فصلنامه علمی – پژوهشی مطالعات مدیریت صنعتی – سال چهاردهم، شماره ۴۱، تابستان ۹۵
صفحات ۱۰۷- ۶۵

طراحی و حل مدل چند هدفه بهینه سازی برای شبکه‌های خدمات درمانی با اثر ریسک ادغام تحت شرایط عدم قطعیت: روش بهینه سازی استوار

بهنام وحدانی *

تاریخ دریافت:۹۴/۴/۱۴ تاریخ پذیرش:۹۴/۸/۲۹

چکیده

در این تحقیق یک مدل برنامه‌ریزی مختلط عدد صحیح چند هدفه به‌منظور طراحی یک شبکه خدمات درمانی با اثر ریسک ادغام ارائه‌شده است. همچنین از آنجایی‌که پارامترهای مدل موردنظر دارای عدم قطعیت می‌باشند، برای نزدیک‌تر شدن مدل به واقعیت، با استفاده از رویکرد بهینه‌سازی استوار، مدل در حالت غیرقطعی نیز گسترش‌یافته است. تابع هدف مورد اول، هزینه‌های مرتبط با حمل‌ونقل، استریلیزاسیون و همچنین جابجایی منابع را کمینه می‌نماید. تابع هدف دوم، حداقل سطح سرویس‌دهی مراکز خدمات درمانی به مشتریان را حداکثر می‌نماید. به علاوه به منظور حل مدل ارائه شده از یک روش چند هدفه فازی که در تحقیقات اخیر ارائه شده است، استفاده شده است. به منظور نمایش صحت و درستی مدل و روش حل ارائه شده مثال‌های عددی متعددی مورد بررسی قرار گرفته شده است. همچنین بر روی پارامترهای مسئله آنالیز حساسیت انجام پذیرفته است. نتایج محاسباتی نشان می‌دهد، مدل استوار ارائه دهنده جواب‌های با کیفیت تری می‌باشد به طوریکه دارای انحراف استاندارد بسیار پایین تری نسبت به مدل قطعی می‌باشد.

کلمات کلیدی: طراحی شبکه بیمارستانی، بهینه سازی چند هدفه، بهینه سازی استوار[1]، اثر ریسک ادغام[2]، مکان یابی- تخصیص[3]

* استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک ، گروه مهندسی صنایع، قزوین

[1] Robust optimization
[2] Risk pooling effect
[3] Location-Allocation

مقدمه

شبکه‌های زنجیره تأمین به عنوان پایه و اساس عملیات برای بسیاری از صنایع در نظر گرفته می‌شوند. در بازار رقابتی امروزه، با توجه به مخاطره آمیز بودن محیط نامشخص عملیاتی، طراحی شبکه به گونه‌ای مقرون به صرفه، کارآمد و پاسخ‌گو بسیار مهم می‌باشد(فریسز و همکاران[1]، ۲۰۱۱). در تنظیمات کلاسیک، طراحی چنین سیستمی در درجه اول به طرز برخورد با مشکلات استراتژیک مربوط به تعداد و محل تسهیلات لازم برای یک شبکه با حداقل هزینه و بدون پرداختن به مشکلات عملیاتی (مانند کنترل موجودی و سطح خدمات) بستگی دارد. به طور معمول، در چنین چارچوبی، تصمیم گیری‌های عملیاتی پس از اینکه مکان تعیین شد، اتخاذ می‌گردد. همان‌طور که بسیاری از محققان بحث کرده‌اند، این روش موثرترین ساختار شبکه را ارائه نمی‌دهد و می‌تواند موانع موجود در میان رده‌های مختلف از یک زنجیره تأمین را افزایش دهد(میراندا و گاریدو[2]، ۲۰۰۴). بنابراین، مسائل مکان‌یابی تسهیلات موجودی مشترک[3] معرفی شدند که در آن مشکلات استراتژیک و عملیاتی در یک چارچوب یکپارچه با توجه به ارتباطات بین خرده‌فروشان، توزیع‌کنندگان، تأمین‌کنندگان و دیگر نهادهای زنجیره تأمین حل شدند. یکی از مهمترین زنجیره‌های تامین مورد بررسی در تحقیقات موجود مربوط به زنجیره تامین شبکه‌های خدمات درمانی و بهداشتی می‌باشد. مکان یابی تسهیلاتی که به ارائه خدمات بهداشتی می‌پردازند یکی از موضوعات بسیار مهم در طراحی شبکه‌های خدمات درمانی می‌باشد، چراکه این امر علاوه بر کاهش هزینه‌های مرتبط با این شبکه‌ها منجر به کاهش هزینه‌های اجتماعی یا به عبارت دیگر افزایش رضایتمندی بیماران می‌گردد. چراکه مکان یابی مناسب این تسهیلات منجر به تخصیص صحیح تقاضاهای موجود در شبکه به هریک از آنها و در نتیجه افزایش کل کارایی سیستم می‌گردد. از اینرو مکان یابی-تخصیص نقش بسیار مهمی در برنامه ریزی تسهیلات خدمات درمانی دارد چراکه

[1] Friesz et al.
[2] Miranda and Garrido
[3] Joint inventory facility location problems

باعث می گردد موضوعات مرتبط با نحوه دسترسی به تسهیلات، کیفیت خدمات ارائه شده و مسائلی از این دست نسبت به شرایط قبلی که این فعالیت‌ها به صورت تجربی انجام می‌پذیرفته است، به صورت سیستماتیک انجام پذیرد (رحمان و اسمیت، ۱۹۹۹).

یکی از مهمترین عوامل در طراحی شبکه‌ها وجود عدم قطعیت در تقاضا می‌باشد، چراکه میتواند تصمیمات مرتبط با مکان یابی، تخصیص، میزان موجودی در تسهیلات و مواردی از این دست را تحت تاثیر قرار دهد. در ادبیات موضوع یکی از روش‌های مناسب جهت مواجه با عدم قطعیت موجود در تقاضا استراتژی ریسک ادغام می‌باشد (چن و لین، ۱۹۸۹). به طوریکه این روش به دنبال تنظیم سطح موجودی به منظور پاسخگویی هر چه بهتر به تقاضا و دستیابی به سطوح خدمت دهی مناسب می‌باشد. تحقیقات انجام پذیرفته شده نشان می‌دهد یکی از روش‌های موثر در کاهش هزینه‌های موجودی در سطوح مختلف زنجیره‌های تامین استفاده از این استراتژی می‌باشد. به بیان ساده در این روش تقاضای مربوط به اعضاء زنجیره تامین که نیاز خود را از یک تسهیل خدمت دهنده دریافت می‌نماید ادغام یا دسته بندی شده تا بتوان برنامه ریزی دقیق تری در رابطه با آنها انجام داد(دسکین و کیلارد، ۲۰۰۲). در مدل‌های سیستم موجودی به طور کلی دو نوع سیستم مرور موجودی وجود دارد ۱) مرور دائم ۲) مرور دوره ای. در سیستم مرور دائم، سطح موجودی هر یک از اقلام مرتباً کنترل می‌شود. خط مشی (r, Q) در مجموعه مدل‌های سیستم موجودی مرور دائم به عنوان یک خط مشی اساسی محسوب می‌شود. در این خط مشی چناچه موقعیت موجودی به مقدار r برسد، مقداری به اندازه Q سفارش داده می‌شود (پترسون و سیلور، ۱۹۷۹).

در این ارتباط تحقیقات متعددی در رابطه با مکان یابی مراکز خدمات درمانی و تغییر ساختار آنها به صورت شبکه به منظور بهبود سرویس دهی و کاهش مجموع هزینه‌های بهداشتی انجام پذیرفته است (اپتل و پورجلالی[1]، ۲۰۰۱). برخی محققین دیگر بر پیامدهای ادغام‌ها و شبکه‌بندی ازلحاظ مزایا در مقابل معایب تمرکز کرده‌اند (پسین[2] و همکاران، ۲۰۰۱ ؛ لگا،

[1] Aptel & Pourjalali
[2] Pasin

۲۰۰۵). مدل‌های تخصیص- مکان یابی متعددی برای تحلیل‌های کمی در مراکز خدمات درمانی بکار رفته است. هدف رایج در این تحقیقات، به حداقل رسانی هزینه‌های حمل‌ونقل می‌باشد. مدل‌های ریاضی کلاسیک تخصیص- مکان یابی همانند مدل‌های میانه p یا بیشینه پوشش دهی محل از جمله این موارد می‌باشد(چو وچو[1]، ۲۰۰۰). رحمان و اسمیت[2] (۲۰۰۰) یک سری مطالعات مکان‌یابی- تخصیص برای برنامه‌ریزی توسعه خدمات بهداشتی را مرور کرده‌اند و دریافته‌اند که بیشتر مدل‌های مکان‌یابی - تخصیص به‌عنوان مسئله‌های میانه p یا مسئله‌های پوشش دهی ایجادشده‌اند، هدف این پژوهشگران مکان‌یابی بیمارستان‌ها و تعیین ظرفیت آن‌ها برای بخش گواتمالای غربی بود. دسکین و دین[3] (۲۰۰۴) کاربرد سه مدل پایه‌ای پوشش مجموعه‌ها، حداکثر پوشش و میانه را در مراقبت‌های پزشکی و همچنین سه هدف عمده کاربرد مدل‌های مکان‌یابی را برای مکان یابی تسهیلات پزشکی شامل دسترسی[4]، سازگاری[5] و سودمندی مطرح کردند. احمد[6](۲۰۰۴) مطالعه‌ای برای ارتقای سطح دسترسی به خدمات بهداشتی و درمان عمومی باهدف بهبود سطح پوشش تسهیلات عمومی در سطح بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی و درمانی دارالسلام جهت یافتن نقاط جدید برای این تسهیلات انجام داد. همچنین از یک الگوریتم حریص[7] برای حل مسئله فوق استفاده نمود. درزنر[8](۲۰۰۷) با اعمال تغییراتی در مدل میانه با استفاده از قانون جاذبه، مدل جدیدی را معرفی نمود. در این مدل فرض استفاده از نزدیک‌ترین تسهیلات حذف و میزان برخورداری افراد از تسهیلات، متناسب با میزان جذابیت آن‌ها برای استفاده‌کنندگان و تابعی نزولی از مسافت تا آن تسهیلات در نظر گرفته شد. برای حل این مسئله، از الگوریتم‌های ابتکاری حداکثر شیب و جستجوی ممنوعه[9] استفاده شد. تاهیگ[1] و همکاران (۲۰۰۸) مدلی برای یافتن

[1] Chu & Chu
[2] Rahman & Smith
[3] Daskin & Dean
[4] accessibility
[5] adaptability
[6] Ahmad
[7] Greedy Algorithm
[8] Derzner
[9] Tabu Search

انتخاب بهینه میان تمرکز گرایی در مقابل تمرکز زدایی فرایند استریل سازی بیمارستان را پیشنهاد نمودند. در مورد تمرکز زدایی، دو نوع ارائه‌دهنده طرف ثالث در نظر گرفته‌شده است: شرکت صنعتی و بیمارستان مستقر در منطقه‌ی مشابه. مدل پیشنهادی تمام فعالیت‌های فرایند استریل سازی را در نظر گرفت و تغییر در تقاضا و هزینه از یک دوره به دوره‌ی دیگر را در نظر گرفته شده است. تاهیگ و همکاران(۲۰۰۹) مسئله‌ی تمرکز گرایی را در مقابل تمرکززدایی سرویس استریل سازی در درون بیمارستان را مورد بررسی قرار دادند، مطالعه مورد بررسی یک بیمارستان تونسی بود که در آن خدمات جراحی بسیاری در قسمتهای مختلف انجام می‌پذیرفت.

