

بهینه سازی زنجیره تامین خدمات بیمارستانی

محمد بندری^۱، عادل آذر^{۲*}، کیامرث فتحی هفشجانی^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳. استاد یار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۹

چکیده

زنجیره تامین خدمات نوعی از زنجیره تامین می باشد که در آن صرفاً محصول به صورت یک کالا مطرح نبوده و ترکیبی از محصول و خدمت یا صرفاً خدمت در این زنجیره ها تبادل می شود. ادبیات تحقیق علیرغم اهمیت این زنجیره های تامین چندان غنی نبوده و نیاز به تقویت بیشتر در این حوزه کاملاً محسوس است. زنجیره های تامین خدمات بیمارستانی نیز از نوع زنجیره های تامین خدمات می باشند که می بایست مورد توجه قرار گیرند. هدف تحقیق حاضر بهینه سازی زنجیره تامین خدمات بیمارستانی بود برای این منظور ابتدا مطالعات کتابخانه ای انجام شد و شکاف تحقیقاتی استخراج گردید. سپس یک مدل برنامه ریزی ریاضی چند هدفه بر اساس نوآوری تحقیق و مفروضات آن طراحی گردید که هدف اول حداقل ساختن هزینه، هدف دوم حداقل ساختن تقاضای محقق نشده و هدف سوم حداکثر ساختن تعهد تامین کنندگان بود. مدل پس از حل، بر اساس کالاهای تدمصرف و غیر تدمصرف مورد اعتبار سنجی قرار گرفت که نتایج نشان داد پارامترهای مدل همگی منجر به بدتر شدن جواب شده و باعث افزایش هزینه و تقاضای محقق نشده و کاهش تعهد کارکنان می شود. اما هدف تعهد کارکنان بیش از سایر اهداف از افزایش در پارامترها دچار تغییر شده و گاهی تا ۷۰ درصد این تعهد کاهش می یابد. پارامتر تقاضای کالای تدمصرف دارای بیشترین اثرگذاری بر هزینه و تقاضای محقق نشده می باشد.

کلیدواژه‌ها: بهینه سازی، زنجیره تامین، زنجیره تامین خدمت، بیمارستان

۱- مقدمه و بیان مسئله

زنجیره تامین خدمات نوعی از زنجیره های تامین می باشد که در آن صرفاً خدمت یا ترکیبی از خدمت و محصول ارائه می شود و وضعیتی وجود ندارد که در آن محصول به طور یگانه در زنجیره تامین عرضه شود [۱]. این زنجیره های تامین دارای مشابهاًت و تمایزاتی با زنجیره های تامین محصول محور می باشند از جمله اینکه در این گونه زنجیره ها عموماً انبارداری یا هزینه های مرتبط با آن به چشم نمی خورد یا کالای بازگشتی نظیر زنجیره های تامین حلقه بسته وجود ندارد [۲]. باز یافت برای خدمت قابل تصور نیست بنابراین می توان گفت که تمایزات مشهودی بین دو زنجیره تامین خدمات و محصول دیده می شود اما اگر بخواهیم مشابهاًت‌ها را مثال بزنیم باید گفت در این زنجیره نیز شاهد گره های تامین کننده خدمات، عرضه کننده خدمات و مشتری می باشیم که کارکردی همچون زنجیره های تامین محصول محور دارند [۳]. از نمونه زنجیره تامین خدمات می توان به زنجیره تامین خدمات آموزشی یا بهداشتی اشاره نمود [۴]. زنجیره تامین خدمات بیمارستانی به سبب تقابلی که با جان و سلامت انسانها دارد به شدت حائز اهمیت می باشد. بیمارستانها به عنوان عرضه کنندگان خدمات در زنجیره تامین خدمات درمانی مطرح می باشند [۵]. یک زنجیره تامین خدمات درمانی به طور طبیعی در کنار حداقل ساختن هزینه که یکی از اهداف مهم زنجیره های تامین خدمات درمانی محسوب می باشد به دنبال کاهش تقاضای محقق نشده و همچنین حداقل ساختن رضایت بیماران می باشد [۶]. این در حالیست که اهداف مزبور دارای اهمیتی بیشتر نسبت به اهداف اقتصادی در نظر گرفته می شوند چرا که اولویت یک مرکز خدمات درمانی رفع نیازهای بیماران و حداقل ساختن رضایت آنها می باشد. عدم رضایت بیماران و عدم تحقق تقاضا می تواند چالشها و مسائل بسیاری را در خصوص زنجیره های تامین خدمات درمانی به وجود آورد که یکی از قابل توجه ترین آنها بروز شکایات از سوی بیماران می باشد [۷].

