

دسترسی در سایت <http://jnrm.srbiau.ac.ir>

سال ششم، شماره بیست و ششم، مهر و آبان ۱۳۹۹

شماره شاپا: ۵۸۸-۲۵۸۸۸

**JNRM**  
دانشگاه آزاد اسلامی

پژوهش‌های نوین در ریاضی



دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

# طراحی یک شبکه زنجیره تامین داروی دو هدفه در حالت عدم قطعیت با در نظر گرفتن زمان فسادپذیری، تولید و تحویل دارو

میثم جعفری اسکندری<sup>۱\*</sup>، مهرداد مختاری سقین سرا<sup>۲</sup>، محمد عباسی فرد<sup>۳</sup>

(<sup>۱</sup>) استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(<sup>۲</sup>) گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ ارسال مقاله: ۹۸/۰۴/۱۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۷/۲۱

## چکیده

در این مقاله یک شبکه زنجیره تامین داروی دو هدفه در حالت عدم قطعیت پارامترهای هزینه‌های حمل و نقل و تقاضای مدل‌سازی و توسعه داده شده است. برای کنترل پارامترهای غیر قطعی از روش بهینه‌سازی استوار بهره گرفته شده است. هدف اصلی این مقاله تعیین تعداد و مکان بهینه تسهیلات بالقوه از جمله مراکز تولید کننده دارو و مراکز توزیع دارو با در نظر گرفتن کاهش هزینه‌های طراحی شبکه زنجیره تامین و کاهش حداکثر تقاضای برآورده نشده از توزیع کالا به مناطق تقاضا می‌باشد. همچنین در این مقاله زمان تولید، تحویل و فسادپذیری دارو نیز در مدل‌سازی مدنظر قرار گرفته است. برای حل این مدل یک مثال عددی تولید و با روش تصمیم‌گیری چند هدفه TH به حل مدل پرداخته شده است. نتایج بدست آمده حاکی از کارایی این مدل در یافتن جواب پارتو در زمان مناسب می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** طراحی شبکه زنجیره تامین، فسادپذیری زمانی دارو، زمان تولید و تحویل دارو، بهینه‌سازی استوار.

## ۱- مقدمه

اهمیت توجه به زنجیره تأمین دارویی را می‌توان از تغییر رفتار مدیران در توجه به بحث بهینه‌سازی در زنجیره تأمین جستجو کرد؛ به طوری که قبل از آن بیشتر به کشف دارو، فروش و بازاریابی می‌پرداختند. رقابت‌پذیری یکی از مهم‌ترین عوامل در پیشرفت صنایع تلقی می‌شود و صنعت دارو نیز از این امر مستثنا نیست. اهمیت رقابت‌پذیری در این بخش به گونه‌ای است که دولت تلاش می‌کند که آن را با نرخ رشد اقتصادی متعادل کند. علاوه بر رقابت‌پذیری، بالا بودن قیمت دارو می‌تواند به عنوان یکی از عواملی که همواره خدمات پزشکی را مورد تهدید قرار می‌دهد و بیماران کم‌بضاعت را با مشکل مواجه می‌کند، بیان شود. هزینه بالای تولید دارو و افزایش پیوسته آن به عنوان یک نگرانی جهانی مطرح است. از طرف دیگر، این حوزه باید قادر باشد تا با بیشترین سرعت نیازهای دارویی جامعه را پوشش دهد. این موضوع نیاز به یک مدل ریاضی زنجیره تأمین دارو را ضروری می‌کند. لذا در این تحقیق به این مسئله مهم و حیاتی پرداخته شده است تا با ارائه مدل‌های ریاضی در شرایط قطعیت و عدم قطعیت بتواند در تسهیل انتقال دارو، برآورده کردن تقاضای دارویی و کاهش هزینه‌ها برآید.

صنعت داروسازی، حوزه بهداشت و درمان در هر کشوری یکی از پراهمیت‌ترین حوزه‌ها می‌باشد و به عنوان یک سیستم متشکل از فرآیندها، عملیات و سازمان‌های درگیر در کشف، توسعه و تولید مواد مخدر و داروها تعریف شده است. در این میان زنجیره تأمین در حوزه دارو یکی از مهم‌ترین موضوعات استراتژیک در صنعت داروسازی و بهداشت و درمان مطرح است؛ چراکه هزینه‌های زنجیره تأمین تأثیر مستقیمی بر هزینه‌های اقلام دارویی دارد. زنجیره تأمین دارو به معنای مسیری است که از طریق آن محصولات دارویی با کیفیت مناسب در مکان و زمان مناسب در بین مصرف‌کنندگان نهایی توزیع می‌شوند [۱]. در گذشته شرکت‌های داروسازی مفهوم مدیریت زنجیره تأمین دارو را نادیده می‌گرفتند؛ اما در حال حاضر عوامل متعددی شرکت‌های داروسازی را به تغییر روش‌های مرسوم کسب‌وکار خود سوق می‌دهد که یکی

از این عوامل زنجیره تأمین است و در حال تبدیل شدن به یک مزیت رقابتی است. یکی از مهم‌ترین مزیت‌های رقابتی که می‌توان برای این حوزه مطرح کرد، برطرف کردن و پوشش دادن نیازهای دارویی جامعه با بیشترین سرعت، دقت و با کمترین هزینه است. از این رو معیارهای مدیریت تولید و لجستیک، توانایی مالی، مدیریت دانش و فناوری، توانایی بازار و رقابت بین سازمانی و صنعتی در این حوزه مورد توجه قرار گرفته است. بیشتر تحقیقاتی که در زمینه زنجیره تأمین دارو صورت گرفته در حوزه قوانین مربوط به ایمنی و اثربخشی است. در مسائل زنجیره تأمین دارو به ندرت به مسئله برنامه‌ریزی اصلی پرداخته شده است. وظیفه اصلی برنامه‌ریزی اصلی تعیین مقدار تأمین، تولید و توزیع امکانات در رده‌های مختلف زنجیره تأمین در یک دوره میان مدت می‌باشد [۲].

با وجود تمام پیشرفت‌ها و بهبود در روش‌های تولید، ذخیره‌سازی و توزیع، شرکت‌های دارویی هنوز هم به طور قابل توجهی از اثربخشی ارضای تقاضای بازار دور هستند و هزینه هنگفتی از بابت تأمین دارو پرداخت می‌کنند. از این رو طراحی یک شبکه زنجیره تأمین دارو که بتواند به همه نیازهای دارویی جامعه به نحوی پاسخ دهد که همه هزینه تحمیل شده به زنجیره تأمین کمینه شود و از سویی تقاضای مشتریان از داروهای مختلف برطرف گردد، ضروری به نظر می‌رسد. با این حال، به دلیل وجود مشکلاتی در غیردقیق بودن اطلاعات موجود از تقاضای دارویی کشور، فضای رقابتی زنجیره تأمین در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و تاکتیکی خود با مشکل جدی مواجه شده است. همچنین از سویی با وجود فسادپذیری دارو و عمر کوتاه برخی داروها، بایستی کنترل دقیق در میزان سفارش و همچنین توزیع و تولید آن‌ها صورت پذیرد تا بتوان هم هزینه امحاء دارو رو کاهش داد و هم تقاضای مشتری را برآورد نمود.