شریف و همکاران (۲۰۱۲) یک مدل مکان یابی تخصیص به منظور برنامه ریزی تسهیلات خدمات درمانی در کشور مالزی ارائه دادند. مدل ارائه شده از دسته مدل‌های مکان یابی حداکثرپوشش[۲] می‌باشد. در این تحقیق ظرفیت تسهیلات خدمات درمانی محدود در نظر گرفته شده است. همچنین این محققین به منظور حل مدل ارائه شده در ابعاد بزرگ یک الگوریتم ژنتیک توسعه داده اند. لازم به ذکر است مدل مذکور در شرایط قطعیت در نظر گرفته شده است. سیاما[۳] و کت[۴] (۲۰۱۲) یک مدل مکان یابی-تخصیص به منظور برنامه ریزی مراکز خدمات درمانی ارائه داده اند. در شبکه در نظر گرفته شده خدمات تخصصی، مراقبت‌های بهداشتی و توانبخشی برای بیمارن مغز و اعصاب ارائه می گردد. تابع هدف در نظر گرفته شده در این تحقیق کمینه نمودن هزینه‌های مختلف سیستم می‌باشد. در مدل ارائه شده پارامترهای مختلف مسئله دارای قطعیت می‌باشد. تاهیگ و همکاران(2013) یک مدل مکان یابی- تخصیص تک تسهیلاتی به منظور مشخص نمودن تمرکز گرایی یا تمرکز زدایی در یک شبکه خدمات در مانی ارائه نمودند. مدل ارائه شده توسط آنها به صورت چند دوره ای در نظر گرفته شده است و بسیاری از هزینه‌های مرتبط با فرایند استریل سازی در آن مدنظر

[1] Tlahig
[2] Maximal covering problem
[3] Syam
[4] Cote

قرار گرفته است. زهیری و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل چند دوره ای مکان یابی-تخصیص در شبکه پیوند اعضاء ارائه نمودند. تابع هدف در نظر گرفته شده در این تحقیق به کمینه سازی هزینه‌های سیستم می‌پردازد. همچنین در این تحقیق پارامترهای مدل به صورت غیر قطعی در نظر گرفته شده است و از یک رویکرد برنامه ریزی امکان پایدار[1] بهره گرفته اند.محمدی و همکاران (۲۰۱۴) یک مدل دو هدفه به منظور طراحی شبکه خدمات درمانی ارائه نمودند. در مدل ارائه شده فرض شده است تسهیلات به دلایل مختلفی نظیر شرایط آب و هوایی، زلزله و مواردی از این دست امکان پاسخگویی به تقاضای مشتریان را نداشته و از اینرو یک احتمال خرابی یا عدم دسترسی برای این تسهیلات در نظر گرفته اند. تابع هدف اول در نظر گرفته شده در این تحقیق به کمینه سازی هزینه‌های معمول سیستم و هزینه‌های اضافی که در صورت عدم دسترسی به تسهیلات به سیستم تحمیل می‌شود می‌پردازد. تابع هدف دوم در نظر گرفته شده در این تحقیق مدت زمان کل سفر بیماران را برای دستیابی به یک مرکز خدمات درمانی کمینه می‌سازد. لازم به ذکر است در این تحقیق از تئوری صف به منظور اولویت دهی بین بیماران اورژانسی و معمولی بهره گرفته شده است. ضمناً این محققین مدل خود را در شرایط عدم قطعیت توسعه داده‌اند و برای این منظور از یک رویکرد برنامه ریزی تصادفی- فازی بازه‌ای[2] بهره گرفته‌اند. همچنین به منظور حل مدل در ابعاد بزرگ دو الگوریتم فراابتکاری نیز توسعه داده‌اند.

مسترا[3] و همکاران (۲۰۱۵) دو مدل مکان‌یابی-تخصیص برای طراحی شبکه‌های خدمات درمانی ارائه نمودند. مدل اول ارائه شده در این تحقیق صرفاً به مکان یابی تسهیلات پرداخته و مدل دوم یک مدل مکان یابی-تخصیص می‌باشد. هر دو مدل ارائه شده به صورت دو هدفه می‌باشد، بطوریکه تابع هدف اول به دنبال کمینه سازی مدت زمان سفر بیماران به مراکز خدمات درمانی می‌باشد و تابع هدف دوم هزینه‌های مرتبط با سیستم را کمینه می‌نماید. لازم به ذکر است مدل‌های ارائه شده در شرایط عدم قطعیت در نظر گرفته شده اند و محققین به

[1] Robust Possibilistic programming
[2] Interval-valued fuzzy-stochastic programming
[3] Mestre

منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها از رویکرد برنامه ریزی تصادفی[1] بهره گرفته اند. هواو و سادیکوویچ[2] (۲۰۱۵) یک مدل برنامه ریزی ریاضی به منظور مدیریت موجودی و توزیع واکسن آنفلوانزا در یک زنجیره تامین خدمات بهداشتی ارائه نمودند. تابع هدف در نظر گرفته شده در این تحقیق به دنبال کمینه نمودن هزینه‌های مرتبط با موجودی نظیر نگهداری و هزینه‌های مرتبط با توزیع می‌باشد. در مدل در نظر گرفته شده در این تحقیق هیچگونه بررسی در رابطه با خطی مشی‌ها مختلف موجودی انجام نگرفته است. نیاکان و رحیمی (۲۰۱۵) یک مدل چند هدفه برنامه ریزی ریاضی به منظور موجودی-مسیریابی در شبکه‌های خدمات درمانی ارائه نمودند. تابع هدف او در نظر گرفته در این تحقیق به دنبال کمینه نمودن هزینه‌های موجودی و حمل و نقل می‌باشد. تابع هدف دوم کمینه نمودن میزان خطا در برآورده سازی میزان تقاضای مشتریان را در نظر دارد. همچنین تابع هدف سوم مخاطرات زیست محیطی را به حداقل می‌رساند. همچنین مدل فوق در شرایط عدم قطعیت در نظر گرفته شده است و برای لحاظ نمودن آن از روش برنامه ریزی امکان بهره گرفته شده است. در ادامه به منظور نمایش شکاف تحقیق و نوآوری‌های این مقاله در جدول ۱ دسته بندی در رابطه با تحقیقات موجود انجام پذیرفته است.

جدول ۱- دسته بندی تحقیقات موجود در زنجیره طراحی شبکه‌های خدمات درمانی

مرجع	توابع هدف		عدم قطعیت		تصمیمات مرتبط			دوره‌های برنامه ریزی	
	تک هدفه	چند هدفه	وجود ندارد	وجود دارد	مکان یابی/ تخصیص	برنامه ریزی احتیاجات	مسیریابی/ موجودی	تک دوره ای	چند دوره ای
دسکین و دین (۲۰۰۴)									
تاهیگ و همکاران (۲۰۰۸و۲۰۰۹و۲۰۱۳)									
شریف و همکاران									

[1] Stochastic programming
[2] Hovav and Tsadikovich

(۲۰۱۲)									
سیاما و کت (۲۰۱۲)									
زهیری و همکاران (۲۰۱۴)									
محمدی و همکاران (۲۰۱۴)									
مسترا و همکاران (۲۰۱۵)									
هواو و سادیکوویچ (۲۰۱۵)									
نیاکان و رحیمی (۲۰۱۵)									
تحقیق حاضر									

با توجه به جدول ۱ می‌توان مشاهده نمود که تحقیق پیشرو دارای نوآوری‌های مطلوبی نسبت به پیشینه تحقیق می‌باشد. با این حال به منظور هر چه شفافتر شدن نوآوری این تحقیق می‌توان بیان نمود که تحقیق پیشرو مبتنی بر تحقیق انجام پذیرفته شده توسط تاهیگ و همکاران(۲۰۱۳) می‌باشد. در تحقیق مورد اشاره محققین مدل مکان یابی و تخصیص را به منظور ایجاد یک تسهیل در شبکه خدمات درمانی ارائه نموده‌اند، همچنین در مدل فوق موضوعات مرتبط با موجودی در نظر گرفته نشده است و همچنین تمامی پارامترهای مدل دارای قطعیت می‌باشد. با توجه به توضیحات ارائه شده می‌توان نوآوری‌های موجود در این تحقیق را با توجه به ادبیات موضوع و به طور خاص تحقیق ارائه شود توسط تاهیگ و همکاران(۲۰۱۳) به شرح زیر بیان نمود:

- توسعه مدل مکان یابی-تخصیص در حالت چند تسهیلاتی

- توسعه یک مدل مکان‌یابی- تخصیص- موجودی به منظور طراحی یک شبکه خدمات درمانی
- در نظر گرفتن تصمیمات مرتبط با موجودی با استفاده از استراتژی ریسک ادغام
- در نظر گرفتن تقاضا به صورت احتمالی و استفاده از خط مشی مرور دائم (r, Q)به منظور لحاظ نمودن سیستم موجودی.
- بکارگیری روش بهینه سازی استوار ارائه شده توسط بنتال و همکاران (۲۰۰۹) به منظور مواجهه با عدم قطعیت موجود در برخی از پارامترهای مدل ارائه شده.
- استفاده از روش **TH** که توسط ترابی و هسینی (۲۰۰۹) ارائه شده است به منظور حل مدل چند هدفه.

بخش‌های مختلف مقاله در ادامه به صورت زیر تنظیم شده است. در بخش دو مسئله مورد بررسی به طور کامل تشریح می‌گردد. در بخش سوم مدل ریاضی برای مسئله مورد بررسی توسعه داده خواهد شد و رویکرد بهینه سازی استوار بر روی مدل فوق پیاده سازی خواهد گردید. در بخش چهارم رویکرد فازی چند هدفه تشریح خواهد گردید. در بخش پنجم نتایج محاسباتی ارائه شده است. نتیجه گیری و پیشنهادات آتی در بخش ششم ارائه شده است.

بیان مسئله

این تحقیق بر مبنای تحقیق انجام پذیرفته توسط تاهیگ و همکاران(2013) می‌باشد. در این تحقیق تعیین ساختار بهینه مراکز خدمات استریل در شبکه بیمارستانی مدنظر می‌باشد، به نحوی که مکان بهینه و تخصیص منابع بیمارستانی به آنها مشخص گردد. از اینرو در طراحی شبکه مورد نظر منابع انسانی و تجهیزاتی مورد نیاز برای مرکز خدمت رسانی استرلیزه نمودن با توجه به فرایند مربوط به استریل نمودن مشخص می‌گردد. در مدل سازی ریاضی مورد نظر، متغییرهای تصمیم و پارامترها مرتبط با موضوعاتی نظیر تعیین مکان مرکز خدمت رسانی استرلیزه نمودن، نحوه توزیع و تخصیص بیمارستان‌ها به مرکز استریل می‌باشد، تعداد تجهیزات استریل شده توسط هر بیمارستان، تعداد وسایل حمل و نقل جهت جابجایی‌ها، میزان منابع

انسانی و تجهیزاتی می‌باشد. لازم به ذکر است اگر تمرکز گرایی برای پیکره بندی شبکه مورد نظر انتخاب گردد تامین تجهیزات استریل توسط مرکز خدمت رسانی استرلیزه انجام می‌شود و تحویل این نیازمندی‌ها توسط وسایل حمل و نقل در دسترس صورت می‌پذیرد. لازم به ذکر است محلی که وسایل حمل و نقل از آنها خارج می‌گردد مرکز خدمت رسانی استرلیزه می‌باشد. همچنین هر یک از وسایل حمل و نقل دارای ظرفیت محدود می‌باشند.

از سوی دیگر یکی از موضوعات بسیار مهم در مسئله مورد بررسی عدم قطعیت موجود در بین پارامترهای مسئله می‌باشد. از جمله پارامترهای بسیار مهم که تاثیرات قابل توجهی بر روی نتایج حاصل از مدل خواهد داشت، تقاضای موجود در شبکه مورد بررسی می‌باشد. به منظور تحت کنترل درآوردن تاثیرات این پارامتر بر نتایج حاصل، استراتژی ریسک ادغام یکی از روشهای موثر در ادبیات موضوع جهت مدیریت عدم قطعیت تقاضا می‌باشد. از سوی دیگر مدت زمان تحویل یکی دیگر از موضوعات مهم در تعیین سطح مطلوب برای موجودی اطمینان می‌باشد که در شرایط عدم قطعیت مرتبط با تقاضا نمود پیدا می‌نماید. چراکه این پارامتر متاثر از عوامل متعددی نظیر فاصله، نوع وسیله حمل و نقل، توانمندی تولید و غیره می‌باشد. در تحقیقات اخیر انجام پذیرفته در ادبیات موضوع استراتژی ریسک ادغام نیازمند در نظر گرفتن موجودی اطمینان به منظور کمینه نمودن هزینه‌های موجودی به منظور دستیابی به بالاترین سطح سرویس در مواردی می‌باشد که تقاضا دارای تغییرات بسیار زیادی است. در این تحقیق وضعیت موجودی در مراکز خدمات استریل مورد بررسی قرار خواهد گرفت به طوریکه در این مراکز از سیستم (r, Q) به عنوان خط مشی استفاده می‌گردد. لازم به ذکر است هیچ گونه سیستم موجودی در بیمارستان‌ها در نظر گرفته نمی شود و همچنین مدت زمان تحویل قطعی در نظر گرفته شده است.

مدل‌سازی ریاضی

اندیس‌ها و مجموعه‌ها

اندیس‌ها و مجموعه‌های ارائه شده در این قسمت به منظور مدل سازی مسئله مورد بررسی مورد استفاده قرار می‌گیرد:

$H = \{H_1, H_2, \dots, H_N\}$ مجموعه مرتبط با بیمارستان‌ها

$S = \{CSS_1, CSS_2, \dots, CSS_{N+M}\}$ مجموعه مکان‌های بالقوه برای مراکز خدمات رسانی استرلیزه

لازم به ذکر است $H \subset S$ به این مفهوم که مراکز خدمات رسانی استرلیزه می‌توانند در بیمارستان‌های موجود مستقر گردند.