بنابراین بهینه سازی یک زنجیره تامین خدمات درمانی بر اساس عواملی نظیر تقاضای محقق نشده و تعهد در کنار هزینه می تواند دارای اهمیت بسزائی باشد. انتخاب تامین کننده مناسب یا انتخاب تامین کننده ای که دارای بیشترین تعهد به بیمارستان باشد کاملاً با تحقق رضایت بیمار ارتباط دارد از سوی دیگر حداقل ساختن تقاضای محقق نشده یعنی کاهش بیمارانی که از درمان محروم می مانند نیز ضرورت دیگری است که یک زنجیره تامین خدمات درمانی باید



به آن توجه ویژه ای بنماید. ادبیات تحقیق در حوزه زنجیره های تامین خدمات چندان قوی نیست به خصوص اینکه در حوزه خدمات درمانی به ندرت کاری مبتنی بر بهینه سازی بر اساس نکات اشاره شده در پاراگرافهای فوق صورت گرفته است که این امر می تواند نشانگر یک شکاف تحقیقاتی باشد.

تحقیق حاضر با توجه به موارد اشاره شده به دنبال بهینه سازی زنجیره تامین خدمات درمانی با ارائه یک مدل بهینه سازی ۳ هدفه با کاهش هزینه، کاهش تقاضای محقق نشده و حداکثر سازی تعهد تامین کنندگان می باشد. در این مقاله ابتدا مرور ادبیات در حوزه زنجیره تامین خدمات بیمارستانی صورت گرفته و سپس مدل تحقیق حاضر ارائه شده و در نهایت تجزیه و تحلیل و نتیجه گیری صورت می گیرد.

۲- مبانی نظری تحقیق

همانگونه که اشاره شد ادبیات تحقیق در حوزه زنجیره تامین خدمات بیمارستانی چندان قوی نیست و کار بسیاری می بایست در این زمینه انجام شود. در این بخش به مروری بر زنجیره تامین خدمات به طور کلی و در بین آنها برخی تحقیقات در حوزه زنجیره تامین خدمات بیمارستانی بررسی می شوند.

[۸] به معرفی استراتژی های مختلف کسب و کار بر اساس تقاضای فازی و ثابت می پردازد. [۹] به تغییرات در شبکه زنجیره تامین خدمت محصول به سبب تغییرات در سطوح پیش خرید خدمت و قیمت خدمت از چشم انداز کلی زنجیره تامین توجه داشته و یک سطح خدمت و قیمت قابل قبول را به گونه ای انتخاب می کند که تامین کنندگان محصول و خدمت در زنجیره تامین خدمت محصول بتوانند به یک موقعیت برد برد دست یابند. [۱۰] متمرکز بر بهینه سازی برنامه ریزی کامیونهای ورودی و خروجی با هدف حداقل سازی زمان عملیات در زنجیره تامین می باشند. [۱۱] به دنبال توسعه یک مدل ریاضی و اقتصادی از مدیریت زنجیره تامین مواد خام برای فعالیتهای تولیدی بنگاههای صنعتی می باشند. [۱۲] ارائه گر وجود قابلیت تاب آورانه در زنجیره تامین خدمات لجستیک بوده و یک مدل بازی تکاملی را در بین دولت تولید کنندگان و یکپارچه کنندگان ایجاد می کند. [۱۳] به دنبال تعیین نحوه اثرگذاری بهینه سازی زنجیره تامین بر تحویل خدمت در سازمانهای خدماتی کشور اوگاندا می باشد. [۱۴] به دنبال پیشبرد دانش