## ۲- پیشینه تحقیق

یک زنجیره تأمین معمولاً به عنوان یک فرایند یکپارچه از یک گروه از سازمان‌ها، مانند تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان و خرده‌فروشان در نظر گرفته می‌شود که باهم برای پوشش و پشتیبانی مواد

اعضا تحت عدم قطعیت برخی از داده‌ها ارائه کردند. آن‌ها از حداقل سازی هزینه‌های کل جهت بالا بردن تأثیر طراحی شبکه‌ی موردنظرشان استفاده و کارایی مدل خود را بر اساس زنجیره تأمین پیوند اعضای ایران بررسی نمودند [۷]. جبارزاده و همکاران یک مدل طراحی شبکه پویا برای زنجیره تأمین خون در حوادث توسعه دادند که در آن به دلیل ماهیت نامشخص پارامترهای ورودی از روش بهینه‌سازی استوار استفاده شد [۸]. موسی زاده و همکاران بیان کردند ماهیت دینامیکی و غیرقطعی بودن از کمیت و کیفیت محصولات تولیدشده در شبکه صنایع دارویی، موجب یک درجه بالایی از عدم قطعیت در داده‌های موردنیاز موقع طراحی شبکه زنجیره‌های تأمین می‌شود [۹].

موسی زاده و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط دو هدفه برای مسئله طراحی شبکه زنجیره تأمین دارویی توسعه دادند. مدل به تصمیم‌گیری درباره موضوع استراتژیک همچون تأسیس مراکز تولید دارویی و مراکز توزیع عمده/محلی به همراه موضوع تاکتیکی مانند بهینه جریان مواد در طول یک برنامه‌ریزی میان‌مدت، اشاره می‌کند [۱۰]. زهیری و همکاران یک مدل بهینه‌سازی استوار امکانی دو هدفه برای طراحی شبکه زنجیره تأمین خون توسعه دادند. هدف اول این مدل کاهش هزینه‌های کل شبکه و تابع هدف دوم بیشینه کردن تقاضای برآورده نشده است. همچنین آن‌ها برای حل مدل دو هدفه خود از روش ترابی-حسینی استفاده کردند [۱]. مارتینز و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط باهدف کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین دارو ارائه کردند. آن‌ها ۳ سطح مشتری-عمده فروش و تأمین‌کننده را در طراحی مدل خود استفاده کردند. درنهایت یک روش بهینه‌سازی شبیه‌سازی برای حل مدل خود پیشنهاد دادند [۱۱]. زهیری و همکاران یک مدل شبکه زنجیره تامین دارو دو هدفه در حالت عدم قطعیت فساد پذیری طراحی کردند. آنها در این مدل هزینه های انتقال دارو، هزینه‌های نگهداری را به صورت غیر قطعی در نظر گرفتند و با استفاده از روش فازی بدبینانه-خوشبینانه، سعی در کنترل پارامترهای غیر قطعی بر آمدند [۱۲].

اولیه به محصولات نهایی و توزیع آن‌ها به مشتریان نهایی باهم کار می‌کنند. طراحی شبکه زنجیره تأمین، به‌عنوان یکی از مسائل تصمیم‌گیری کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین شناخته می‌شود که نقش بسیار مهمی در عملکرد زنجیره تأمین دارد. با در نظر گرفتن کارهای تحقیقاتی منتشرشده بر روی طراحی شبکه زنجیره تأمین، تنها یک تعداد محدودی از این مطالعات به‌طور مستقیم با بخش دارویی سروکار دارد. باوجود تمام پیشرفت‌ها و بهبود در روش‌های تولید، ذخیره‌سازی و توزیع، شرکت‌های دارویی هنوز هم به‌طور قابل‌توجهی از اثربخشی ارضای تقاضای بازار دور هستند؛ بنابراین این زنجیره تأمین‌های دارویی کاملاً نیازمند دریافت کمک از تکنیک‌های بهینه‌سازی اثربخش هستند. پیشوایی و همکاران یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی عدد صحیح آمیخته برای شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته طراحی و از روش بهینه‌سازی استوار برای کنترل عدم قطعیت مدل استفاده کردند [۳]. سوسا و همکاران در یک مقاله دیگر، یک مدل دینامیکی برنامه‌ریزی-تخصیص باهدف بیشینه‌سازی ارزش خالص فعلی در یک شرکت که بر روی زنجیره تأمین دارو جهانی کار می‌کردند پیشنهاد دادند و دو الگوریتم تجزیه متفاوت برای حل مسائل نمونه در سایزهای بزرگ توسعه دادند [۴]. سوسارلا و کریمی یک مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط برای برنامه‌ریزی زنجیره تأمین یکپارچه‌ی صنایع داروسازی چندملیتی ارائه کردند. مدل ارائه‌شده توسط آن‌ها به‌گونه‌ای طراحی شده بود که سود کل زنجیره تأمین را با توجه به برنامه‌ی حمل‌ونقل، تولید و تأمین یکپارچه را با در نظر گرفتن هزینه‌ی نگهداری، مالیات و میزان عمر مواد بیشینه کند [۵]. ژانگ و ژیانگ یک مدل دو هدفه مخروطی درجه دوم عدد صحیح مختلط برای خدمات پزشکی اورژانس سیستم تحت عدم قطعیت ارائه دادند. برای مقابله با پارامترهای عدم قطعیت، آن‌ها یک مدل بهینه‌سازی استوار را توسعه دادند. در این مقاله به تخصیص نقاط تقاضا به خدمات پزشکی اورژانس و همچنین تعداد و مکان از مراکز اورژانس پرداخته‌شده است [۶]. زهیری و همکاران یک مدل جدید برنامه‌ریزی امکانی استوار برای تخصیص و مکان‌یابی مراکز پیوند

به مدل‌های دنیای واقعی نزدیک‌تر بوده و بتواند نیازهای شرکت‌های دارویی را برطرف کند.

لذا یک مسئله یکپارچه‌ای از مدل بهینه‌سازی استوار در طراحی شبکه زنجیره تأمین دارو تحت عدم قطعیت تقاضا، هزینه‌های حمل‌ونقل و نرخ فسادپذیری دارو بررسی خواهد شد. مدل پیشنهادی در این تحقیق تصمیمات استراتژیکی از جمله تأسیس مراکز بالقوه دارویی و تصمیمات تاکتیکی از جمله میزان تخصیص دارو بین مراکز در دوره‌های میان‌مدت را در بر خواهد گرفت.