P : تعداد محصولات

T : تعداد پریودهای زمانی در افق برنامه ریزی

R : تعداد منابع تجهیزاتی

W : تعداد منابع انسانی

N : تعداد بیمارستان‌های موجود در شبکه

M : تعداد سایت‌های جدید بالقوه

$\mathbb{M}$: یک عدد خیلی بزرگ

Q : حداکثر تعداد مراکز خدمت استریل جهت بازگشایی

i : بیمارستان‌ها $(i = 1,2, \dots, N)$

j : مکان‌های بالقوه مراکز خدمات رسانی استرلیزه $(j = 1 \dots N + M)$

p : محصولات $(p = 1,2, \dots, P)$

t : پریود زمانی $(t = 1,2, \dots, T)$

r : انواع منابع تجهیزاتی $(r = 1,2, \dots, R)$

w : انواع منابع انسانی $(w = 1,2, \dots, W)$

پارامترها

$Ctrans_{p,i,j,t}$: هزینه حمل و نقل به ازای هر واحد محصـول p بـین بیمارسـتان i و مرکـز خدمت رسانی استریل j در پریود t

$CAPV$: ظرفیت حمل و نقل یک وسیله حمل و نقل

$QM_{r,i}$: تعداد منابع در دسترس اولیه تجهیزاتی نوع r در بیمارستان i

$QH_{w,i}$: تعداد منابع انسانی در دسترس اولیه نوع w در بیمارستان i

A_j : هزینه ثابت سفارش دهی موجودی در مرکز خدمات استریل j

h_j : هزینه نگهداری موجودی هر واحد در واحد زمان در مرکز خدمات استریل j

μ_{pit} : میانگین تقاضای روزانه بیمارستان i برای محصول p در پریود t

v_{pit} : واریانس تقاضای روزانه بیمارستان i برای محصول p در پریود t

l_{ij} : مدت زمان تحویل سفارش از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j

χ: تعداد روز کاری در هر پریود

$CV_{p,j,t}$: هزینه متغییر عملیات استریل برای هر واحد محصول p در مرکز خدمات اسـتریل j در پریود t

$CVH_{p,i,t}$: هزینه متغییر عملیات استریل برای هر واحد محصول p در بیمارسـتان i در پریـود t

$CS_{p,i,t}$: هزینه ذخیره سازی برای هر واحد محصول p در بیمارستان i در پریود t

$CF_{j,t}$: هزینه ثابت استفاده از مرکز خدمات استریل j در پریود t

$FOC_{j,t}$: هزینه ثابت بازگشایی مرکز خدمات استریل j در پریود t

$CFM_{r,j,t}$: هزینه ثابت استفاده از یک منبع تجهیزاتی نوع r در مرکز خـدمات اسـتریل j در پریود t

$CFH_{w,j,t}$: هزینه ثابت استفاده از منبع انسانی نوع w در مرکز خدمات استریل j در پریود t

$CFH_{i,t}$: هزینه ثابت استفاده از دپارتمان استریل بیمارستان i در پریود t

$CFHM_{r,i,t}$: هزینه ثابت استفاده از یک منبع تجهیزاتی نوع r در دپارتمان استریل بیمارستان i در پریود t

$CFHH_{w,i,t}$: هزینه ثابت استفاده از منبع انسانی نوع w در دپارتمان استریل بیمارستان i در پریود t

$CR_{r,ij,t}$: هزینه انتقال منبع تجهیزاتی نوع r از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j در پریود t

$CT_{w,ij,t}$: هزینه انتقال منبع انسانی نوع w از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j در پریود t

CAV_t : هزینه خرید یک وسیله حمل و نقل در شروع پریود t

$IO_{p,i}$: سطح موجودی اولیه از محصول نوع p در بیمارستان i

$IS_{p,i,t}$: سطح موجودی اطمینان از محصول نوع p در بیمارستان i در انتهای پریود t

$CAPM_r$: ظرفیت هر واحد منبع تجهیزاتی نوع r

$CAPH_w$: ظرفیت هر واحد منبع انسانی نوع w

$v_{r,i,t}$: درآمد حاصل از فروش منبع تجهیزاتی نوع r در بیمارستان i در شروع پریود t

V_p : حجم یک واحد از محصول نوع p

$\delta_{w,p}$: تعداد واحدهای زمانی منبع انسانی نوع w که جهت تولید یک واحد محصول نوع p مورد نیاز است.

d_{ij} : فاصله بین بیمارستان i از مرکز خدمات استریل j

T_i : موعد تحویل تجهیزات استریل شده به بیمارستان i

F_v: سرعت وسیله حمل و نقل جهت جابجایی محصولات از بیمارستان به مرکز خدمت رسانی استریل

متغیرهای تصمیم

$U_{j,t}$: ۱ اگر مرکز خدمات استریل j در پریود t بازگشایی گردد، ۰ در غیر اینصورت.

$Z_{i,t}$: ۱ اگر سرویس استریل توسط خود بیمارستان i در پریود t انجام گردد، ۰ در غیر اینصورت.

$Y_{i,j,t}$: ۱ اگر فرایند استریل نمودن بیمارستان i در مرکز خدمات استریل j در پریود t انجام گردد، ۰ در غیر اینصورت.

Q_j: میزان سفارش مرکز خدمات استریل j برای پاسخگویی به تقاضا

$X_{p,i,j,t}$: تعداد واحد از محصول نوع p از بیمارستان i که در مرکز خدمات استریل j در پریود t استریل می‌گردد.

r_j : سطح سفارش مجدد در مرکز خدمات استریل j

SS_j : سطح موجودی اطمینان در مرکز خدمات استریل j

$XH_{p,i,t}$: تعداد واحد از محصول نوع p از بیمارستان i که در پریود t در خود همان بیمارستان استریل می‌گردد.

$I_{p,i,t}$: سطح موجودی از محصول نوع p در بیمارستان i در انتهای پریود t.

$TRM_{r,ij,t}$: تعداد منبع تجهیزاتی نوع r انتقال پیدا نموده از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j در شروع پریود t

$VRM_{r,ij,t}$: تعداد منبع تجهیزاتی نوع r انتقال پیدا نموده از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j قبل از شروع پریود t

$TRH_{w,ij,t}$: تعداد منبع انسانی نوع w انتقال پیدا نموده از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j در شروع پریود t

$VRH_{w,ij,t}$: تعداد منبع انسانی نوع w انتقال پیدا نموده از بیمارستان i به مرکز خدمات استریل j قبل از شروع پریود t

$AV_{j,t}$: تعداد وسیله جدید مورد نیاز برای مرکز خدمات استریل j در شروع پریود t

$CAPtrans_{j,t}$: ظرفیت حمل و نقل مرکز خدمات استریل j در پریود t

$CAPM_{r,j,t}$: ظرفیت منبع تجهیزاتی نوع r در مرکز خدمات استریل j در پریود t

$CAPH_{w,j,t}$: ظرفیت منبع انسانی نوع w در مرکز خدمات استریل j در پریود t

$NM_{r,i,t}$: تعداد منبع تجهیزاتی نوع r در بیمارستان i فروخته شده در شروع پریود t

مدل ریاضی

به منظور ارائه مدل ریاضی در ابتدا نحوه در نظر گرفتن ریسک ادغام را تشریح می‌نماییم. فرض کنید D_j معرف میانگین تقاضای روزانه مرکز خدمات استریل j ، Γ_j واریانس تقاضای روزانه مرکز خدمات استریل j و L_j مدت زمان تحویل سفارش به مرکز خدمات استریل j بر حسب روز باشد.

بطوریکه تقاضای روزانه در مرکز خدمات استریل j دارای توزیع نرمال با میانگین $\left(D_j = \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\mu_{pit}Y_{i,j,t}\right)$ و واریانس $\left(\Gamma_j = \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}v_{pit}Y_{i,j,t}\right)$ می‌باشد. لازم به ذکر است تقاضاهای بیمارستان‌ها از یکدیگر مستقل و دارای توزیع نرمال می‌باشد. به طور مشابه، مدت زمان تحویل سفارش به مرکز خدمات استریل j برابر است با $\left(L_j = \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}l_{ij}Y_{i,j,t}\right)$. از اینرو تقاضا در مرکز خدمات استریل j در طول مدت زمان تحویل دارای توزیع نرمال خواهد بود با میانگین D_jL_j و واریانس Γ_jL_j.

با توجه به توضیحات ارائه شده برای مقدار بهینه سفارش در هر مرکز خدمات استریل به صورت زیر تخمین زده می‌شود (اورن، ۲۰۰۸ و یو و گرسمن، ۲۰۰۸):

$$Q_j^* = \sqrt{2A_j\chi D_j/h_j} = \sqrt{2A_j\chi\sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\mu_{pit}Y_{i,j,t}/h_j} \quad (1)$$

به طوریکه داریم:

$$X_{p,i,j,t} = \sqrt{2A_j\chi\mu_{pit}Y_{i,j,t}/h_j} \quad (2)$$

به علاوه سطح بهینه سفارش مجدد و سطح موجودی اطمینان در هر مرکز خدمات استریل به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$r_j = D_jL_j + z_\alpha\sqrt{\Gamma_jL_j}$$

$$SS_j = z_\alpha\sqrt{\Gamma_j L_j} = z_\alpha\sqrt{\sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} v_{pit} Y_{i,j,t} \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} l_{ij} Y_{i,j,t}} = z_\alpha\sqrt{\sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} v_{pit} l_{ij} Y_{i,j,t}} \quad (3)$$

که در آن α سطح سرویس نامیده می‌شود. به طوریکه $P(Z \leq z_\alpha) = \alpha$. با توجه به توضیحات ارائه شده مقدار بهینه تابع هزینه موجودی در هر مرکز خدمات استریل به صورت زیر می‌باشد (السعید و بویچر، ۱۹۹۴) :

$$C_j^{INV*} = \sqrt{2A_j h_j \chi D_j} + h_j z_\alpha\sqrt{\Gamma_j L_j} = \sqrt{2A_j h_j \chi \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} \mu_{pit} Y_{i,j,t}} + z_\alpha h_j\sqrt{\sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} v_{pit} l_{ij} Y_{i,j,t}} \quad (4)$$

تابع هدف (5) به منظور کمینه نمودن هزینه‌های مرتبط با خدمات استریل شامل هزینه ثابت بازگشایی، تحویل هزینه‌های ثابت و متغییر تولید، هزینه ذخیره سازی، هزینه خرید تجهیزات جدید (وسایل حمل و نقل) که مورد نیاز مراکز خدمات استریل می‌باشد، هزینه‌های انتقال و جابجایی برخی از منابع شامل پرستاران، تکنسین‌ها و اتوکلاوها می‌باشد. همچنین بیشینه نمودن هزینه صرفه جویی حاصل از فروش منابع تجهیزاتی استفاده نشده در بیمارستان‌ها. به علاوه هزینه‌های مرتبط با موجودی نیز در مراکز خدمات استریل کمینه خواهد شد. تابع هدف (6) به منظور حداکثر نمودن حداقل سطح سرویس دهی مراکز خدمات استریل ارائه شده است.

مدل برنامه ریزی مختلط عدد صحیح به صورت زیر می‌باشد:

$$\mathrm{Min}\mathcal{Z}_1 = \sum_{t=1}^{T}\Big[\sum_{j=1}^{N+M} FOC_{j,t}\, U_{j,t} + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N+M}\sum_{p=1}^{P} Ctrans_{p,i,j,t}\, X_{p,i,j,t} + \sum_{i=1}^{N}\Big[\sum_{p=1}^{P}\big(CVH_{p,i,t} XH_{p,i,t} + \big(CFH_{i,t} + \sum_{r=1}^{R} CFHM_{r,i,t}\, QM_{r,i} + \sum_{w=1}^{W} CFHH_{w,i,t}\, QH_{w,i}\big)Z_{i,t}\big)\Big] + \sum_{j=1}^{N+M}\sum_{i=1}^{N}\Big[\sum_{p=1}^{P}\Big(CV_{p,j,t} X_{p,i,j,t} + CF_{j,t}\frac{Y_{i,j,t}}{N}\Big) + \sum_{r=1}^{R} CFM_{r,j,t} VRM_{r,ij,t} + \sum_{w=1}^{W} CFH_{w,j,t}\, VRH_{w,ij,t}\Big] + \sum_{i=1}^{N}\sum_{p=1}^{P} CS_{p,i,t} I_{p,i,t} +$$

$\sum_{j=1}^{N+M} CAV_t AV_{j,t} + \sum_{w=1}^{W} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N+M} \left(CT_{w,ij,t} TRH_{w,ij,t} \right) +$
$\sum_{r=1}^{R} \sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{N+M} \left(CR_{r,ij,t} TRM_{r,ij,t} - v_{r,i,t} NM_{r,i,t} \right) \Big] +$
$\sqrt{2A_j h_j \chi \sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} \mu_{pit} Y_{i,j,t}} +$
$z_\alpha h_j \sqrt{\sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1}^{N} \sum_{t=1}^{T} v_{pit} l_{ij} Y_{i,j,t}}$ (5)

$$\mathrm{Max} \mathcal{Z}_2 = Min \left\{ \left(1 - F_v \left(d_{ij} / T_i \right) \right) Y_{i,j,t} \right\} \quad (6)$$

Subject to:

$$Y_{i,j,t} \le U_{j,t} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \ \forall j = 1,2, \dots, N+M, \ \forall t = 1,2, \dots, T \quad (7)$$

محدودیت (7) تضمین می‌نماید زمانی می‌توان بیمارستانی را برای انجام خدمات استریل به مرکز خدمات استریل تخصیص داد که آن مرکز بازگشایی شده باشد.

$$Z_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} = 1 \qquad \forall i = 1,2, \dots N, \quad \forall t = 1,2, \dots, T \qquad (8)$$

محدودیت (8) تضمین می‌نماید فرایند استریل هر بیمارستان در هر پریود یا در خود همان بیمارستان انجام می‌پذیرد و یا توسط یک مرکز خدمات استریل انجام می‌شود. لازم به ذکر است در صورتی که تصمیم به استفاده از مرکز خدمات استریل گرفته شود اصطلاحاً عنوان می‌گردد شبکه به صورت متمرکز می‌باشد و در حالتی که تصمیم به استفاده از خود بیمارستان گرفته شود اصطلاحاً عنوان می‌گردد شبکه به صورت غیر متمرکز می‌باشد.

$$Y_{i,j,t} \le Y_{i,j,t+k} \quad \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall i = 1,2, \dots, N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall k = 1,2, \dots, T-t \qquad (9)$$

محدودیت (9) تضمین می‌نماید اگر ساختار متمرکز در پریود t انتخاب شده باشد، این تصمیم برای پریودهای باقی مانده افق برنامه ریزی برقرار خواهد بود.

$$\sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1, i \ne j}^{N} X_{p,i,j,t} V_p \le CAPtrans_{j,t} U_{j,t} \quad \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall t = 1,2, \dots, T \qquad (10)$$

محدودیت (10) معرف ظرفیت حمل و نقل می‌باشد.