در مورد موضوع مدیریت زنجیره تامین خدمات با استفاده از مرور ادبیات مبتنی بر مدلسازی جهت شناسایی موضوعات اصلی و بررسی تغییرات پویا و شناسایی فرصتها برای تحقیق آتی در این حوزه می باشد. [۱۵] یک مدل ریاضی جدید را برای زنجیره تامین خون ارائه می کند که به دنبال حداقل ساختن هزینه و حداکثرسازی رضایت با کاهش زمان انتظار سیستم است. [۱۶] به بررسی یک زنجیره تامین خدمت متشکل از ارائه گر خدمت که مسئول کاهش نشر کربن و ترکیب کننده خدمت که مسئول تبلیغات با الیاندگی پائین می باشد می پردازند. [۱۷] یک مسئله طراحی شبکه زنجیره تامین خونی را برای بهینه سازی هزینه کمبود خون و جایگزینی آن به علاوه سایر توابع هدف رایج در نظر قرار می دهند. [۱۸] به دنبال طراحی مدل چند هدفه فازی برای بهینه سازی مکانیابی تسهیلات در زنجیره تامین کالای فاسد شدنی با استفاده از ترکیب دو الگوریتم ابتکاری تجزیه بندرز و آزادی سازی لاگرانژ می باشند. [۱۹] یک مدل نوین جهت طراحی یک شبکه زنجیره تامین پایدار ارائه می کنند. [۲۰] الگویی جهت زنجیره تامین چابک با رویکرد فراترکیب ارائه می کنند. [۲۱] از رویکرد پویایی سیستم در ارزیابی عملکرد پایداری زنجیره تامین لارج در صنعت خودرو استفاده می کنند.