خلاصه‌ای از ادبیات موضوع و تحقیقات صورت گرفته در جدول (۱) نشان داده شده است.

با توجه به بررسی مرور ادبیات و مدل‌های طراحی شبکه زنجیره تأمین، مدل‌های بسیار کمی در حوزه دارو وجود دارد. همچنین نرخ تقاضا که یکی از مهم‌ترین مسائل در صنعت دارویی کشور است در تحقیقات قبلی به‌طور توأم با زنجیره تأمین بررسی نگردیده است. لذا در این تحقیق تلاش می‌شود تا با کنار گذاشتن برخی محدودیت‌ها، مدل شبکه زنجیره تأمین توسعه‌یافته‌ای طراحی شود که

سطوح مناطق تقاضا دارو    سطوح توزیع کنندگان عمده    سطوح مراکز تولید کننده    سطوح تامین کنندگان دارو

مسیر جریان مواد    \_\_\_\_\_    مسیر جریان اطلاعات    -----

جدول ۱. خلاصه تحقیقات پیشین

مقاله	مرجع	دارو	کالا	نوع	فایده محصولی	فایده دورمدی	فایده هدفه	نوع مدل	پارامترهای عدم قطعیت
اونات و کارا	[۱۳]		*					احتمالی-استوار	تقاضا-نرخ بازگشت
پیشوایی و همکاران	[۳]		x					استوار	تقاضا-نرخ بازگشت
رضانی و همکاران	[۱۴]		x		x		x	احتمالی	تقاضا-نرخ بازگشت-هزینه عملیاتی-کیفیت
ژانگ و امین	[۱۵]		x		x		x	احتمالی	تقاضا-نرخ بازگشت
سلیمانی و همکاران	[۱۶]		x		x			احتمالی	تقاضا-عرضه-قیمت
سوبالان و همکاران	[۱۷]		x		x	x	x	فازی	تقاضا-نرخ بازگشت-هزینه عملیاتی-هزینه حمل‌ونقل
موسی‌زاده و همکاران	[۱۰]	x			x	x	x	فازی-استوار	تقاضا، هزینه حمل‌ونقل-مقدار موجودی اطمینان
جبارزاده و همکاران	[۸]			x	x	x		استوار	عرضه و تقاضا
مارتینز و همکاران	[۱۱]	x			x	x		-	-
<b>مقاله حاضر</b>		x			x	x	x	<b>استوار</b>	<b>تقاضا، هزینه های حمل و نقل</b>

### ۳- بیان مساله و مدل سازی

در این مقاله یک شبکه زنجیره تامین دارو چهار سطحی شامل سطوح تامین کنندگان مواد اولیه دارو، سطوح تولید کنندگان دارو، سطوح توزیع کنندگان عمده دارو و سطوح مناطق تقاضای دارو می باشد. با توجه به شکل (۱)، تامین کنندگان مواد اولیه دارو، مواد اولیه مورد نیاز برای تولید دارو را به مراکز تولید کننده دارو ارسال می نمایند؛ سپس تولید کنندگان دارو با توجه به زمان تولید و فسادپذیری دارو نسبت به تولید و انبار داروهای تولید شده اقدام می کنند و نسبت به تقاضای مشتری، داروهای تولید شده را به مراکز توزیع کننده دارو ارسال می نمایند. مراکز توزیع کننده دارو با توجه به زمان فسادپذیری و زمان تحویل دارو در صورت نیاز تقاضای مشتری را برآورده میکنند و در غیر این صورت داروهای تولید شده را در انبار مراکز خود ذخیره می نمایند. بنابراین در این مقاله، هدف استراتژیک این مقاله مکان یابی و تعیین تعداد مراکز تولید کننده دارو و مراکز توزیع کننده دارو بوده و هدف تاکتیکی آن تعیین مقدار بهینه جریان دارو و مقدار بهینه انباشته موجودی در مراکز تولید کننده دارو و مراکز توزیع کننده دارو به نحوی می باشد که (۱) هزینه های کل طراحی شبکه زنجیره تامین دارو کمینه گردد و (۲) حداکثر تقاضای برآورده نشده از توزیع دارو به مشتریان کمینه شود.

با در نظر گرفتن مفروضات زیر، مسئله شبکه زنجیره

تامین دارو مدل سازی می گردد:

۱. مراکز توزیع کننده عمده دارو به صورت مکان های هاب در نظر گرفته شده اند.
  ۲. تقاضای مناطق مشتری از داروهای فسادپذیر با کمبود در نظر گرفته شده است.
  ۳. هزینه های انتقال بین تسهیلات و تقاضای مناطق به صورت غیر قطعی در نظر گرفته شده است.
  ۴. مکان و تعداد مراکز تولید کننده دارو و مراکز توزیع کننده عمده دارو نا مشخص می باشد.
- برای مدل سازی اندیس، پارامتر و متغیرهای تصمیم گیری مسئله شبکه زنجیره تامین خون به صورت زیر تعریف می شوند:

#### اندیس ها

$i \in \{1, 2, \dots, I\}$	اندیس تامین کننده های اولیه دارو	$i$
$j \in \{1, 2, \dots, J\}$	اندیس مراکز تولید کننده دارو	$j$
$k, k' \in \{1, 2, \dots, K\}$	اندیس توزیع کننده های عمده دارو	$k, k'$
$h \in \{1, 2, \dots, H\}$	اندیس مناطق تقاضای دارو	$h$
$g \in \{1, 2, \dots, G\}$	اندیس دارو	$g$
$t \in \{1, 2, \dots, T\}$	اندیس دوره زمانی	$t$
$r \in \{1, 2, \dots, T\}$	اندیس دوره تولید	$r$
$e \in \{1, 2, \dots, T\}$	اندیس دوره تحویل دارو	$e$