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{N+M} U_{j,t} \le Q \qquad (11)$$

محدودیت (11) بیان می‌دارد که تعداد مراکز خدمت رسانی استریل مورد استفاده توسط تمام بیمارستان‌ها محدود بوده و نمی تواند بیشتر از تعداد مشخصی باشد.

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{p=1}^{P} X_{p,i,j,t}\, V_p \le CAPM_{r,j,t} U_{j,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall r = 1,2,\dots,R \qquad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{p=1}^{P} X_{p,i,j,t}\, \delta_{w,p} \le CAPH_{w,j,t}\, U_{j,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall w = 1,2,\dots,W \qquad (13)$$

محدودیت (12) نشان می‌دهد تعداد محصول تولید شده استریل در هر یک از مراکز خدمات استریل باید از ظرفیت در دسترس منابع تجهیزاتی فزونی نیابد. محدودیت (13) نشان می‌دهد تعداد محصول تولید شده استریل در هر یک از مراکز خدمات استریل باید از ظرفیت در دسترس منابع انسانی فزونی نیابد.

$$\sum_{p=1}^{P} XH_{p,i,t} V_p \le QM_{r,i} CAPM_r \quad \forall i = 1,2,\dots,N, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall r = 1,2,\dots,R \qquad (14)$$

$$\sum_{p=1}^{P} XH_{p,i,t} \delta_{w,p} \le QH_{w,i} CAPH_w \quad \forall i = 1,2,\dots,N, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall w = 1,2,\dots,W \qquad (15)$$

محدودیت (14) نشان می‌دهد تعداد محصول تولید شده استریل در هر یک از بیمارستان‌ها باید از ظرفیت در دسترس منابع تجهیزاتی فزونی نیابد. محدودیت (15) نشان می‌دهد تعداد محصول تولید شده استریل در هر یک از بیمارستان‌ها باید از ظرفیت در دسترس منابع انسانی فزونی نیابد.

$$X_{p,i,j,t} \le \mathbb{M}\, Y_{i,j,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \ \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall p = 1,2,\dots,P, \ \forall t = 1,2,\dots,T \qquad (16)$$

$$XH_{p,i,t} \le \mathbb{M}\, Z_{i,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \ \forall p = 1,2,\dots,P, \ \forall t = 1,2,\dots,T \qquad (17)$$

روابط (16) و (17) محدودیت‌های منطقی می‌باشد که حد بالای میزان تولید محصولات استریل را در مراکز خدمات استریل و یا بیمارستان‌ها در صورت انتخاب هر یک نشان می‌دهد.

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - \mu_{pit} \quad \forall i = 1,2,\dots N,\ \ \forall p = 1,2,\dots,P\ \forall t = 1,2,\dots,T \qquad (18)$$

$$I_{p,i,1} = IO_{p,i} + XH_{p,i,1} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,1} - \mu_{pi1}\ \forall i = 1,2,\dots N,\ \ \forall p = 1,2,\dots,P \qquad (19)$$

محدودیت‌های (18) و (19) سطح موجودی را در هر یک از بیمارستان‌های شبکه مشخص می‌نماید. به طوریکه سطح موجودی در پایان دوره t برابر است با سطح موجودی در پایان دوره $t-1$ به علاوه تعداد محصول تولید شده در طول دوره t منهای تعداد تقاضای موجود برای محصول در طی دوره t . لازم به ذکر است تعداد محصول تولیده شده محصولاتی می‌باشد که در مراکز خدمات استریل و یا در خدمت بیمارستان تولید می‌گردد. همچنین مشخص است که این محدودیت‌ها نحوه جریان موجودی را در شبکه مورد بررسی نمایش می‌دهند.

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N,\ \ \forall p = 1,2,\dots,P,\ \ \forall t = 1,2,\dots,T \qquad (20)$$

محدودیت (20) بیان می‌دارد که میزان موجودی هر یک از محصولات در هر یک از بیمارستان‌ها و در هر یک از پریودهای برنامه ریزی می‌بایستی بزرگتر یا مساوی میزان موجودی اطمینان باشد.

$$CAPM_{r,j,t} = \sum_{i=1}^{N} CAPM_r\, VRM_{r,ij,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall r = 1,2,\dots,R,\ \ \forall t = 1,2,\dots,T \qquad (21)$$

$$CAPH_{w,j,t} = \sum_{i=1}^{N} CAPH_w VRH_{w,ij,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots,R, \forall t = 1,2,\dots,T \qquad (22)$$

محدودیت‌های (21) و (22) تضمین می‌نمایند که ظرفیت مراکز خدمات رسانی استریل برابر مجموع ظرفیت منابع انتقال یافته از بیمارستان‌ها موجود در شبکه به مراکز خدمات رسانی استریل می‌باشد. لازم به ذکر است منابع شامل منابع تجهیزاتی و انسانی می‌باشد.

$$CAPtrans_{j,t} = CAPV \sum_{k=1}^{t} AV_{j,t} \quad \forall j = 1,2,\ldots,N+\mathrm{M} \qquad (23)$$

محدودیت (23) ظرفیت حمل و نقل هر یک از مراکز خدمات استریل را معین می‌نماید که برابر ظرفیت وسایل حمل و نقل جدید خریداری شده می‌باشد.

$$QM_{r,i} \geq \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{N+M} \left(TRM_{r,ij,t} + NM_{r,i,t}\right) \quad \forall i = 1,2,\ldots N, \;\; \forall r = 1,2,\ldots,R \qquad (24)$$

$$QM_{r,i} \leq \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{N+M} \left(TRM_{r,ij,t} + NM_{r,i,t} + \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,t}\right)\right) \quad \forall i = 1,2,\ldots N, \;\; r = 1,2,\ldots,R \qquad (25)$$

محدودیت‌های (24) و (25) عنوان می‌دارند که تعداد منابع تجهیزاتی انتقال پیدا نموده از یک بیمارستان به مراکز خدمات استریل به علاوه تعداد تجهیزات مازاد فروخته شده باید برابر با تعداد منابع تجهیزاتی اولیه در دسترس باشد.

$$\mathrm{VRM}_{\mathrm{r,ij,t}} \leq \mathrm{QM}_{\mathrm{r,i}}\, \mathrm{Y}_{\mathrm{i,j,t}} \quad \forall \mathrm{i} = 1,2,\ldots \mathrm{N}, \forall \mathrm{j} = 1,2,\ldots,\mathrm{N}+\mathrm{M}, \forall \mathrm{r} = 1,2,\ldots,\mathrm{R}, \forall \mathrm{t} = 1,2,\ldots,\mathrm{T} \qquad (26)$$

محدودیت (26) عنوان می‌دارد که منابع تجهیزاتی در صورتی می‌توانند از بیمارستانی به مراکز خدمات استریل ارسال گردند که آن بیمارستان به مرکز خدمات استریل مورد نظر تخصیص پیدا نموده باشد.

$$\mathrm{VRH}_{\mathrm{w,ij,t}} \leq \mathrm{QH}_{\mathrm{w,i}}\, \mathrm{Y}_{\mathrm{i,j,t}} \quad \forall \mathrm{i} = 1,2,\ldots \mathrm{N}, \forall \mathrm{j} = 1,2,\ldots,\mathrm{N}+\mathrm{M}, \forall \mathrm{w} = 1,2,\ldots,\mathrm{W}, \;\; \forall \mathrm{t} = 1,2,\ldots,\mathrm{T} \qquad (27)$$

محدودیت (27) عنوان می‌دارد که منابع انسانی در صورتی می‌توانند از بیمارستانی به مراکز خدمات استریل ارسال گردند که آن بیمارستان به مرکز خدمات استریل مورد نظر تخصیص پیدا نموده باشد.

$$\sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \leq 1 \quad \forall i = 1,2,\ldots N, \forall t = 1,2,\ldots,T \qquad (28)$$

محدودیت (28) عنوان می‌دارد هر بیمارستان در هر پریود فقط می‌تواند به یکی از مراکز خدمات استریل تخصیص پیدا نماید.

$$VRM_{r,ij,t} \geq VRM_{r,ij,t+k} - \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,t}\right) \;\; \forall i = 1,2,\ldots N, \forall t = 1,2,\ldots,T, \forall r = 1,2,\ldots R, \;\; \forall j = 1,2,\ldots,N+M, \forall k = 1,\ldots,T-t \qquad (29)$$

$$VRM_{r,ij,t} \leq VRM_{r,ij,t+k} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall r = 1,2, \dots R, \ \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall k = 1, \dots, T-t \qquad (30)$$

محدودیت‌های (29) و (30) عنوان می‌دارند که در صورتی که مراکز خدمات استریل جهت استریل نمودن انتخاب شوند، تعداد منابع تجهیزاتی مورد نیاز در مرکز خدمات استریل باید پاسخگوی احتیاجات پریود تخصیص یافته و مابقی پریودهای باقی مانده تا انتهای افق برنامه ریزی باشند.

$$VRH_{w,ij,t} \geq VRH_{w,ij,t+k} - \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,t}\right) \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall w = 1,2, \dots W, \ \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall k = 1, \dots, T-t \qquad (31)$$

$$VRH_{w,ij,t} \leq VRH_{w,ij,t+k} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall w = 1,2, \dots W, \ \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall k = 1, \dots, T-t \qquad (32)$$

محدودیت‌های (31) و (32) عنوان می‌دارند که در صورتی که مراکز خدمات استریل جهت استریل نمودن انتخاب شوند، تعداد منابع انسانی مورد نیاز در مرکز خدمات استریل باید پاسخگوی احتیاجات پریود تخصیص یافته و مابقی پریودهای باقی مانده تا انتهای افق برنامه ریزی باشند.

$$\mathrm{VRM_{r,ij,t+1}} \leq \mathrm{TRM_{r,ij,t+1}} + \mathbb{M}\left(1 - \left(\mathrm{Y_{i,j,t+1}} - \mathrm{Y_{i,j,t}}\right)\right) \ \forall \mathrm{t} = 1,2, \dots, \mathrm{T}-1, \forall \mathrm{i} = 1,2, \dots \mathrm{N} \forall \mathrm{j} = 1,2, \dots, \mathrm{N}+\mathrm{M}, \forall \mathrm{r} = 1,2, \dots \mathrm{R} \qquad (33)$$

$$\mathrm{VRM_{r,ij,t+1}} \geq \mathrm{TRM_{r,ij,t+1}} \quad \forall \mathrm{t} = 1,2, \dots, \mathrm{T}-1, \forall \mathrm{i} = 1,2, \dots \mathrm{N}, \forall \mathrm{j} = 1,2, \dots, \mathrm{N}+\mathrm{M}, \forall \mathrm{r} = 1,2, \dots \mathrm{R} \qquad (34)$$

$$\mathrm{VRM_{r,ij,1}} \leq \mathrm{TRM_{r,ij,1}} + \mathbb{M}\left(1 - \mathrm{Y_{i,j,1}}\right) \forall \mathrm{i} = 1,2, \dots \mathrm{N}, \forall \mathrm{j} = 1,2, \dots, \mathrm{N}+\mathrm{M}, \forall \mathrm{r} = 1,2, \dots \mathrm{R} \qquad (35)$$

$$\mathrm{VRM_{r,ij,1}} \geq \mathrm{TRM_{r,ij,1}} \quad \forall \mathrm{i} = 1,2, \dots \mathrm{N}, \forall \mathrm{j} = 1,2, \dots, \mathrm{N}+\mathrm{M}, \forall \mathrm{r} = 1,2, \dots \mathrm{R} \qquad (36)$$

محدودیت‌های (33) تا (36) تعداد منابع تجهیزاتی انتقال پیدا نموده از هر بیمارستان به هر مرکز خدمات استریل را در دوره اول و دورهای بعدی برنامه ریزی نشان می‌دهد. همچنین

عنوان می‌دارد که تعداد منابع تجهیزاتی انتقال پیدا نموده در هر دوره باید کوچکتر یا مساوی تعداد منابع تجهیزاتی در دسترس جهت انتقال در ابتدای آن دوره باشد.

$$VRH_{w,ij,t+1} \leq TRH_{w,ij,t+1} + \mathbb{M}\left(1-\left(Y_{i,j,t+1}-Y_{i,j,t}\right)\right)\ \forall t = 1,2,\dots,T-1, \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots W \quad (37)$$

$$VRH_{w,ij,t+1} \geq TRH_{w,ij,t+1}\ \ \forall t = 1,2,\dots,T-1, \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots W \quad (38)$$

$$VRH_{w,ij,1} \leq TRH_{w,ij,1} + \mathbb{M}\left(1-Y_{i,j,1}\right) \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots W \quad (39)$$

$$VRH_{w,ij,1} \geq TRH_{w,ij,1}\ \ \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots W \quad (40)$$