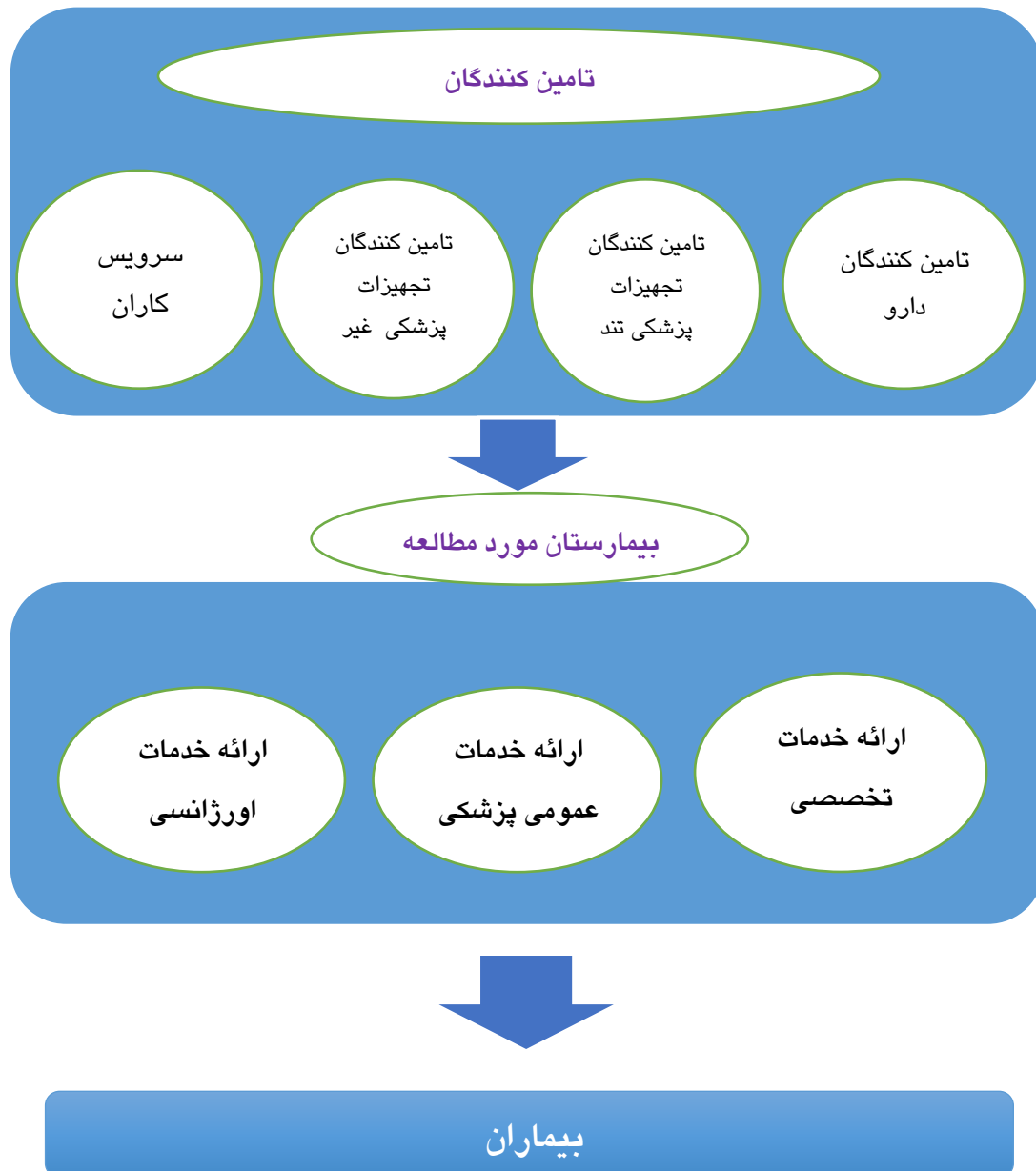
۳-مدلسازی

زنجیره تامین خدمت شکل تقریباً جدید و متفاوتی از زنجیره تامین کلاسیک و سنتی می باشد که صرفاً در این نوع زنجیره محصول و فروش و انتقال آن مد نظر می باشد. در زنجیره تامین خدمات ، همانگونه که از نامش پیداست خدمت مطرح بوده و تلاش می شود سطح هزینه و کیفیت خدمات افزایش یابد. همانند زنجیره تامین محصول زنجیره تامین خدمت نیز همواره اهداف اقتصادی را دنبال می کند اما در کنار آن به دنبال بهبود تقاضای محقق نشده و کاهش آن و همچنین ارتقای کیفیت یا رضایت مشتریان نیز می باشد. یکی از زنجیره های تامین خدمت زنجیره تامین خدمات بیمارستانی می باشد که در آن هدف علاوه بر کاهش هزینه می تواند بهبود رضایت بیمار و در واقع حداکثر رساندن خدمت رسانی باشد. چرا که در این زنجیره بیمار صرفاً به عنوان مشتری در نظر گرفته نشده و عموماً به عنوان فردی در نظر گرفته می شود که باید حداکثر خدمت را دریافت کرده و ناراضایی آن می تواند تبعاتی اجتماعی برای جامعه داشته باشد که در برخی موارد جبران ناپذیر می باشد ضمن اینکه واحدهای درمانی به



طور مشخص وظیفه دارند که خدمات مناسب را به بیماران ارائه کرده و در قبال این وظیفه مهم مسئول می باشند.

با توجه به اهمیت زنجیره تامین خدمات بیمارستانی در تحقیق حاضر تلاش می شود یک مدل زنجیره تامین خدمات بیمارستانی مشخصا برای مورد مطالعه که بیمارستان کوثر شهر ایلام می باشد ارائه شود هدف این مدل بهینه سازی هزینه درمان و انتخاب تامین کننده مناسب بر اساس سطح تعهد و همچنین حداقل نمودن تقاضای محقق نشده و به تبع آن حداکثر رساندن رضایت بیمار می باشد. متغیرهایی که دارای ماهیت نوآوری می باشند شامل کالاهای تند مصرف، کالاهای غیر تندمصرف، تعمیرکاران و همچنین خدمات اورژانسی می باشند که بخش اعظم مدل را تشکیل می دهند مدل زنجیره تامین خدمات بیمارستان کوثر ایلام در طرح شماتیک ذیل ارائه شده است.