شکل ۱: شبکه پیشنهادی برای زنجیره تامین دارو

دوره $e$ دریافت شده و در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.		<b>پارامترها</b>
مقدار دارو $g$ که بین مراکز توزیع کننده عمده $k$ و $k'$ در دوره $r$ تولید شده، در دوره $e$ دریافت شده و در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.	$V_{k'kgret}$	$F_j$ هزینه ثابت احداث مرکز تولید کننده دارو $j$ $F_k$ هزینه ثابت احداث مرکز توزیع کننده عمده $k$ $H_j$ هزینه نگهداری داروی نهایی در مرکز تولید کننده دارو $j$ $H_k$ هزینه نگهداری داروی نهایی در مرکز توزیع کننده عمده $k$ $Tr_{ij}$ هزینه حمل و نقل از تامین کننده داروی $i$ به مرکز تولید کننده دارو $j$ $Tr_{jk}$ هزینه حمل و نقل از مرکز تولید کننده دارو $j$ به مرکز توزیع کننده عمده $k$ $Tr_{kk'}$ هزینه حمل و نقل مراکز توزیع کننده عمده $k$ و $k'$ $Tr_{kh}$ هزینه حمل و نقل از مرکز توزیع کننده عمده $k$ به دارو مرکز تقاضای دارو $h$ $D_{hgt}$ تقاضای دارو مرکز تقاضای دارو $h$ از دارو $g$ در دوره زمانی $t$ $v_g$ دوره عمر دارو $g$ $Cap_{jg}$ حداکثر ظرفیت تولید کننده دارو مرکز تولید کننده دارو $j$ از داروی $g$ $Cap_{kg}$ حداکثر ظرفیت آزمایش مرکز توزیع کننده عمده $k$ از داروی $g$
مقدار داروی $g$ در دوره زمانی $t$ که برای مرکز تقاضای دارو $h$ برآورده نشده است.	$B_{hgt}$	
سطح موجودی از دارو $g$ در مرکز تولید کننده دارو $j$ در دوره زمانی $t$ که در دوره $r$ تولید شده است.	$In_{jgtr}$	
سطح موجودی از دارو $g$ در مرکز توزیع کننده عمده $k$ در دوره زمانی $t$ که در دوره $r$ تولید شده و در دوره $e$ دریافت شده است.	$In_{kgtre}$	
اگر مرکز تولید کننده دارو $j$ تأسیس گردد مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار ۰ می‌گیرد.	$Y_j$	
اگر مرکز توزیع کننده عمده $k$ تأسیس گردد مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار ۰ می‌گیرد.	$Y_k$	

۳-۱- مدل غیر قطعی برنامه‌ریزی ریاضی شبکه زنجیره تامین دارو

$$\min \omega_1 = \sum_{j=1}^J F_j Y_j + \sum_{k=1}^K F_k Y_k + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T Tr_{ij} X_{ijgt} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T Tr_{jk} X_{jkgt} + \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^H \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T Tr_{kh} X_{khgt} + \sum_{k=1}^K \sum_{k'=1}^K \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T Tr_{kk'} X_{kk'gt} + \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^t H_j In_{jgtr} + \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T \sum_{e=r}^t \sum_{r=1}^t H_k In_{kgtre} \quad (1)$$

$$\min \omega_2 = \max \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G \sum_{h=1}^H B_{hgt} \quad (2)$$

s. t.:

$$\sum_{r=1}^t In_{jgtr} = \sum_{i=1}^I X_{ijgt} - \sum_{k=1}^K X_{jkgt}, \quad \forall j, g, t, 1 < v_g \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^t In_{jgtr} = \sum_{r=1}^{t-1} In_{jgtr-1} + \sum_{i=1}^I X_{ijgt} - \sum_{k=1}^K X_{jkgt}, \quad \forall j, g, 1 < t < v_g \quad (4)$$

$$\sum_{r=t+1-v_g}^t In_{jgtr} = \quad (5)$$

<b>متغیرهای تصمیم</b>	
$X_{ijgt}$	مقدار دارو $g$ که از تامین کننده مواد اولیه $i$ به مرکز تولید کننده دارو $j$ در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.
$X_{jkgt}$	مقدار دارو $g$ که از مرکز تولید کننده دارو $j$ به مرکز توزیع کننده عمده $k$ در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.
$X_{khgt}$	مقدار دارو $g$ که از توزیع کننده عمده $k$ به دارو مرکز تقاضای دارو $h$ در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.
$X_{kk'gt}$	مقدار دارو $g$ که بین توزیع کننده عمده $k$ و $k'$ در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.
$U_{jkgrt}$	مقدار دارو $g$ که از مرکز تولید کننده دارو $j$ به مرکز توزیع کننده عمده $k$ در دوره $r$ تولید شده و در دوره زمانی $t$ انتقال یافته است.
$S_{khgret}$	مقدار دارو $g$ که از مرکز توزیع کننده عمده $k$ به مرکز تقاضای $h$ در دوره $r$ تولید شده، در

$$\sum_{e=r}^t \sum_{r=1}^t V_{k'kgret}, \forall k, k', g, t < v_g$$

$$X_{k'kgt} = \sum_{e=r}^{r+v_g-1} \sum_{r=t-v_g+1}^t V_{k'kgret}, \forall k, k', g, t \geq v_g \quad (16)$$

$$In_{kgtre} = \sum_{j=1}^J U_{jkgrt} - \sum_{h=1}^H S_{khgret} + \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K V_{k'kgret} - \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K V_{kk'gret}, \forall k, g, r, e = t \quad (17)$$

$$In_{kgtre} = In_{kgt-1re} - \sum_{h=1}^H S_{khgret} - \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K V_{kk'gret}, \forall k, g, r, t - e < v_g \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ijgt} \leq Cap_{jg} Y_j, \forall j, g, t \quad (19)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{jkgt} + \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{k'kgt} \leq Cap_{kg} Y_k, \forall k, g, t \quad (20)$$

$$\sum_{k=1}^K X_{khgt} + B_{hgt} \geq D_{hgt}, \forall h, g, t \quad (21)$$

$$In_{jgtr} = 0, \forall j, g, t < r \quad (22)$$

$$In_{kgtre} = 0, \forall k, g, e, t < r \quad (23)$$

$$In_{kgtre} = 0, \forall k, g, r, e < r \quad (24)$$

$$X_{ijgt}, X_{jkgt}, X_{khgt}, X_{kk'gt}, U_{jkgrt}, S_{khgrt}, V_{kk'gret}, In_{jgtr}, In_{kgtre} \geq 0, \quad (25)$$

$$\forall i, j, k, k', h, g, t, e, r \\ Y_j, Y_k \in \{0,1\}, \forall j, k \quad (26)$$

$$\sum_{r=t+1-v_g}^{t-1} In_{jgt-1r} + \sum_{i=1}^I X_{ijgt} - \sum_{k=1}^K X_{jkgt}, \forall j, g, t \geq v_g$$

$$X_{jkgt} = \sum_{r=1}^t U_{jkgrt}, \forall j, k, g, t < v_g \quad (6)$$

$$X_{jkgt} = \sum_{r=t+1-v_g}^t U_{jkgrt}, \forall j, k, g, t \geq v_g \quad (7)$$

$$In_{jgtr} = \sum_{i=1}^I X_{ijgt} - \sum_{k=1}^K U_{jkgrt}, \forall j, g, r = t \quad (8)$$

$$In_{jgtr} = In_{jgt-1r} - \sum_{k=1}^K U_{jkgrt}, \forall j, g, t - r < v_g \quad (9)$$

$$\sum_{e=r}^t \sum_{r=1}^t In_{kgtre} = \sum_{j=1}^J X_{jkgt} - \sum_{h=1}^H X_{khgt} + \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{k'kgt} - \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{kk'gt}, \forall k, g, t = 1 < v_g \quad (10)$$