محدودیت‌های (37) تا (40) تعداد منابع انسانی انتقال پیدا نموده از هر بیمارستان به هر مرکز خدمات استریل را در دوره اول و دورهای بعدی برنامه ریزی نشان می‌دهد. همچنین عنوان می‌دارد که تعداد منابع انسانی انتقال پیدا نموده در هر دوره باید کوچکتر یا مساوی تعداد منابع انسانی در دسترس جهت انتقال در ابتدای آن دوره باشد.

$$TRM_{r,ij,t+1} \leq QM_{r,i}\left(Y_{i,j,t+1}-Y_{i,j,t}\right)\ \ \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall r = 1,2,\dots R, \forall t = 1,2,\dots,T \quad (41)$$

$$TRM_{r,ij,1} \leq QM_{r,i}Y_{i,j,1}\ \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall r = 1,2,\dots R \quad (42)$$

$$NM_{r,i,t+1} \leq QM_{r,i}\left(\textstyle\sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t+1}-Y_{i,j,t}\right)\ \ \forall t = 1,2,\dots,T-1, \forall i = 1,2,\dots N, \forall r = 1,2,\dots R \quad (43)$$

$$NM_{r,i,1} \leq QM_{r,i}\left(\textstyle\sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1}\right)\ \ \forall i = 1,2,\dots N, \forall r = 1,2,\dots R \quad (44)$$

$$TRH_{w,ij,t+1} \leq QH_{w,i}\left(Y_{i,j,t+1}-Y_{i,j,t}\right) \forall t = 1,2,\dots,T-1, \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots W \quad (45)$$

$$TRH_{w,ij,1} \leq QH_{w,i}Y_{i,j,1}\ \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots W \quad (46)$$

محدودیت‌های (41) تا (46) تضمین می‌نمایند که اگر مرکز خدمات استریل جهت استریل نمودن انتخاب گردید، تعداد منابع مورد نیاز برای این مرکز باید در شروع پریود مورد بررسی به آن مرکز انتقال پیدا نموده باشد، همچنین این منابع انتقال یافته باید از تعداد منابع در دسترس کمتر باشند. به علاوه محدودیت مرتبط با تعداد منابع مازاد فروخته شده نیز در این محدودیت‌ها عنوان شده است.

$$U_{j,t}, Z_{i,t}\ , Y_{i,j,t} \in \{0,1\} \tag{47}$$

$$XH_{p,i,t}, I_{p,i,t}\ , TRM_{r,ij,t}, VRM_{r,ij,t}, TRH_{w,ij,t}, VRH_{w,ij,t}, AV_{j,t}, CAPtrans_{j,t}, CAPM_{r,j,t}, CAPH_{w,j,t}, NM_{r,i,t} \geq 0 \tag{48}$$

محدودیت‌های (47) و (48) بیانگر متغییرهای صفر و یک و متغییرهای بزرگتر از صفر می‌باشد.

به منظور توسعه مدل ریاضی ارائه شده در چهارچوب روش بهینه سازی استوار، پارامترهایی نظیرهزینه‌های حمل و نقل، هزینه‌های متغییر عملیات، هزینه ذخیره سازی، هزینه‌های ثابت بازگشایی، هزینه‌های ثابت استفاده از منابع، هزینه‌های انتقال منابع، تعداد منابع در دسترس اولیه، هزینه خرید وسایل حمل و نقل و درآمد و حاصل از فروش منابع به صورت غیر قطعی در نظر گرفته میشوند. در واقع هزینه‌های حمل و نقل به عوامل متعددی نظیر نوع وسایل حمل و نقل، مسافت جابجایی و مواردی از این دست بستگی دارد و لذا نمی توان به صورت دقیق آنرا محاسبه نمود. در رابطه با هزینه‌های متغییر عملیات همان طور که از عنوان آن مشخص می‌باشد با توجه به نوع وسیله جهت استریل نمودن و زمان و تجهیزات مورد نیاز نمی توان به صورت دقیق مقدار آنرا را محاسبه نمود. در رابطه با هزینه بازشگایی نیز با توجه به منطقه جغرافیایی، تورم و فضای در دسترس امکان محاسبه آن به صورت دقیق امکان پذیر نمی باشد. در ارتباط با هزینه مرتبط با منابع و هزینه خرید وسایل حمل و نقل با توجه به تغییرات نرخ ارز، تورم و مواردی از این دست امکان محاسبه آن به طور دقیق امکان پذیر نمی باشد، همچنین در ارتباط با در آمد حاصل نیز با توجه به غیر قطعی بدون انواع هزینه‌ها امکان محاسبه دقیق آن مقدور نمی باشد. لازم به ذکر است در این مقاله از روش بهینه سازی استوار

ارائه شده توسط بنتال و همکاران (۲۰۰۹) استفاده گردیده است. به منظور ساده سازی در پیاده سازی روش بهینه سازی استوار در تابع هدف اول حاصلضرب $\left(QM_{r,i}.CFHM_{r,i,t}\right)$ را $\left(\mathcal{A}_{r,i,t}\right)$ ، $\left(CFHH_{w,i,t}.QH_{w,i}\right)$ را $\left(\mathcal{B}_{w,i,t}\right)$، $\left(\frac{CF_{j,t}}{N}\right)$ را $\left(\mathcal{C}_{j,t}\right)$ در نظر می گیریم. در مدل ارائه شده، فرض می گردد که هر یک از پارامترهای غیرقطعی در یک جعبه کراندار بسته[1] تغییر می‌یابند. نمایش کلی این جعبه به صورت زیر است:

$$u_{Box} = \left\{\xi \in \Re^n: \left|\xi_t - \overline{\xi_t}\right| \le \rho G_t, \qquad t = 1,2,\dots,n\right\}$$

که در آن $\overline{\xi_t}$ ، مقدار نرمال ξ_t یا t امین پارامتر بردار ξ و مقدار مثبت G_t نمایانگر ''مقیاس عدم‌قطعیت'' و $\rho > 0$ ''سطح عدم‌قطعیت'' است، از اینرو داریم:

$$Min\mathcal{W}_1 \tag{49}$$

$$Max\mathcal{Z}_2 = Min\left\{\left(1 - F_v\left(d_{ij}/T_i\right)\right)Y_{i,j,t}\right\} \tag{50}$$

Subject to:

$$\sum_{t=1}^{T}\Big[\sum_{j=1}^{N+M}\left(\overline{FOC_{j,t}}U_{j,t} + \eta_{j,t}^{FOC}\right) +$$
$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N+M}\sum_{p=1}^{P}\left(\overline{Ctrans_{p,i,j,t}}X_{p,i,j,t} + \eta_{p,i,j,t}^{Ctrans}\right) +$$
$$\sum_{i=1}^{N}\Big[\sum_{p=1}^{P}\Big(\left(\overline{CVH_{p,i,t}}XH_{p,i,t} + \eta_{p,i,t}^{CVH}\right) + \Big(\left(\overline{CFH_{i,t}}Z_{i,t} + \eta_{i,t}^{CFH}\right) +$$
$$\sum_{r=1}^{R}\left(\overline{\mathcal{A}_{r,i,t}}Z_{i,t} + \eta_{r,i,t}^{\mathcal{A}}\right) + \sum_{w=1}^{W}\left(\overline{\mathcal{B}_{w,i,t}}Z_{i,t} + \eta_{w,i,t}^{\mathcal{B}}\right)\Big)\Big)\Big] +$$
$$\sum_{j=1}^{N+M}\sum_{i=1}^{N}\Big[\sum_{p=1}^{P}\Big(\left(\overline{CV_{p,j,t}}X_{p,i,j,t} + \eta_{p,j,t}^{CV}\right) + \left(\overline{\mathcal{C}_{j,t}}Y_{i,j,t} + \eta_{j,t}^{\mathcal{C}}\right)\Big) +$$
$$\sum_{r=1}^{R}\left(\overline{CFM_{r,j,t}}VRM_{r,ij,t} + \eta_{r,j,t}^{CFM}\right) + \sum_{w=1}^{W}\Big(\overline{CFH_{w,j,t}}VRH_{w,ij,t} +$$
$$\eta_{w,j,t}^{CFH}\Big)\Big] + \sum_{i=1}^{N}\sum_{p=1}^{P}\left(\overline{CS_{p,i,t}}I_{p,i,t} + \eta_{p,i,t}^{CS}\right) + \sum_{j=1}^{N+M}\Big(\overline{CAV_t}AV_{j,t} +$$
$$\eta_t^{CAV}\Big) + \sum_{w=1}^{W}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N+M}\left(\overline{CT_{w,ij,t}}TRH_{w,ij,t} + \eta_{w,i,j,t}^{CT}\right) +$$
$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N+M}\Big(\left(\overline{CR_{r,ij,t}}TRM_{r,ij,t} + \eta_{r,i,j,t}^{CR}\right) - \Big(\overline{v_{r,i,t}}NM_{r,i,t} +$$

[1] Closed Bounded Box

$$\eta^{v}_{r,i,t}\big)\big)\Big] + \sqrt{2A_j h_j \chi \sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\mu_{pit}Y_{i,j,t}} +$$

$$z_\alpha h_j \sqrt{\sum_{p=1}^{P}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T} v_{pit} l_{ij} Y_{i,j,t}} \le \mathcal{W}_1$$

(51)

$$\rho_{FOC}\mathcal{G}^{FOC}_{j,t} \le \eta^{FOC}_{j,t}\ ,\ \rho_{FOC}\mathcal{G}^{FOC}_{j,t} \ge -\eta^{FOC}_{j,t}\quad \forall j,t$$

(52)

$$\rho_{Ctrans}\mathcal{G}^{Ctrans}_{p,i,j,t} \le \eta^{Ctrans}_{p,i,j,t}, \rho_{Ctrans}\mathcal{G}^{Ctrans}_{p,i,j,t} \ge -\eta^{Ctrans}_{p,i,j,t}\quad \forall p,i,j,t$$

(53)

$$\rho_{CVH}\mathcal{G}^{CVH}_{p,i,t} \le \eta^{CVH}_{p,i,t}, \rho_{CVH}\mathcal{G}^{CVH}_{p,i,t} \ge -\eta^{CVH}_{p,i,t}\quad \forall p,i,t$$

(54)

$$\rho_{CFH}\mathcal{G}^{CFH}_{i,t} \le \eta^{CFH}_{i,t}, \rho_{CFH}\mathcal{G}^{CFH}_{i,t} \ge -\eta^{CFH}_{i,t}\quad \forall i,t$$

(55)

$$\rho_{\mathcal{A}}\mathcal{G}^{\mathcal{A}}_{r,i,t} \le \eta^{\mathcal{A}}_{r,i,t}, \rho_{\mathcal{A}}\mathcal{G}^{\mathcal{A}}_{r,i,t} \ge -\eta^{\mathcal{A}}_{r,i,t}\quad \forall r,i,t$$

(56)

$$\rho_{\mathcal{B}}\mathcal{G}^{\mathcal{B}}_{w,i,t} \le \eta^{\mathcal{B}}_{w,i,t}, \rho_{\mathcal{B}}\mathcal{G}^{\mathcal{B}}_{w,i,t} \ge -\eta^{\mathcal{B}}_{w,i,t}\quad \forall w,i,t$$

(57)

$$\rho_{CV}\mathcal{G}^{CV}_{p,j,t} \le \eta^{CV}_{p,j,t}, \rho_{CV}\mathcal{G}^{CV}_{p,j,t} \ge -\eta^{CV}_{p,j,t}\quad \forall p,j,t$$

(58)

$$\rho_{\mathcal{C}}\mathcal{G}^{\mathcal{C}}_{j,t} \le \eta^{\mathcal{C}}_{j,t}, \rho_{\mathcal{C}}\mathcal{G}^{\mathcal{C}}_{j,t} \ge -\eta^{\mathcal{C}}_{j,t}\quad \forall j,t$$

(59)

$$\rho_{CFM}\mathcal{G}^{CFM}_{r,j,t} \le \eta^{CFM}_{r,j,t}, \rho_{CFM}\mathcal{G}^{CFM}_{r,j,t} \ge -\eta^{CFM}_{r,j,t}\quad \forall r,j,t$$

(60)

$$\rho_{CFH}\mathcal{G}^{CFH}_{w,j,t} \le \eta^{CFH}_{w,j,t}, \rho_{CFH}\mathcal{G}^{CFH}_{w,j,t} \ge -\eta^{CFH}_{w,j,t}\quad \forall w,j,t$$

(61)

$$\rho_{CS}\mathcal{G}^{CS}_{p,i,t} \le \eta^{CS}_{p,i,t}, \rho_{CS}\mathcal{G}^{CS}_{p,i,t} \ge -\eta^{CS}_{p,i,t}\quad \forall p,i,t$$

(62)

$$\rho_{CAV}\mathcal{G}^{CAV}_{t} \le \eta^{CAV}_{t}, \rho_{CAV}\mathcal{G}^{CAV}_{t} \ge -\eta^{CAV}_{t}\quad \forall t$$

(63)

$$\rho_{CT}\mathcal{G}^{CT}_{w,i,j,t} \le \eta^{CT}_{w,i,j,t}, \rho_{CT}\mathcal{G}^{CT}_{w,i,j,t} \ge -\eta^{CT}_{w,i,j,t}\quad \forall w,i,j,t$$

(64)

$$\rho_{CR}\mathcal{G}^{CR}_{r,i,j,t} \le \eta^{CR}_{r,i,j,t}, \rho_{CR}\mathcal{G}^{CR}_{r,i,j,t} \ge -\eta^{CR}_{r,i,j,t}\quad \forall r,i,j,t$$