شکل ۱. شماتیکی از زنجیره تامین خدمات بیمارستانی



همانگونه که مشاهده می شود در شکل فوق ۴ نوع تامین کننده وجود دارد که مدل تحقیق حاضر به انتخاب بهترین آنها از نظر هزینه و سطح تعهد می پردازد از سوی دیگر بیمارستان ارائه گر خدمت بیمارستان کوثر ایلام می باشد که سه نوع خدمت، ارائه خدمات اورژانسی، خدمات تخصصی و خدمات عمومی پزشکی در برنامه آن قرار دارد. لایه سوم نیز مشتریان یا همان بیماران دریافت کننده انواع خدمات می باشند. مفروضات مدل به شرح ذیل است.

- ۱- پارامترها قطعی می باشند
 - ۲- مدل چند دوره ای است
 - ۳- زنجیره تامین سه سطحی می باشد
 - ۴- تقاضای محقق نشده برای تامین و درمان در نظر گرفته شده است.
 - ۵- مدل سه هدفه می باشد.
 - ۶- دارو، تجهیزات غیر تند مصرف و تجهیزات تند مصرف متعدد هستند
- | | |
|--------------|---|
| i | تامین کنندگان دارو |
| j | تامین کنندگان تجهیزات پزشکی تند مصرف |
| k | تامین کنندگان تجهیزات پزشکی غیر تند مصرف |
| l | سرویس کاران |
| p | دارو |
| m | کالای تند مصرف |
| n | کالای غیر تندمصرف |
| t | دوره زمانی |
| $CITP_{itp}$ | هزینه واحد تامین داروی P از تامین کننده داروی i در دوره زمانی t |
| $CJMT_{jmt}$ | هزینه واحد تامین کالای تند مصرف m توسط تامین کننده کالای تند مصرف j در دوره زمانی t |
| $CKNT_{knt}$ | هزینه واحد تامین کالای غیر تند مصرف n توسط کالای غیر تندمصرف k در دوره زمانی t |
| CLT_{lt} | هزینه واحد سرویس کار l در دوره زمانی t |
| EC_t | متوسط هزینه درمان بیمار دریافت کننده خدمات تخصصی پزشکی در دوره زمانی t |
| PC_t | متوسط هزینه درمان بیمار دریافت کننده خدمات عمومی پزشکی در دوره زمانی t |
| EMC_t | متوسط هزینه درمان بیمار دریافت کننده خدمات اورژانس در دوره زمانی t |
| $EDEM_t$ | تعداد مراجعه کنندگان خدمات تخصصی پزشکی در دوره زمانی t |
| $PDEM_t$ | تعداد مراجعه کنندگان خدمات عمومی پزشکی در دوره زمانی t |
| $EMDEM_t$ | تعداد مراجعه کنندگان خدمات اورژانس در دوره زمانی t |