$$\sum_{e=r}^t \sum_{r=1}^t In_{kgtre} = \sum_{e=r}^{t-1} \sum_{r=1}^{t-1} In_{kgt-1re} + \sum_{j=1}^J X_{jkgt} - \sum_{h=1}^H X_{khgt} + \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{k'kgt} - \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{kk'gt} \quad (11)$$

$$\sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{kk'gt}, \forall k, g, 1 < t < v_g$$

$$\sum_{e=r}^{r+v_g-1} \sum_{r=t-v_g+1}^t In_{kgtre} = \sum_{e=r}^{t-1} \sum_{r=t-v_g+1}^{t-1} In_{kgt-1re} + \sum_{j=1}^J X_{jkgt} - \sum_{h=1}^H X_{khgt} + \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{k'kgt} - \sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{kk'gt} \quad (12)$$

$$\sum_{\substack{k'=1 \\ k \neq k'}}^K X_{kk'gt}, \forall k, g, t \geq v_g$$

$$X_{khgt} = \sum_{e=r}^t \sum_{r=1}^t S_{khgret}, \forall k, h, g, t < v_g \quad (13)$$

$$X_{khgt} = \sum_{e=r}^{r+v_g-1} \sum_{r=t-v_g+1}^t S_{khgret}, \forall k, h, g, t \geq v_g \quad (14)$$

$$X_{k'kgt} = \quad (15)$$

رابطه شماره (۱) هزینه‌های کل شبکه زنجیره تامین دارو را کمینه می‌کند. این هزینه‌ها به ترتیب شامل هزینه‌های احداث مراکز تولید کننده دارو و مراکز آزمایشگاه‌های اصلی، هزینه‌های انتقال دارو بین تسهیلات، هزینه‌های نگهداری دارو در مراکز تولید کننده دارو و آزمایشگاه‌های اصلی و هزینه جریمه برای عدم برآورده کردن تقاضا در مناطق تقاضای دارو می‌باشد. رابطه شماره (۲) حداکثر

بهینه‌سازی خطی است، به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\text{Min } cx + d \quad (۲۹)$$

s. t.:

$$Ax \leq b \quad (۳۰)$$

$$c, d, A, b \in U \quad (۳۱)$$

در این مدل، پارامترهای  $c, d, A, b$  در مجموعه غیرقطعی  $U$  به شکل متغیر فرض شده‌اند. بردار  $x$ ، یک جواب شدنی استوار برای مسئله (۲۹) هست، در صورتی که بتواند تمامی محدودیت‌های دارای پارامتر غیرقطعی متعلق به مجموعه  $U$  را برآورده سازد. بر اساس مقاله بن تال و نمپروسکی، مدل استوار مسئله (۲۹) به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$\text{Min } \left\{ \hat{C}(x) = \sup_{(c, d, A, b \in U)} [cx + d] : Ax \leq b \forall c, d, A, b \in U \right\} \quad (۳۲)$$

جواب بهینه مسئله (۳۲)، جواب بهینه استوار برای مسئله (۲۹) خواهد بود. این جواب بهینه محدودیت‌های مسئله را برای تمامی داده‌های ممکن در مجموعه  $U$  برآورده می‌کند و بهینه بودن تابع هدف را طوری ضمانت می‌کند که حتی در بدترین حالت از  $\hat{C}(x^*)$  بیشتر نباشد. مسئله (۳۲) یک مسئله بهینه‌سازی خطی نیمه-بیکران می‌باشد و از لحاظ محاسباتی، نشدنی محسوب می‌شود. با این وجود برای مجموعه‌های محدب به نظر می‌رسد که مدل (۳۲) به یک مسئله چندجمله‌ای محدب که از نظر محاسباتی شدنی خواهد بود، تبدیل خواهد شد. برای درک بهتر می‌توان مدل (۲۷) را برای مسئله مدیریت زنجیره تأمین به شکل زیر تعریف کرد:

$$\text{Min } fy + cx \quad (۳۳)$$

s. t.:

$$Ax \geq d \quad (۳۴)$$

$$Bx \leq Cy \quad (۳۵)$$

$$y \in \{0,1\}, x \in R^+ \quad (۳۶)$$

بردارهای  $d, c, f$  به ترتیب متناظر با هزینه ثابت بازگشایی، هزینه حمل و نقل و تقاضای دارو می‌باشد. ماتریس‌های  $A, B$  ماتریس ضرایب متناظر در محدودیت‌ها می‌باشد. همین‌طور تمامی متغیرهای صفر و

تقاضای برآورده نشده از توزیع دارو به مناطق تقاضای دارو را کمینه می‌کند. روابط شماره (۳) تا (۵) سطح انباشته داروی تولید شده را با توجه به زمان فسادپذیری آن‌ها در یک مرکز تولید کننده دارو برای هر دوره زمانی محاسبه می‌کند. روابط شماره (۶) و (۷) کل جریان یک نوع دارو را از یک مرکز تولید کننده دارو به یک توزیع کننده عمده در زمان دوره تولید کننده دارو محاسبه می‌کند. روابط شماره (۸) و (۹) سطح انباشته داروهای نهایی را برای یک مرکز تولید کننده دارو بر اساس زمان دوره تولید کننده دارو تعیین می‌کند. روابط شماره (۱۰) تا (۱۲) سطح موجودی یک توزیع کننده عمده را برای دوره‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد. روابط شماره (۱۳) تا (۱۶) جریان انتقال دارو را بین مراکز توزیع کننده عمده و مناطق تقاضا بر اساس زمان دوره تولید کننده دارو تعیین می‌کند. روابط شماره (۱۷) و (۱۸) سطح موجودی یک مرکز توزیع کننده عمده را بر اساس زمان دوره تحویل دارو محاسبه می‌کند. رابطه شماره (۱۹) محدودیت ظرفیت را برای تولید کننده دارو یک نوع دارو مشخص می‌کند. رابطه شماره (۲۰) محدودیت ظرفیت را برای هر مرکز توزیع کننده عمده نشان می‌دهد. رابطه شماره (۲۱) مقدار تقاضای برآورده نشده از توزیع دارو به مشتریان را نشان می‌دهد. روابط شماره (۲۲) تا (۲۴) متغیرهای تصمیم‌گیری که بایستی مقدار صفر بگیرند را تعیین می‌کند و روابط شماره (۲۵) و (۲۶) جنس و نوع متغیرهای تصمیم‌گیری را مشخص می‌کند.

## ۲-۳- مدل بهینه‌سازی استوار

مدل پیشنهادی ارائه شده در حالت دوم، مربوط به حالت غیرقطعی مدل می‌باشد. این مدل براساس مدل بهینه‌سازی استوار ارائه شده توسط Ben-Tal و همکاران توسعه داده شده است (۱۹).