(65)

$$\rho_v \mathcal{G}^v_{r,i,t} \le \eta^v_{r,i,t} \quad , \rho_v \mathcal{G}^v_{r,i,t} \ge -\eta^v_{r,i,t} \quad \forall r,i,t$$

(66)

$$Y_{i,j,t} \le U_{j,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \;\; \forall j = 1,2,\dots,N+M, \;\; \forall t = 1,2,\dots,T$$

(67)

$$Z_{i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} = 1 \qquad \forall i = 1,2,\dots N, \quad \forall t = 1,2,\dots,T$$

(68)

$$Y_{i,j,t} \le Y_{i,j,t+k} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall i = 1,2,\dots,N, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall k = 1,2,\dots,T-t$$

(69)

$$\sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1, i\ne j}^{N} X_{p,i,j,t} V_p \le CAPtrans_{j,t}\, U_{j,t} \qquad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall t = 1,2,\dots,T$$

(70)

$$\sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{N+M} U_{j,t} \le Q$$

(71)

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{p=1}^{P} X_{p,i,j,t}\, V_p \le CAPM_{r,j,t} U_{j,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall r = 1,2,\dots,R$$

(72)

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{p=1}^{P} X_{p,i,j,t}\, \delta_{w,p} \le CAPH_{w,j,t}\, U_{j,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall w = 1,2,\dots,W$$

(73)

$$\sum_{p=1}^{P} XH_{p,i,t} V_p \le QM_{r,i} CAPM_r \quad \forall i = 1,2,\dots,N, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall r = 1,2,\dots,R$$

(74)

$$\sum_{p=1}^{P} XH_{p,i,t} \delta_{w,p} \le QH_{w,i} CAPH_w \quad \forall i = 1,2,\dots,N, \forall t = 1,2,\dots,T, \forall w = 1,2,\dots,W$$

(75)

$$X_{p,i,j,t} \le \mathbb{M}\, Y_{i,j,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \;\; \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall p = 1,2,\dots,P, \;\; \forall t = 1,2,\dots,T$$

(76)

$$XH_{p,i,t} \le \mathbb{M}\, Z_{i,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \;\; \forall p = 1,2,\dots,P, \;\; \forall t = 1,2,\dots,T$$

(77)

$$I_{p,i,t} = I_{p,i,t-1} + XH_{p,i,t} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,t} - \mu_{pit} \quad \forall i = 1,2,\dots N,\ \forall p = 1,2,\dots,P\ \forall t = 1,2,\dots,T \tag{78}$$

$$I_{p,i,1} = IO_{p,i} + XH_{p,i,1} + \sum_{j=1}^{N+M} X_{p,i,j,1} - \mu_{pi1}\ \forall i = 1,2,\dots N,\ \forall p = 1,2,\dots,P \tag{79}$$

$$I_{p,i,t} \geq IS_{p,i,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N,\ \forall p = 1,2,\dots,P,\ \forall t = 1,2,\dots,T \tag{80}$$

$$CAPM_{r,j,t} = \sum_{i=1}^{N} CAPM_r\, VRM_{r,ij,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall r = 1,2,\dots,R,\ \forall t = 1,2,\dots,T \tag{81}$$

$$CAPH_{w,j,t} = \sum_{i=1}^{N} CAPH_w VRH_{w,ij,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots,R, \forall t = 1,2,\dots,T \tag{82}$$

$$CAPtrans_{j,t} = CAPV \sum_{k=1}^{t} AV_{j,t} \quad \forall j = 1,2,\dots,N+M \tag{83}$$

$$\overline{QM_{r,\iota}} - \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM} \geq \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{N+M} \left(TRM_{r,ij,t} + NM_{r,i,t} \right) \quad \forall i = 1,2,\dots N,\ \forall r = 1,2,\dots,R \tag{84}$$

$$\overline{QM_{r,\iota}} + \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM} \leq \sum_{t=1}^{T} \sum_{j=1}^{N+M} \left(TRM_{r,ij,t} + NM_{r,i,t} + \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,t}\right)\right) \quad \forall i = 1,2,\dots N,\ \forall r = 1,2,\dots,R \tag{85}$$

$$VRM_{r,ij,t} \leq \left(\overline{QM_{r,\iota}} - \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM} \right) Y_{i,j,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall r = 1,2,\dots,R, \forall t = 1,2,\dots,T \tag{86}$$

$$VRH_{w,ij,t} \leq \left(\overline{QH_{w,\iota}} - \rho_{QH} \mathcal{G}_{w,i}^{QH} \right) Y_{i,j,t} \quad \forall i = 1,2,\dots N, \forall j = 1,2,\dots,N+M, \forall w = 1,2,\dots,W, \forall t = 1,2,\dots,T \tag{87}$$

$$\sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t} \leq 1 \quad \forall i = 1,2,\dots N, \forall t = 1,2,\dots,T \tag{88}$$

$$VRM_{r,ij,t} \geq VRM_{r,ij,t+k} - \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,t}\right) \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall r = 1,2, \dots R, \ \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall k = 1, \dots, T - t \quad (89)$$

$$VRM_{r,ij,t} \leq VRM_{r,ij,t+k} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall r = 1,2, \dots R, \ \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall k = 1, \dots, T - t \quad (90)$$

$$VRH_{w,ij,t} \geq VRH_{w,ij,t+k} - \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,t}\right) \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall w = 1,2, \dots W, \ \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall k = 1, \dots, T - t \quad (91)$$

$$VRH_{w,ij,t} \leq VRH_{w,ij,t+k} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall t = 1,2, \dots, T, \forall w = 1,2, \dots W, \ \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall k = 1, \dots, T - t \quad (92)$$

$$VRM_{r,ij,t+1} \leq TRM_{r,ij,t+1} + \mathbb{M}\left(1 - \left(Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}\right)\right) \ \forall t = 1,2, \dots, T - 1, \forall i = 1,2, \dots N \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall r = 1,2, \dots R \quad (93)$$

$$VRM_{r,ij,t+1} \geq TRM_{r,ij,t+1} \quad \forall t = 1,2, \dots, T - 1, \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall r = 1,2, \dots R \quad (94)$$

$$VRM_{r,ij,1} \leq TRM_{r,ij,1} + \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,1}\right) \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall r = 1,2, \dots R \quad (95)$$

$$VRM_{r,ij,1} \geq TRM_{r,ij,1} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall r = 1,2, \dots R \quad (96)$$

$$VRH_{w,ij,t+1} \leq TRH_{w,ij,t+1} + \mathbb{M}\left(1 - \left(Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}\right)\right) \ \forall t = 1,2, \dots, T - 1, \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall w = 1,2, \dots W \quad (97)$$

$$VRH_{w,ij,t+1} \geq TRH_{w,ij,t+1} \quad \forall t = 1,2, \dots, T - 1, \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N + M, \forall w = 1,2, \dots W \quad (98)$$

$$VRH_{w,ij,1} \leq TRH_{w,ij,1} + \mathbb{M}\left(1 - Y_{i,j,1}\right) \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall w = 1,2, \dots W \tag{99}$$

$$VRH_{w,ij,1} \geq TRH_{w,ij,1} \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall w = 1,2, \dots W \tag{100}$$

$$TRM_{r,ij,t+1} \leq \left(\overline{QM_{r,\imath}} - \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM}\right)\left(Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}\right) \quad \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall r = 1,2, \dots R, \forall t = 1,2, \dots, T \tag{101}$$

$$TRM_{r,ij,1} \leq \left(\overline{QM_{r,\imath}} - \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM}\right) Y_{i,j,1} \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall r = 1,2, \dots R \tag{102}$$

$$NM_{r,i,t+1} \leq \left(\overline{QM_{r,\imath}} - \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM}\right)\left(\textstyle\sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}\right) \ \forall t = 1,2, \dots, T-1, \forall i = 1,2, \dots N, \forall r = 1,2, \dots R \tag{103}$$

$$NM_{r,i,1} \leq \left(\overline{QM_{r,\imath}} - \rho_{QM} \mathcal{G}_{r,i}^{QM}\right)\left(\textstyle\sum_{j=1}^{N+M} Y_{i,j,1}\right) \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall r = 1,2, \dots R \tag{104}$$

$$TRH_{w,ij,t+1} \leq \left(\overline{QH_{w,\imath}} - \rho_{QH} \mathcal{G}_{w,i}^{QH}\right)\left(Y_{i,j,t+1} - Y_{i,j,t}\right) \ \forall t = 1,2, \dots, T-1, \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall w = 1,2, \dots W \tag{105}$$

$$TRH_{w,ij,1} \leq \left(\overline{QH_{w,\imath}} - \rho_{QH} \mathcal{G}_{w,i}^{QH}\right) Y_{i,j,1} \ \forall i = 1,2, \dots N, \forall j = 1,2, \dots, N+M, \forall w = 1,2, \dots W \tag{106}$$

$$U_{j,t}, Z_{i,t}, Y_{i,j,t} \in \{0,1\} \tag{107}$$

$$XH_{p,i,t}, I_{p,i,t}, TRM_{r,ij,t}, VRM_{r,ij,t}, TRH_{w,ij,t}, VRH_{w,ij,t}, AV_{j,t}, CAPtrans_{j,t}, CAPM_{r,j,t}, CAPH_{w,j,t} NM_{r,i,t}, \eta_{p,j,t}^{CV}, \eta_{j,t}^{\mathcal{C}}, \eta_{r,j,t}^{CFM}, \eta_{j,t}^{FOC}, \eta_{p,i,j,t}^{Ctrans}, \eta_{p,i,t}^{CVH}, \eta_{i,t}^{CFH}, \eta_{r,i,t}^{\mathcal{A}}, \eta_{w,i,t}^{\mathcal{B}}, , \eta_{t}^{CAV}, \eta_{w,i,j,t}^{CT}, \eta_{r,i,j,t}^{CR}, \eta_{r,i,t}^{v}, \eta_{w,j,t}^{CFH}, \eta_{p,i,t}^{CS}, \geq 0 \tag{108}$$

رویکرد حل چند هدفه فازی

رویکردهای مختلفی برای حل مدل‌های چند هدفه برنامه ریزی ریاضی در تحقیقات گذشته ارائه شده است. از میان این روش‌ها رویکردهای برنامه ریزی فازی کاربرد گسترده ای پیدا نموده اند. یکی از مهمترین دلایلی که کاربرد این رویکردها را گسترش داده است، توانایی در نظر گرفتن سطح برآورده سازی هر یک از توابع هدف توسط این روش‌ها می‌باشد. اولین رویکرد فازی برای حل مسائل چند هدفه توسط زیمرمن[1](۱۹۷۸) تحت عنوان رویکرد حداکثر – حداقل ارائه گردید. با این حال این روش بعضاً جواب‌های غیر کارا ایجاد می‌نماید (لای و هوانگ[2] (۱۹۹۳)). به منظور حل این مشکل ساکاوا[3] و همکارانش (۱۹۸۷) یک رویکرد فازی تعاملی برای حل مسائل چند هدفه مبتنی بر روش حداکثر – حداقل ارائه نمودند. به علاوه لای و هوانگ (۱۹۹۳) روش حداکثر – حداقل را تقویت نمودند. ترابی و هسینی[4] (۲۰۰۸) یک روش جدید برای حل مسائل چند هدفه ارائه نمودند و به منظور نمایش کارایی روش ارائه شده جواب‌های حاصل از این روش را با سایر روش‌های موجود مورد بررسی قرار دادند. همچنین سلیم و اوزکاران[5] (۲۰۰۸) یک رویکرد جدید فازی برای حل مسائل چند هدفه ارائه نمودند که در این روش از تابع ادغامی[6] اصلاح شده مبتنی بر روش ورنر[7] (۱۹۸۸) بهره گرفته اند. با توجه به موارد برشمرده شده، در این تحقیق برای حل مدل ارائه شده از رویکرد حل فازی ترابی و هسینی (۲۰۰۸) استفاده شده است. گام‌های رویکرد حل فازی به صورت خلاصه به شرح زیر می‌باشد:

گام اول: تعیین جواب ایده ال مثبت و جواب ایده ال منفی برای هر تابع هدف. به منظور محاسبه جواب ایده ال مثبت و منفی، یعنی $(\mathcal{W}_1^{PIS}, x_1^{PIS})$ و $(\mathcal{W}_2^{PIS}, x_2^{PIS})$ هر کدام

[1] Zimmermann
[2] Lai and Hwang
[3] Sakawa
[4] Torabi and Hassini
[5] Selim and Ozkarahan
[6] Aggregation function
[7] Werners

از مدل‌های قطعی برای هر یک از توابع هدف به صورت مجزا حل می گردد و جواب ایده ال مثبت بدست می‌آید و سپس جواب ایده ال منفی به صورت زیر تخمین زده می‌شود:

$$\mathcal{W}_1^{NIS} = \mathcal{W}_1(x_2^{PIS}), \mathcal{W}_2^{NIS} = \mathcal{W}_2(x_1^{PIS}), \tag{109}$$

گام دوم: تعیین یک تابع عضویت خطی برای هر تابع هدف به صورت زیر:

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1 & if \quad \mathcal{W}_1 < \mathcal{W}_1^{PIS} \\ \frac{\mathcal{W}_1^{NIS} - \mathcal{W}_1}{\mathcal{W}_1^{NIS} - \mathcal{W}_1^{PIS}} & if \quad \mathcal{W}_1^{PIS} \le \mathcal{W}_1 \le \mathcal{W}_1^{NIS} \\ 0 & if \quad \mathcal{W}_1 > \mathcal{W}_1^{NIS} \end{cases} \tag{110}$$

$$\mu_2(x) = \begin{cases} 1 & if \quad \mathcal{W}_2 > \mathcal{W}_2^{PIS} \\ \frac{\mathcal{W}_2 - \mathcal{W}_2^{NIS}}{\mathcal{W}_2^{PIS} - \mathcal{W}_2^{NIS}} & if \quad \mathcal{W}_2^{NIS} \le \mathcal{W}_2 \le \mathcal{W}_2^{PIS} \\ 0 & if \quad \mathcal{W}_2 < \mathcal{W}_2^{NIS} \end{cases} \tag{111}$$

در حقیقت، $\mu_h(x)$ نمایش دهنده درجه رضایت مندی تابع هدف h ام می‌باشد. لازم به ذکر است $\mu_1(x)$ برای توابع هدف کمینه سازی و $\mu_2(x)$ برای توابع هدف بیشینه سازی بکار گرفته می‌شود.