$DEMI_p$	متوسط تقاضای داروی P
$DEMJ_m$	متوسط تقاضای کالای تند مصرف M
$DEMK_n$	متوسط تقاضای کالای غیر تند مصرف N
$ECAP_t$	ظرفیت ارائه خدمات تخصصی پزشکی در دوره زمانی t
$PCAP_t$	ظرفیت ارائه خدمات عمومی پزشکی در دوره زمانی t
$EMCAP_t$	ظرفیت ارائه خدمات اورژانس در دوره زمانی t
LI_{ip}	سطح تعهد تامین کننده داروی i برای تامین داروی p
LJ_{jm}	سطح تعهد تامین کننده کالای تند مصرف j برای تامین کالای تند مصرف m
LK_{kn}	سطح تعهد تامین کننده کالای غیر تند مصرف k برای تامین کالای غیر تند مصرف n
LL_l	سطح تعهد سرویس کار L
MM	یک عدد بزرگ
XI_{itp}	اگر تامین کننده داروی i برای تامین داروی p در دوره زمانی t انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت صفر
XJ_{jmt}	اگر تامین کننده کالای تند مصرف j در دوره زمانی t برای تامین کالای تند مصرف m انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت صفر
XK_{knt}	اگر تامین کننده کالای غیر تند مصرف k در دوره زمانی t برای تامین کالای غیر تند مصرف n انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت صفر
XL_{lt}	اگر سرویس کار l در دوره زمانی t انتخاب شود ۱ و در غیر اینصورت صفر
YI_{itp}	حجم داروی P تامین شده توسط تامین کننده i در دوره t
YJ_{jmt}	حجم کالای تند مصرف M تامین شده توسط تامین کننده j در دوره زمانی t
YK_{knt}	حجم کالای غیر تند مصرف N تامین شده توسط تامین کننده k در دوره زمانی t
YL_{lt}	تعداد سرویسهای انجام شده توسط سرویس کار L در دوره زمانی t
Z_t	تعداد بیماران دریافت کننده خدمات تخصصی پزشکی در دوره زمانی t
V_t	تعداد بیماران دریافت کننده خدمات عمومی پزشکی در دوره زمانی t
W_t	تعداد بیماران دریافت کننده خدمات اورژانس در دوره زمانی t
ZZ_t	میزان تقاضای محقق نشده بیماران دریافت کننده خدمات تخصصی پزشکی در دوره زمانی t
VV_t	میزان تقاضای محقق نشده بیماران دریافت کننده خدمات عمومی پزشکی در دوره زمانی t
WW_t	میزان تقاضای محقق نشده بیماران دریافت کننده خدمات اورژانسی در دوره زمانی t
QI_{pt}	تقاضای محقق نشده داروی P در دوره زمانی t
QJ_{mt}	تقاضای محقق نشده کالای تند مصرف M در دوره زمانی t
QK_{nt}	تقاضای محقق نشده کالای غیر تند مصرف N در دوره زمانی t



در ادامه توابع هدف و محدودیت‌ها معرفی می شوند.

$$\min z1 = \sum_i \sum_t \sum_p CITP_{itp} YI_{itp} + \sum_j \sum_t \sum_m CJMT_{jmt} YJ_{jmt} \quad (3-1)$$

$$+ \sum_k \sum_t \sum_n CKNT_{knt} YK_{knt} + \sum_l \sum_t CLT_{lt} YL_{lt} + \sum_t EC_t Z_t \\ + \sum_t PC_t V_t + \sum_t EMC_t W_t$$

$$\min z2 = \sum_t ZZ_t + \sum_t VV_t + \sum_t WW_t + \sum_p \sum_t QI_{pt} + \sum_m \sum_t QJ_{mt} + \sum_n \sum_t QK_{nt} \quad (3-2)$$

$$\max z3 = \sum_i \sum_p \sum_t LI_{ip} XI_{itp} + \sum_j \sum_m \sum_t LJ_{jm} XJ_{jmt} + \sum_k \sum_n \sum_t LK_{kn} XK_{knt} \quad (3-3) \\ + \sum_l \sum_t LL_{lt} XL_{lt}$$