مدل بهینه‌سازی خطی قطعی زیر را در نظر بگیرید.

$$\text{Min } cx + d \quad (۲۷)$$

s. t.:

$$Ax \leq b \quad (۲۸)$$

براساس مقاله بن تال و نمپروسکی، مدل بهینه‌سازی خطی غیرقطعی که شامل یک مجموعه از مسائل



$$\sum_t (\bar{C}_t x_t + \eta_t) \leq z - fy \quad (44)$$

$$\rho_c G_t^c x_t \leq \eta_t, \quad \forall t \in \{1, \dots, n_c\} \quad (45)$$

$$\rho_c G_t^c x_t \geq -\eta_t, \quad \forall t \in \{1, \dots, n_c\} \quad (46)$$

برای محدودیت (۴۰) معادله کنترل شده نیمه -بیکران به شرح زیر خواهد بود:

$$a_i x \geq d_i, \quad \forall i \in \{1, \dots, n_d\} \quad \forall d \in u_{Box}^d | u_{Box}^d = \left\{ d \in R^{n_d} : |d_i - \bar{d}_i| \leq \rho_d G_i^d \right\} \quad (47)$$

$$a_i x \geq \bar{d}_i + \rho_d G_i^d, \quad \forall i \in \{1, \dots, n_d\} \quad (48)$$

روابط زیر فرم کلی مدل استوار خطی را برای مسئله زنجیره تأمین فرضی نشان می‌دهد.

$$\text{Min } Z, \quad \forall j \in \{1, \dots, n_r\} \quad (49)$$

s. t.:

$$\sum_t (\bar{C}_t x_t + \eta_t) \leq z - fy \quad (50)$$

$$\rho_c G_t^c x_t \leq \eta_t, \quad \forall t \in \{1, \dots, n_c\} \quad (51)$$

$$\rho_c G_t^c x_t \geq -\eta_t, \quad \forall t \in \{1, \dots, n_c\} \quad (52)$$

$$a_i x \geq \bar{d}_i + \rho_d G_i^d, \quad \forall i \in \{1, \dots, n_d\} \quad (53)$$

$$Bx \leq Cy \quad (54)$$

$$y \in \{0,1\}, x \in R^+ \quad (55)$$

با توجه به اندیس، پارامتر و متغیرهای تصمیم بیان شده مدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی عدد صحیح آمیخته به صورت ذیل می‌باشد:

$$\text{min } \omega_1 \quad (56)$$

$$\text{min } \omega_2 \quad (57)$$

s. t.:

$$\sum_{j=1}^J F_j Y_j + \sum_{k=1}^K F_k Y_k + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T (Tr_{ij} X_{ijgt} + \eta_{ij}) + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T (Tr_{jk} X_{jkgt} + \eta_{jk}) + \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^H \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T (Tr_{kh} X_{khgt} + \eta_{kh}) + \quad (58)$$

یک را در قالب بردار  $y$  و تمامی متغیرهای پیوسته تصمیم‌گیری در قالب بردار  $x$  تعریف شده‌اند. برای توصیف مدل استوار متناظر با مدل (۳۳) پارامترهای تقاضا و هزینه حمل‌ونقل کالا بین مراکز مختلف به شکل غیرقطعی فرض شده‌اند. فرض بر این است که هر یک از این پارامترهای غیرقطعی می‌توانند در یک چارچوب محدود تعریف شده، تغییر کنند. شکل عمومی این چارچوب را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

$$u_{box} = \{ \xi \in R^n : |\xi_t - \bar{\xi}_t| \leq \rho G_t \quad t = 1, \dots, n \} \quad (37)$$

که  $\bar{\xi}_t$  ارزش اسمی،  $\xi_t$  از  $t$  امین پارامتر بردار  $\xi$  می‌باشد (یک بردار  $n$  بعدی است). همچنین  $\rho$  مقدار مثبت  $G_t$  به ترتیب نشان‌دهنده میزان عدم قطعیت و سطح عدم قطعیت می‌باشد. بنا بر توضیحات بالا مدل استوار متناظر با مدل (۳۷) به شکل زیر خواهد بود.

$$\text{Min } Z \quad (38)$$

s. t.:

$$fy + cx \leq z, \quad \forall c \in u_{Box}^c \quad (39)$$

$$Ax \geq d, \quad \forall d \in u_{Box}^d \quad (40)$$

$$Bx \leq Cy \quad (41)$$

$$y \in \{0,1\}, x \in R^+ \quad (42)$$

بنتال و همکاران نشان دادند که در یک چارچوب محدود مدل استوار (۳۸) می‌تواند از یک مسئله نیمه-بیکران نشدنی به یک مسئله تعادلی شدنی تبدیل نمود که در آن مجموعه  $u_{box}$  به مجموعه کران‌دار  $u_{ext}$  جایگزین می‌شود. در این مسئله  $u_{ext}$  شامل حداکثر مقادیر موجود در مجموعه  $u_{box}$  می‌باشد. برای نشان دادن فرم شدنی مسئله (۳۳) بایستی محدودیت (۳۹) و (۴۰) را به فرم شدنی خود درآورد. لذا برای محدودیت (۳۹) داریم:

$$cx \leq z - fy, \quad \forall c \in u_{Box}^c | u_{Box}^c = \{ C \in R^{n_c} : |C_t - \bar{C}_t| \leq \rho_c G_t^c \quad t = 1, \dots, n_c \} \quad (43)$$

سمت چپ نامعادله (۴۳) دارای پارامتر نامعین می‌باشد. حال آنکه تمامی پارامترهای سمت راست معین هستند. بنابراین شکل کنترل شده نامعادله نیمه-بیکران (۴۳) به فرم زیر خواهد بود:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_1 < w_1^{PIS} \\ \frac{w_1 - w_1^{PIS}}{w_1^{NIS} - w_1^{PIS}} & \text{if } w_1^{PIS} \leq w_1 \leq w_1^{NIS} \\ 0 & \text{if } w_1 > w_1^{NIS} \end{cases} \quad (۷۵)$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } w_2 < w_2^{PIS} \\ \frac{w_2 - w_2^{PIS}}{w_2^{NIS} - w_2^{PIS}} & \text{if } w_2^{PIS} \leq w_2 \leq w_2^{NIS} \\ 0 & \text{if } w_2 > w_2^{NIS} \end{cases} \quad (۷۶)$$

گام ۳- استفاده از رابطه زیر برای یکپارچه کردن توابع هدف

$$\text{Min } \vartheta(x) = \varphi \vartheta_0 + (1 - \varphi) \sum_{q=1}^P w_q \mu_q(x) \quad (۷۷)$$

s. t.:

$$\vartheta_0 \leq \mu_q(x), \quad \forall q = 1, 2 \quad (۷۸)$$

$$x \in F(x), \vartheta_0 \text{ and } \vartheta \in [0, 1] \quad (۷۹)$$

که  $\Phi$  برابر با ضریب جبران توابع هدف و  $\mu$  نشان‌دهنده درجه اثربخشی  $p$  امین تابع هدف می‌باشد و مجموع اوزان توابع هدف نیز بایستی برابر یک گردد.