گام سوم: تبدیل مدل‌های قطعی برنامه ریزی مختلط عدد صحیح به یک مدل تک هدفه برنامه ریزی مختلط عدد صحیح با استفاده از تابع ادغامی که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$max \quad \lambda(x) = \psi\lambda_0 + (1-\psi)\sum_h \phi_h\, \mu_h(x) \tag{112}$$

$$s.t.$$

$$\lambda_0 \le \mu_h(x), \quad h = 1,2 \tag{113}$$

$$x \in F(x), \quad \lambda_0 and\ \lambda \in [0,1] \tag{114}$$

گام چهارم: تعیین مقادیر پارامترهای ρ ،θ_h و ψ و حل مدل‌های تک هدفه ایجاد شده در گام قبلی. در صورتی که جواب‌های حاصل برای تصمیم گیرندگان رضایت بخش باشد، متوقف شده و در غیر اینصورت به منظور دستیابی به جواب‌های جدید، مقادیر پارامترهای ψ و ρ ودر صورت نیاز θ_h را تغییر می‌دهیم.

نتایج محاسباتی

در این فصل نتایج محاسباتی حاصل از حل مدل ارائه شده تشریح می گردد. همچنین به منظور نمایش صحت و درستی مدل‌های ارائه شده بر روی پارامترهای مختلف آنها تحلیل حساسیت انجام پذیرفته است. از اینرو به منظور نمایش صحت مدل ارائه شده، مثال‌های عددی مختلفی حل شده است که نتایج آنها در این قسمت ارائه می گردد. برای این منظور سه مسئله طراحی شده است که اطلاعات مربوط به ابعاد آن در جدول ۲ نمایش داده شده است. به علاوه اطلاعات مربوط پارامترهای مدل ارائه شده در جدول ۳ نمایش داده شده است.

جدول ۲- ابعاد مسائل

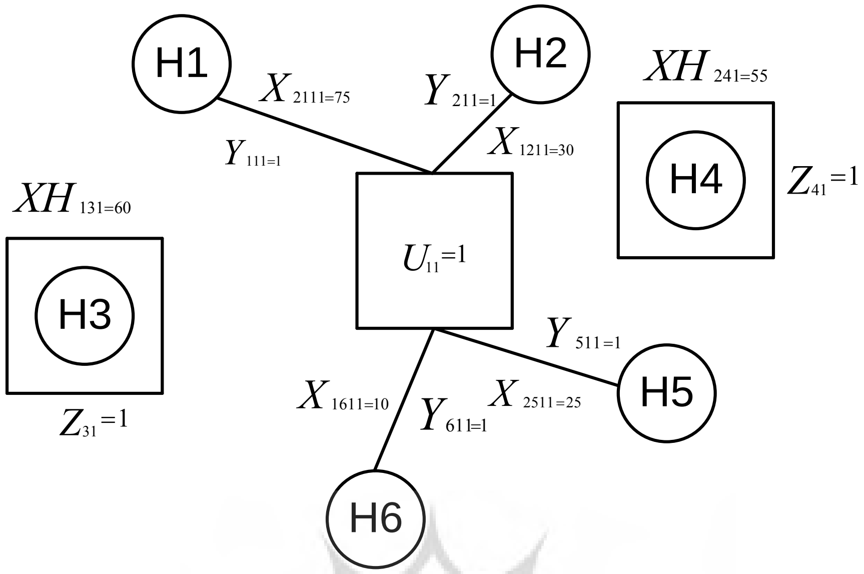
شماره مسئله	(P)	(T)	(R)	(W)	$(,N)$	$(j=1\ldots N+M)$
۱	۲	۳	۲	۲	۶	۲
۲	۲	۲	۳	۳	۷	۳
۳	۳	۲	۳	۳	۸	۳

جدول ۳- پارامترهای مدل

h_j~uniform(2,15)	$Ctrans_{p,i,j,t}$~uniform(30,50)
μ_{pit}~uniform(10,350)	$CAPV$~uniform(200,300)
v_{pit}~uniform(2,10)	$QM_{r,i}$~uniform(4,15)

$QH_{w,i}$~uniform(5,25)	روز l_{ij}~uniform(2,5)
A_j~uniform(50,250)	هفته $\chi = 1$
$CV_{p,j,t}$~uniform(15,30)	$Q = 2$
$CVH_{p,i,t}$~uniform(15,35)	$CS_{p,i,t}$~uniform (10,18)
$CF_{j,t}$~uniform (100,200)	$FOC_{j,t}$~uniform(7000,15000)
$CFM_{r,j,t}$~uniform(70,100)	$CFH_{w,j,t}$~uniform(60,90)
$CFH_{i,t}$~uniform(100,150)	$CFHM_{r,i,t}$~uniform(50,75)
$CFHH_{w,i,t}$~uniform(40,80)	$CR_{r,ij,t}$~uniform(15,25)
$CT_{w,ij,t}$~uniform(20,30)	CAV_t~uniform(400,500)
$IO_{p,i}$~uniform(20,40)	$IS_{p,i,t}$~uniform(40,60)
$CAPM_r$~uniform(100,150)	$CAPH_w$~uniform(75,120)
$v_{r,i,t}$~uniform(20,80)	V_p~uniform(2,8)
$\delta_{w,p}$~uniform(5,10)	$d_{ij}\sim uniform(12,30)$
$T_i\sim unifom(15,35)$	$\propto = 0.05$

تمامی مسائل مدنظر قرار گرفته شده توسط نرم افزار *GAMS* حل گردیده است. به منظور نمایش صحت و درستی مدل و روش حل ارائه شده، جواب حاصل از نرم افزار برای مسئله اول در شکل ۱ ترسیم شده است. لازم به ذکر است شکل ترسیم شده برای دوره اول برنامه ریزی می‌باشد.



شکل۱- جواب مسئله شماره ۱ برای دوره اول برنامه ریزی

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌گردد، مقادیر متغییرهای تصمیم مرتبط با تصمیمات استراتژیک شامل مکانیابی تسهیلات و تخصیص بیمارستان‌ها به آنها ترسیم شده است. همانطور که مشخص است بیمارستان‌های ۳ و۴ نیازمندی‌های خود را جهت استریل نمودن محصولات در خودشان برآورده می‌نمایند. همچنین یک مرکز خدمات استریل نیز بازگشایی شده است که بیمارستان‌های ۱تا۴ محصولات خود را جهت استریل به آن ارسال می‌نمایند. همچنین تعداد محصولاتی که از هر یک از این بیمارستان‌ها به مرکز فوق ارسال می‌گردد نیز مشخص می‌باشد. به علاوه در ارتباط با بیمارستان‌های ۳و۴ نیز تعداد محصولاتی که در خود این بیمارستان‌ها استریل می‌گردد نیز معلوم می‌باشد. لازم به ذکر است جواب ارائه شده برای مسئله اول در حالت قطعیت می‌باشد. همچنین مقدار $(Q_1 = 140, r_1 = 41.07, SS_1 = 3.93)$ بدست می‌آیند. در ادامه به منظور ارزیابی مدل‌های قطعی و پایدار دو معیار میانگین و انحراف استاندارد مقادیر توابع هدف در نظر گرفته شده است. همچنین مقادیر سطوح عدم قطعیت برای تمامی پارامترها در هر مرحله از اجرا ثابت در نظر گرفته شده است. همچنین در مدل‌های قطعی $(\rho = 0)$ می‌باشد. خلاصه نتایج محاسباتی به ازای

$\phi = 0.5$ و $\psi = 0.5$ در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. به علاوه بر روی پارامترهای (ϕ, ψ) نیز تحلیل حساسیت انجام شده است که نتایج آن در جداول ۶ و ۷ ارائه شده است. لازم به ذکر است این آنالیز حساسیت به دلیل زمان بر بودن فقط بر روی دو مسئله اول انجام پذیرفته است. همچنین به ازای مقادیر بالاتر از ۰,۵ برای سطوح عدم قطعیت مدل دارای جواب نمی باشد.

جدول ۴- خلاصه نتایج محاسباتی

شماره مسئله	**سطح عدم قطعیت (ρ)**	**مقادیر توابع هدف**			
		قطعی		**پایدار**	
		$(\mathcal{W}_1, \mu_{\mathcal{W}_1})$	$(\mathcal{W}_2, \mu_{\mathcal{W}_2})$	$(\mathcal{W}_1, \mu_{\mathcal{W}_1})$	$(\mathcal{W}_2, \mu_{\mathcal{W}_2})$
1	0.1	$\mathcal{W}_1$=2658200 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.82 $\mathcal{W}_2$ =0.87 $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.78		$\mathcal{W}_1 =$ 2834500 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.78	$\mathcal{W}_2 =$ ۰,۷۵ $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.65
	0.3			$\mathcal{W}_1 =$ 3201600 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.74	$\mathcal{W}_2 =$ ۰,۷۹ $\mu_{\mathcal{W}_2} =$ 0.68
	0.5			$\mathcal{W}_1$ =3750780 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.7	$\mathcal{W}_2 =$ ۰,۸۱ $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.74
2	0.1	$\mathcal{W}_1$=13044540 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.91 $\mathcal{W}_2$ =0.88 $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.88		$\mathcal{W}_1$ =15368920 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.83	$\mathcal{W}_2 =$ ۰,۸۲ $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.75
	0.3			$\mathcal{W}_1$ =18253310 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.8	$\mathcal{W}_2 =$ ۰,۸ $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.73
	0.5			$\mathcal{W}_1$ =22746039 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.81	$\mathcal{W}_2 =$ ۰,۸۴ $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.77
۳	۰,۱	$\mathcal{W}_1$=17412595 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.85 $\mathcal{W}_2$ =0.87 $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.85		$\mathcal{W}_1$ =19657150 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.86	$\mathcal{W}_2 =$ 0.74 $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.65
	۰,۳			$\mathcal{W}_1$ =21851820 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.78	$\mathcal{W}_2 =$ 78۰, $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.75
	۰,۵			$\mathcal{W}_1$ =23379000 $\mu_{\mathcal{W}_1}$ =0.77	$\mathcal{W}_2 =$ ۴8۰, $\mu_{\mathcal{W}_2}$ =0.81

جدول ۵- خلاصه نتایج بر اساس معیارهای ارزیابی

شماره مسئله	سطح عدم قطعیت (ρ)	مقادیر توابع هدف			
		میانگین		انحراف استاندارد	
		قطعی (w_1, w_2)	پایدار (w_1, w_2)	قطعی (w_1, w_2)	پایدار (w_1, w_2)
1	0.1	(2725100,0.82)	(2913250,0.72)	(9327, 0.17)	(2328, 0.13)
	0.3		(3315460,0.76)	(25971,0.15)	(8615,0.12)
	0.5		(3812760,0.79)	(45018,0.12)	(11137,0.1)
2	0.1	(14231250,0.81)	(16221530,0.8)	(33671,0.18)	(15658,0.15)
	0.3		(18702550,0.77)	(67927,0.2)	(21617,0.14)
	0.5		(23032600,0.83)	(96367,0.11)	(30147,0.08)
3	0.1	(18613500,.082)	(20153200,0.72)	(23451,0.16)	(14230,0.13)
	0.3		(22341685,0.75)	(32651,0.11)	(11202,0.09)
	0.5		(23986250,0.81)	(43218,0.17)	(12310,0.11)

جدول۶- نتایج تحلیل حساسیت بروی پارامتر ψ به ازای $(\rho = 0.3, \phi = 0.5)$

شماره مسئله	ψ-مقادیر	مقادیر توابع هدف			
		قطعی		پایدار	
		$(\mathcal{W}_1, \mu_{\mathcal{W}_1})$	$(\mathcal{W}_2, \mu_{\mathcal{W}_2})$	$(\mathcal{W}_1, \mu_{\mathcal{W}_1})$	$(\mathcal{W}_2, \mu_{\mathcal{W}_2})$
1	0.1-0.3	(2345100,0.91)	,0.67)۰,۶۸(	(2741500,0.87)	,0.63)۰,۶(
	0.4-0.6	(2658200, 0.82)	,0.78)۰,۷۲(	(3201600,0.74)	(0.63,0.68)
	0.7-0.8	(2804150,0.79)	,0.83)۰,۷۴(	(3438250,0.71)	(0.68,0.74)
	0.9	(2918800,0.74)	,0.89)۰,۷۷(	(3498750,0.69)	(0.75,0.81)
2	0.1	(9987650,0.95)	(0.68,0.72)	(13872100,0.9)	(0.58,0.62)
	0.2-0.4	(11925610,0.93)	(0.76,0.81)	(16591450,0.87)	(0.65,0.68)
	0.5-0.7	(13044540,0.91)	(0.81,0.88)	(18253310,0.8)	(0.7,0.73)
	0.8,0.9	(15023750,0.75)	(0.88,0.92)	(21063820,0.68)	(0.78,0.82)

