pharmaceutical sector by negotiation, Comput. Ind. Eng. 93 (2016) 67–77.

[9] D. Weraikat, M.K. Zanjani, N. Lehoux, Two-echelon pharmaceutical reverse supply chain coordination with customers incentives, Int. J. Prod. Econ. 176 (2016) 41–52.

[10] M. Waller, M.E. Johnson, T. Davis, Vendor-managed inventory in the retail supply chain, J. Bus. Logist. 20 (1999) 183–204.

[11] S.M. Disney, D.R. Towill, Vendor-managed inventory and bullwhip reduction in a two-level supply chain, Int. J. Oper. Prod. Manag. 23 (6) (2003) 625–651.

[12] S. Goyal, B.C. Giri, Recent trends in modeling of deteriorating inventory, European J. Oper. Res. 134 (1) (2001) 1–16.

[13] J. Chapman, C. Hyam, R. Hick, Blood inventory management, Vox Sanguinis 87 (s2) (2004) 143–145.

[14] S. Gunpinar, G. Centeno, Stochastic integer programming models for reducing wastages and shortages of blood products at hospitals, Comput. Oper. Res. 54 (2015) 129–141.

[15] I. Civelek, I. Karaesmen, A. Scheller-Wolf, Blood platelet inventory management with protection levels, European J. Oper. Res. 243 (3) (2015) 826–838.

[16] J. Beliën, H. Forcé, Supply chain management of blood products: A literature review, European J. Oper. Res. 217 (1) (2012) 1–16.

[17] M. Önal, H.E. Romeijn, A. Sapra, W. van den Heuvel, The economic lotsizing problem with perishable items and consumption order preference, European J. Oper. Res. 244 (3) (2015) 881–891.

[18] A. Alftan, R. Kaipia, L. Loikkanen, K. Spens, Centralised grocery supply chain planning: improved exception management, Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manage. 45 (3) (2015) 237–259.

[19] M.A. Kaasgari, D.M. Imani, M. Mahmoodjanloo, Optimizing a vendor managed inventory (vmi) supply chain for perishable products by considering discount: Two calibrated meta-heuristic algorithms, Comput. Ind. Eng. 103 (2017) 227–241.

[20] Y.-M. Lee, S. Mu, Z. Shen, M. Dessouky, Issuing for perishable inventory management with a minimum inventory volume constraint, Comput. Ind. Eng. 76 (2014) 280–291.

[21] G.P. Cachon, M. Fisher, Supply chain inventory management and the value of shared information, Manage. Sci. 46 (8) (2000) 1032–1048.

[22] M.J. Claassen, A.J. Van Weele, E.M. Van Raaij, Performance outcomes and success factors of vendor managed inventory (VMI), Supply Chain Manag.: Int. J. 13 (6) (2008) 406–414.

[23] G. Marquès, C. Thierry, J. Lamothe, D. Gourc, A review of vendor managed inventory (VMI): from concept to processes, Prod. Plan. Control 21 (6) (2010) 547–561.

[24] A.B. Borade, G. Kannan, S.V. Bansod, Analytical hierarchy process-based framework for VMI adoption, Int. J. Prod. Res. 51 (4) (2013) 963–978.

[25] K. Govindan, Vendor-managed inventory: a review based on dimensions, Int. J. Prod. Res. 51 (13) (2013) 3808–3835.

[26] Y. Dong, K. Xu, M. Dresner, Environmental determinants of VMI adoption: An exploratory analysis, Transp. Res. Part E 43 (4) (2007) 355–369.

[27] S. Çetinkaya, C.-Y. Lee, Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems, Manage. Sci. 46 (2) (2000) 217–232.

[28] Q.-H. Zhao, T.E. Cheng, An analytical study of the modification ability of distribution centers, European J. Oper. Res. 194 (3) (2009) 901–910.

[29] M. Ketzenberg, M.E. Ferguson, Managing slow-moving perishables in the grocery industry, Prod. Oper. Manage. 17 (5) (2008) 513–521.

[30] S.H. Stanger, Vendor managed inventory in the blood supply chain in germany: Evidence from multiple case studies, Strateg. Outsourcing: Int. J. 6 (1) (2013) 25–47.

[31] S. Gunpinar, G. Centeno, An integer programming approach to the bloodmobile routing problem, Transp. Res. Part E 86 (2016) 94–115.

[32] G. Candan, H.R. Yazgan, A novel approach for inventory problem in the pharmaceutical supply chain, DARU J. Pharm. Sci. 24 (1) (2016) 4.

[33] S. Krichanchai, B.L. MacCarthy, The adoption of vendor managed inventory for hospital pharmaceutical supply, Int. J. Logist. Manag. 28 (3) (2017) 755\_780.

[34] A.F. De Toni, E. Zamolo, From a traditional replenishment system to vendor-managed inventory: A case study from the household electrical appliances sector, Int. J. Prod. Econ. 96 (1) (2005) 63–79.

[35] F. Glover, Improved linear integer programming formulations of nonlinear integer problems, Manage. Sci. 22 (4) (1975) 455–460.

[36] J.A. Cooke, VMI: very mixed impact?, Logist. Manag. Distrib. (1998).

[37] R.Y. Rubinstein, D.P. Kroese, Simulation and the Monte Carlo Method, John Wiley & Sons, 2016.

1. FIFO (First-in-First-out) [↑](#footnote-ref-1)