#### ۵- نتایج محاسباتی

در این بخش به منظور بررسی نتایج مدل، یک مسئله نمونه در ابعاد نشان داده شده در جدول (۲) طراحی و توسط نرم‌افزار GAMS با روش ترابی-حسینی حل شده است. پارامترهای مدل نیز با استفاده از توزیع یکنواخت طبق جدول (۳) در نظر گرفته شده است. نتایج به دست آمده از هر مسئله نمونه میانگین ۵ داده اسمی تولید شده از جدول (۳) می‌باشد.

ابتدا با در نظر گرفتن مقدار نرخ عدم قطعیت  $\rho$  برابر با صفر، مدل شبکه زنجیره تامین به یک مدل قطعی تبدیل می‌شود و با تغییر مقدار  $\rho$  مدل به یک مدل غیر قطعی تبدیل می‌گردد. لذا در این مقاله مدل غیر قطعی در سه نرخ عدم قطعیت ۰.۲، ۰.۵ و ۰.۸ بررسی شده است. جدول شماره (۴) مقادیر تابع هدف و زمان محاسباتی مسئله نمونه ۴ را با روش ترابی-حسینی در حالت قطعی و غیر قطعی نشان می‌دهد.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{k'=1}^K \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T (Tr_{kk'} X_{kk'}{}_{gt} + \eta_{kk'}) + \sum_{j=1}^J \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^T H_j In_{jgtr} + \sum_{k=1}^K \sum_{g=1}^G \sum_{t=1}^T \sum_{e=r}^t H_k In_{kgtr} \epsilon \omega_1 \sum_{t=1}^T \sum_{g=1}^G \sum_{h=1}^H B_{hgt} \leq \omega_2 \quad (۵۹)$$

$$\rho Tr_{ij} X_{ijgt} \leq \eta_{ij}, \quad \forall i, j, g, t \quad (۶۰)$$

$$\rho Tr_{ij} X_{ijgt} \geq -\eta_{ij}, \quad \forall i, j, g, t \quad (۶۱)$$

$$\rho Tr_{jk} X_{jkgt} \leq \eta_{jk}, \quad \forall j, k, g, t \quad (۶۲)$$

$$\rho Tr_{jk} X_{jkgt} \geq -\eta_{jk}, \quad \forall j, k, g, t \quad (۶۳)$$

$$\rho Tr_{kk'} X_{kk'}{}_{gt} \leq \eta_{kk'}, \quad \forall k, k', g, t \quad (۶۴)$$

$$\rho Tr_{kk'} X_{kk'}{}_{gt} \geq -\eta_{kk'}, \quad \forall k, k', g, t \quad (۶۵)$$

$$\rho Tr_{kh} X_{khgt} \leq \eta_{kh}, \quad \forall k, h, g, t \quad (۶۶)$$

$$\rho Tr_{kh} X_{khgt} \geq -\eta_{kh}, \quad \forall k, h, g, t \quad (۶۷)$$

$$\sum_{k=1}^K X_{khgt} + B_{hgt} \geq (1 + \rho) D_{hgt}, \quad \forall h, g, t \quad (۶۸)$$

$$\text{محدودیت‌های (۳) - (۲۰)} \quad (۶۹)$$

$$\text{محدودیت‌های (۲۲) - (۲۶)} \quad (۷۰)$$

$$\eta_{ij}, \eta_{jk}, \eta_{kk'}, \eta_{kh} \geq 0 \quad (۷۱)$$

#### ۴- روش حل

برای حل مدل دو هدفه از روش ترابی-حسینی استفاده شده است. این روش در سال ۲۰۰۸ ارائه شده است، که یک روش جدید برای حل مسائل چند هدفه می‌باشد. برای استفاده از این روش، علاوه بر کسب بهترین مقدار هر تابع هدف از روش بهینه‌سازی انفرادی، نیاز به بدترین مقدار هر تابع هدف نیز می‌باشد. هدف این روش کمینه کردن فاصله بین توابع هدف از مقدار ایده آیشان است. گام‌های زیر نشان‌دهنده روش ذکر شده می‌باشد:

گام ۱- به دست آوردن بهترین و بدترین مقدار هر تابع هدف

$$w_1^{NIS} = w_1(x_2^{PIS}), w_2^{NIS} = w_2(x_1^{PIS}) \quad (۷۴)$$

گام ۲- تعیین یک تابع عضویت خطی برای هر تابع هدف

جدول ۲: ابعاد مسائل نمونه طراحی شده شبکه زنجیره تأمین دارو

G	T,R,E	H	K	J	I	مسئله نمونه
۹	۱۰	۱۷	۱۴	۱۳	۱۴	

جدول ۳: حدود بازه‌های پارامترهای به‌کاررفته در مدل‌سازی

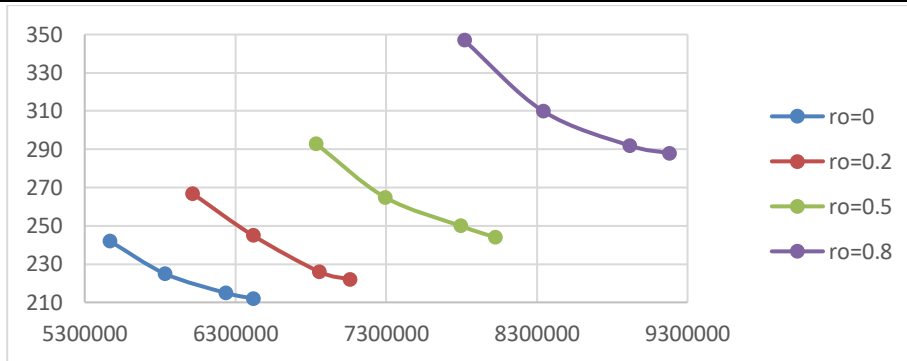
پارامتر	حدود بازه‌ای
$F_j$	$\sim U(60000,80000)$
$F_k$	$\sim U(120000,150000)$
$H_j, H_k$	$\sim U(1,5)$
$V_g$	$\sim U[2,3]$
$Tr_{ij}, Tr_{jk}, Tr_{kk'}, Tr_{kh}$	$\sim U(0.120,0.155)$
$D_{ngt}$	$\sim U(80,160)$
$Cap_{jg}$	$\sim U(900,1300)$
$Cap_{kg}$	$\sim U(1400,1800)$