جدول۷- نتایج تحلیل حساسیت بروی پارامتر ϕ به ازای $(\rho = 0.3, \psi = 0.5)$

شماره مسئله	ϕ-مقادیر	مقادیر توابع هدف			
		قطعی		پایدار	
		$(\mathcal{W}_1, \mu_{\mathcal{W}_1})$	$(\mathcal{W}_2, \mu_{\mathcal{W}_2})$	$(\mathcal{W}_1, \mu_{\mathcal{W}_1})$	$(\mathcal{W}_2, \mu_{\mathcal{W}_2})$
1	(0.2,0.8)	(2925030,0.76)	(0.77,0.83)	(3629540,0.71)	(0.67,0.75)
	(0.5,0.5)	(2658200, 0.82)	(0.71,0.78)	(3201600,0.74)	(0.6,0.68)
	(0.8,0.2)	(2487620,0.88)	(0.68,0.72)	(2948150,0.81)	(0.55,0.59)
2	(0.2,0.8)	(16654810,0.86)	(0.88,0.91)	(20154825,0.77)	(0.73,0.78)
	(0.5,0.5)	(13044540,0.91)	(0.81,0.88)	(18253310,0.8)	(0.69,0.73)
	(0.8,0.2)	(12152330,0.94)	(0.78,0.82)	(17548660,0.82)	(0.61,0.64)

با توجه به نتایج محاسباتی ارائه شده در جداول ۴ تا ۶ می‌توان دریافت که مدل‌های پایدار نسبت به مدل‌های قطعی جواب‌های بدتری ارائه می‌نمایند. که این موضوع امری طبیعی می‌باشد چراکه در مدل‌های پایدار بدترین حالت جهت رسیدن به جواب بهینه در نظر گرفته شده و از اینرو جواب‌های حاصل همواره نسبت به مدل‌های قطعی بدتر می‌باشند. از این جهت پیاده سازی جواب مدل‌های استوار دارای ریسک به مراتب پایین تری نسبت به مدل‌های قطعی می‌باشد. همچنین با افزایش سطح عدم قطعیت نیز جواب‌های حاصل بدتر می‌شود. به علاوه نتایج محاسباتی نشان می‌دهد مدل استوار ارائه دهنده جواب‌های با کیفیت تری می‌باشد به طوریکه دارای انحراف استاندارد بسیار پایین تری نسبت به مدل قطعی می‌باشد.

نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی

در این مقاله یک مدل مکان یابی-موجودی دو هدفه برای طراحی شبکه‌های خدمات درمانی با در نظر گرفتن اثر ریسک ادغام ارائه گردید. بطوریکه مدل ارائه شده در حالت چند تسهیلاتی در نظر گرفته شد. همچنین به منظور لحاظ نمودن سیستم موجودی از خطی مشی مرور دائم (r,Q) استفاده گردید. از آنجایی محاسبه تقاضا در اینگونه زنجیره‌های تامین دارای عدم قطعیت می‌باشد، تقاضای موجود در شبکه به صورت احتمالی در نظر گرفته شد. همچنین به منظور مواجه با عدم قطعیت موجود در سایر پارامترهای مدل نظیر هزینه‌های حمل و نقل، بازگشایی، منابع در دسترس و غیره از روش بهینه سازی استوار استفاده گردید. به علاوه از آنجایی که مدل به صورت دو هدفه می‌باشد از یک رویکرد فازی به منظور حل مدل استفاده شد. یکی از مزیت‌های مدل ارائه شده نسبت به تحقیقات موجود در ادبیات لحاظ نمودن سیستم کنترل موجودی می‌باشد. چراکه این امر باعث می گردد مدیران بتوانند در این شرایط در صورت افزایش سطح تقاضا برخورد مناسبتری جهت برآورده نمودن آنها داشته باشند. این امر بدین خاطر است که نحوه مکان یابی و تخصیص مشتریان در این مدل جدید نسبت به مدل‌های قبلی که بحث موجودی در آنها لحاظ نشده است، به گونه ای بسیار صحیح تر انجام پذیرفته و تعداد مشتریانی دقیقتری به تسهیلات خدماتی تخصیص داده می‌شود به طوریکه این تسهیلات با کمبود موجودی مواجه نگردد. چراکه در مدل‌های قدیمی که سیستم موجودی در نظر گرفته نشده است در صورت افزایش تقاضا صرفاً دو گزینه به منظور مواجهه با آنها در اختیار مدیران می‌باشد ۱) تخصیص تقاضاها به مکان‌های دورتر و تقبل افزایش هزینه‌های مرتبط با توزیع ۲) در صورت عدم وجود ظرفیت

لازم ساخت تسهیلات جدید و افزایش هزینه‌های مرتبط با آن. لذا در مدل جدید بسیاری از هزینه‌های نامبرده شده کاهش یافته و مکان و تخصیص بدست آمده بسیار عملیاتی تر نسبت به حالت‌های قبلی می‌باشد. یکی دیگر از جنبه‌های مدیریتی که می توان بدان اشاره نمود در رابطه با میزان و تعداد دفعات سفارش می‌باشد. در مدل‌هایی که سیستم موجودی در نظر گرفته نمی شود میزان سفارش می توان زیاد و کم باشد چراکه ملاکی درستی برای تعیین آن نمی باشد ، در این حالت در صورت سفارش بیش از نیاز هزینه‌های نگهداری و بعضاً هزینه‌های فساد پذیری و مواردی از این دست به سیستم تحمیل می گردد، به طور مشابه در صورتی که تقاضا کم داده شود احتمال مواجه با کمبود وجود خواهد داشت. در صورتی که با در نظر گرفتن سیستم موجودی میزان موجودی بهینه یا نزدیک به بهینه و تعداد دفعات سفارش به تعداد مورد نیاز انجام می‌پذیرد. از سوی دیگر استفاده از روش بهینه سازی استوار این مزیت را برای مدیران ایجاد می‌نماید تا بدترین حالت سیستم را به منظور برنامه ریزی هر چه بهتر مدنظر قرار دهند. به عنوان نمونه در مثال اول مورد بررسی قرار گرفته شده همانطور که مشاهده می‌شود هزینه ایجاد سیستم بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت معادل با *2658200* در حالی که در همین مثال با در نظر گرفتن بدین شرایط هزینه ایجاد سیستم معادل با *3750780* می‌باشد. بنابراین مدیران متوجه خواهند شد که به منظور ایجاد چنین سیستمی با فرض بروز بدترین شرایط هزینه معادل با چه مقداری می‌باشد و می توانند برنامه ریزی را به طور مثال برای تعیین بودجه متناسب با آن تخمین بزنند. به منظور تحقیقات آتی پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

- در نظر گرفتن کمبود موجودی در مراکز خدمات استریل.
- لحاظ نمودن سیستم مرور دوره ای بجای سیستم مرور دائم.
- توسعه الگوریتم‌های فراابتکاری به منظور حل مدل فوق در ابعاد بزرگ.
- در نظر گرفتن سایر اهداف موثر در طراحی شبکه خدمات درمانی نظیر کیفیت سطح سرویس‌دهی.
- توسعه مدل فوق از یک مدل مکان یابی-تخصیص به یک مدل مکان یابی-مسیریابی

تقدیر و تشکر

نویسنده تقدیر و تشکر خود را از بنیاد ملی نخبگان بابت پشتیبانی از این تحقیق ابراز می دارد.

منابع

Ahmed, S. J., (2004). *'Improving access to public health care services- a case study on Dar es Salaam, Tanzania'*, International Institute for Geo Information Science and Earth Observation, MSc thesis.

Aptel, O., Pourjalali, H., (2001). Improving activities and decreasing costs of logistics in hospitals: a comparison for US and French hospitals, The International Journal of Accounting 36, Pages 65–90.

Ben-Tal, A., El-Ghaoui, L., Nemirovsky, A., (2009). *Robust Optimization*. Princeton University Press, Princeton, NJ.

Chen, M.S., Lin, C.T., (1989). Effects of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem. Journal of Operations Research Society 40 (6), 597–602.

Chu, S.C.K., Chu, L., (2000). *A modelling framework for hospital location and service allocation, International Transactions in Operational Research 7*, Pages 359–368.

Daskin, M. S., & Coullard, C. R., (2002). *An inventory–location model?: Formulation,* solution algorithm and computational results. Annals of Operations Research, 110, 83–106.

Daskin, M. S., Dean, L. K., (2004), *'A Handbook of OR/MS in Health Care: Health Care Facilities'*, Northwestern University.

Drezner, T., Drezner, Z., (2007). 'The gravity p-median model', European Journal of Operational Research, 179, Pages 1239-1251.

Friesz, T. L., Lee, I., & Lin, C. C., (2011*). Competition and disruption in a dynamic urban supply chain. Transportation Research Part B: Methodological,*45(8), 1212-1231.

Hovav, S., & Tsadikovich, D., (2015*). A network flow model for inventory management and distribution of influenza vaccines through a healthcare supply chain.* Operations Research for Health Care, 5, 49-62.

Lai, Y. J., & Hwang, C. L., (1993). *Possibilistic linear programming for managing interest rate risk.* Fuzzy Sets and Systems, 54(2), 135-146.

Lega, F., (2005).*Strategies for multi-hospital networks: a framework,* Health Services Management Research 18, Pages 86–99.

Mestre, A. M., Oliveira, M. D., & Barbosa-Póvoa, A. P., (2015). Location–allocation approaches for hospital network planning under uncertainty.European Journal of Operational Research, 240(3), 791-806.

Miranda, P. A., & Garrido, R. A. (2004)., *Incorporating inventory control decisions into a strategic distribution network design model with stochastic demand.* Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,40(3), 183-207.

Mohammadi, M., Dehbari, S., & Vahdani, B., (2014). *Design of a bi-objective reliable healthcare network with finite capacity queue under service covering uncertainty.* Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 72, 15-41.

Niakan, F., & Rahimi, M., (2015). *A multi-objective healthcare inventory routing problem; a fuzzy possibilistic approach.* Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 80, 74-94.

Pasin, F., Jobin, M.H., Cordeau, J.F., (2001).*Application d'une approche de simulation pour analyser le partage de ressources entre des organisations du secteur de la santé,* Cahier de recherche n◦ 01–02, HEC Montréal.

Peterson, R., & Silver, E. A., (1979). *Decision systems for inventory management and production planning (pp. 799-799).* New York: Wiley.

Rahman, S., Smith, D. K., (1999). Deployment of rural health facilities in a developing country. Journal of the Operational Research Society (50), 892–902.

Rahman, S., Smith, D., (2000).Use of location–allocation models in health service development planning in developing nations, European Journal of Operational Research 123, Pages 437–452.

Sakawa, M., Yano, H., & Yumine, T., (1987). *An interactive fuzzy satisficing method for multiobjective linear-programming problems and its application.Systems,* Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, 17(4), 654-661.

Selim, H., & Ozkarahan, I., (2008). A supply chain distribution network design model: an interactive fuzzy goal programming-based solution approach. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 36(3-4), 401-418.

Shariff, S. R., Moin, N. H., & Omar, M., (2012*). Location allocation modeling for healthcare facility planning in Malaysia. Computers & Industrial Engineering,* 62(4), 1000-1010.

Syam, S. S., & Côté, M. J., (2012*). A comprehensive location-allocation method for specialized healthcare services.* Operations Research for Health Care, 1(4), 73-83.

Tlahig, H., Bouchriha, H., Jebali, A., Ladet, P., (2008).*A mathematical model for the internalization/ externalization decision of the hospital sterilization process,* in: Post-Conference Proceedings of the 33rd International Conference on Operational Research Applied to Health Services, -ORAHS'07.

Tlahig, H., Jebali, A., Bouchriha, H., (2009).A two-phased approach for the centralization vs. decentralization of the hospital sterilization department, European Journal of Industrial Engineering 3 (2), Pages 227–246.

Tlahig, H., Jebali, A., Bouchriha, H., Ladet, P., (2013). *Centralized versus distributed sterilization service: A location–allocation decision model,* Operations Research for Health Care, 2(4), Pages 75-85.

Torabi, S., Hassini, E., (2008) *"An interactive possibilistic programming approach for multiple objective supply chain master planning,"* Fuzzy Sets and Systems, vol. 159, Pages 193-214.

Werners, B. M., (1988). *Aggregation models in mathematical programming.* InMathematical models for decision support (pp. 295-305). Springer Berlin Heidelberg.

Zahiri, B., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Pishvaee, M. S., (2014). *A robust possibilistic programming approach to multi-period location–allocation of organ transplant centers under uncertainty.* Computers & Industrial Engineering, 74, 139-148.

Zimmermann, H. J., (1978*). Fuzzy programming and linear programming with several objective functions.* Fuzzy sets and systems, 1(1), 45-55.