جدول ۴: مقادیر توابع هدف و زمان محاسباتی مسئله نمونه ۴ در حالت قطعی و غیر قطعی

زمان محاسباتی	تابع هدف دوم	تابع هدف اول	$\rho$	$W_q$
۵۴.۳۶	۲۴۲	۵۴۶۷۲۵۳.۹۸	۰	۰.۲
۵۹.۸۵	۲۲۵	۵۸۳۲۹۷۴.۳۹		۰.۴
۶۳.۲۰	۲۱۵	۶۲۳۳۸۳۲.۳۷		۰.۶
۷۲.۹۴	۲۱۲	۶۴۱۷۹۳۲.۳۶		۰.۸
۷۰.۶۷	۲۶۷	۶۰۱۳۹۷۹.۳۸	۰.۲	۰.۲
۷۷.۸۱	۲۴۵	۶۴۱۶۲۷۱.۸۳		۰.۴
۸۲.۱۶	۲۲۶	۶۸۵۷۲۱۵.۶۱		۰.۶
۹۴.۸۲	۲۲۲	۷۰۵۹۲۰۵.۶۰		۰.۸
۱۶۱.۴۵	۲۹۳	۶۸۳۴۰۶۷.۴۸	۰.۵	۰.۲
۱۷۷.۷۵	۲۶۵	۷۲۹۱۲۱۷.۹۹		۰.۴
۱۸۷.۷۰	۲۵۰	۷۷۹۲۲۹۰.۴۶		۰.۶
۲۱۶.۶۳	۲۴۴	۸۰۲۲۴۱۵.۴۵		۰.۸
۳۳۹.۷۵	۳۴۷	۷۸۱۸۱۷۳.۱۹	۰.۸	۰.۲
۳۷۴.۰۶	۳۱۰	۸۳۴۱۱۵۳.۳۸		۰.۴
۳۹۵.۰۰	۲۹۲	۸۹۱۴۳۸۰.۲۹		۰.۶
۴۵۵.۸۸	۲۸۸	۹۱۷۷۶۴۳.۲۷		۰.۸

دلیل افزایش تقاضا افزایش یافته است. شکل (۳) نمودار مربوط به تغییرات تابع هدف را نسبت به یکدیگر با در

با توجه به نتایج جدول (۴) مشاهده میشود با افزایش مقدار نرخ عدم قطعیت مقدار تابع هدف اول و دوم به نظر گرفتن نرخ عدم قطعیت نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار تغییرات توابع هدف نسبت به یکدیگر در نرخ‌های مختلف

### نتیجه‌گیری

در این مقاله یک شبکه زنجیره تامین دارو در حالت عدم قطعیت با در نظر گرفتن زمان فسادپذیری، تولید و توزیع دارو مدل‌سازی شد. ابتدا یک مدل غیرقطعی از مدل طراحی و سپس برای کنترل پارامترهای غیرقطعی (هزینه‌های انتقال و تقاضای دارو) از روش بهینه‌سازی استوار استفاده شد. در ادامه برای حل مدل دو هدفه شامل کاهش هزینه‌های طراحی شبکه زنجیره تامین دارو کاهش حداکثر تقاضای برآورده نشده از روش TH استفاده و یک مثال عددی برای آن طراحی و تولید گردید. نتایج بدست آمده از حل مدل دو هدفه نشان از کارایی بالای روش تریابی-حسینی در یافتن جواب‌های کارا در زمان مناسب بود. برای تحقیقات آتی استفاده از روش‌های فرا ابتکاری برای حل مسائل در سایز‌های بزرگتر پیشنهاد می‌گردد. همچنین استفاده از روش فازی بدینانه-خوشبینانه به جای روش بهینه‌سازی استوار نیز می‌تواند به توسعه این مدل کمک کند.

design for the supply of blood in disasters: a robust model with real world application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 70: 225-244 (2014).

[9] M. Mousazadeh, S.A. Torabi, M.S. Pishvae. Green and reverse logistics management under fuzziness. In *Supply Chain Management under Fuzziness*. 313: 607-637 (2014).

[10] M. Mousazadeh, S.A. Torabi, B. Zahiri. A robust possibilistic programming approach for pharmaceutical supply chain network design. *Computers & Chemical Engineering*. 82: 115-128 (2015).

[11] S. Martins, P. Amorim, G. Figueira, B. Almada-Lobo. An Optimization-Simulation Approach to the Network Redesign Problem of Pharmaceutical Wholesalers. *Computers & Industrial Engineering*. 106: 315-328 (2017).

[12] B. Zahiri, P. Jula, R. Tavakkoli-Moghaddam. Design of a pharmaceutical supply chain network under uncertainty considering perishability and substitutability of products. *Information Sciences*. 423: 257-283 (2018).

[13] S.S. Kara, S. Onut. A two-stage stochastic and robust programming approach to strategic planning of a reverse supply network: The case of paper recycling. *Expert Systems with Applications*. 37(9): 6129-6137 (2010).

[14] M. Ramezani, M. Bashiri, R. Tavakkoli-Moghaddam. A new multi-objective stochastic model for a forward/reverse logistic network design with responsiveness and quality level. *Applied Mathematical Modelling*. 37(1): 328-344 (2013).

[15] S.H. Amin, G. Zhang. A multi-objective facility location model for

[1] B. Zahiri, M.S. Pishvae. Blood supply chain network design considering blood group compatibility under uncertainty. *International Journal of Production Research*. 55(7): 2013-2033 (2017).

[2] S.A. Torabi, E. Hassini. An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning. *Fuzzy Sets Syst*. 159: 193-214 (2008).

[3] M.S. Pishvae, M. Rabbani, S.A. Torabi. A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*, 35(2): 637-649 (2011).

[4] R.T. Sousa, S. Liu, L.G. Papageorgiou, N. Shah. Global supply chain planning for pharmaceuticals. *Chemical Engineering Research and Design*. 89(11): 2396-2409 (2011).

[5] N. Susarla, I.A. Karimi. Integrated supply chain planning for multinational pharmaceutical enterprises. *Computers & Chemical Engineering*. 42: 168-177 (2012).

[6] Z.H. Zhang, H. Jiang. A robust counterpart approach to the bi-objective emergency medical service design problem. *Applied Mathematical Modelling*. 38(3): 1033-1040 (2014).

[7] B. Zahiri, R. Tavakkoli-Moghaddam, M. Mohammadi, P. Jula. Multi-objective design of an organ transplant network under uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 72: 101-124 (2014).

[8] A. Jabbarzadeh, B. Fahimnia, S. Seuring. Dynamic supply chain network

---

closed-loop supply chain network under uncertain demand and return. *Applied Mathematical Modelling*. 37(6): 4165-4176 (2013).

[16] H. Soleimani, M. Seyyed-Esfahani, G. Kannan. Incorporating risk measures in closed-loop supply chain network design. *International Journal of Production Research*. 52(6): 1843-1867 (2014).

[17] K. Subulan, A.S. Taşan, A. Baykasoğlu. Designing an environmentally conscious tire closed-loop supply chain network with multiple recovery options using interactive fuzzy goal programming. *Applied Mathematical Modelling*. 39(9): 2661-2702 (2015).