$$QI_{pt} = DEMI_p - \sum_i YI_{itp} \quad (3-4)$$

$$QJ_{mt} = DEMJ_m - \sum_j YJ_{jmt} \quad (3-5)$$

$$QK_{nt} = DEMK_n - \sum_k YK_{knt} \quad (3-6)$$

$$Z_t \leq ECAP_t \quad (3-7)$$

$$V_t \leq PCAP_t \quad (3-8)$$

$$W_t \leq EMCAP_t \quad (3-9)$$

$$ZZ_t = EDEM_t - Z_t \quad (3-10)$$

$$VV_t = PDEM_t - V_t \quad (3-11)$$

$$WW_t = EMDEM_t - W_t \quad (3-12)$$

$$YI_{itp} \leq MMXI_{itp} \quad (3-13)$$

$$YJ_{jmt} \leq MMXJ_{jmt} \quad (3-14)$$

$$YK_{knt} \leq MMXK_{knt} \quad (3-15)$$

$$YL_{lt} \leq MMXL_{lt} \quad (3-16)$$

$$XI_{itp} \in \{0,1\} \quad (3-17)$$

$$XJ_{jmt} \in \{0,1\} \quad (3-18)$$

$$XK_{knt} \in \{0,1\} \quad (3-19)$$

$$XL_{lt} \geq 0 \quad (3-20)$$

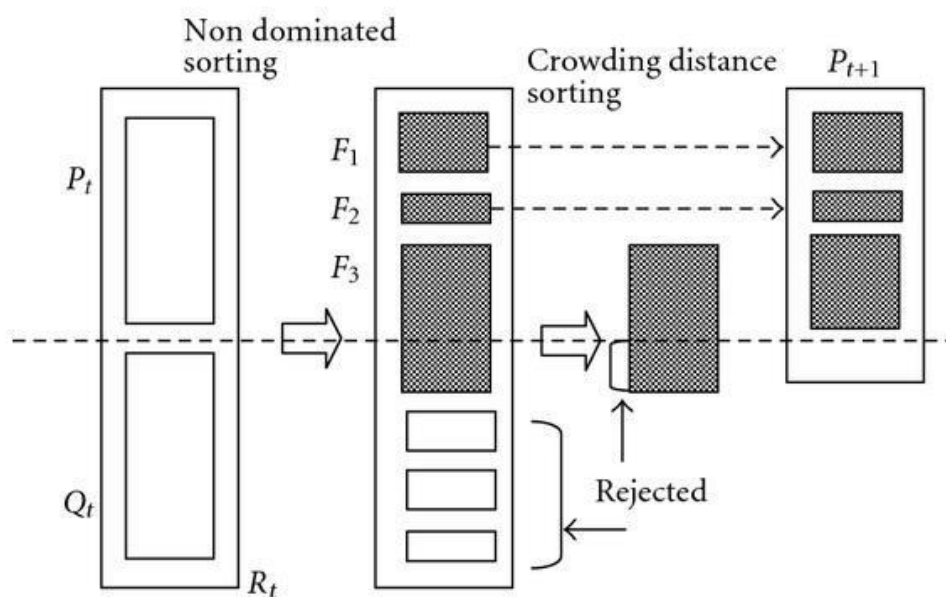
$YI_{itp} \geq 0$	(۳-۲۱)
$YJ_{jmt} \geq 0$	(۳-۲۲)
$YK_{knt} \geq 0$	(۳-۲۳)
$YL_{lt} \geq 0$	(۳-۲۴)
$Z_t \geq 0$	(۳-۲۵)
$V_t \geq 0$	(۳-۲۶)
$W_t \geq 0$	(۳-۲۷)
$ZZ_t \geq 0$	(۳-۲۸)
$VV_t \geq 0$	(۳-۲۹)
$WW_t \geq 0$	(۳-۳۰)
$QI_{pt} \geq 0$	(۳-۳۱)
$QJ_{mt} \geq 0$	(۳-۳۲)
$QK_{nt} \geq 0$	(۳-۳۳)

رابطه ۱ به دنبال حداقل ساختن هزینه در زنجیره تامین خدمات بیمارستانی می باشد. رابطه ۲ به دنبال حداقل ساختن تقاضا و نارضایتی بیمار در زنجیره تامین خدمات بیمارستانی می باشد. رابطه ۳ به دنبال حداکثر ساختن سطح تعهد تامین کنندگان است. رابطه ۴ میزان تقاضای محقق نشده دارو را محاسبه می کند رابطه ۵ میزان تقاضای محقق نشده کالای تند مصرف را محاسبه می کند. رابطه ۶ میزان تقاضای محقق نشده کالای غیر تند مصرف را محاسبه می کند. رابطه ۷ ظرفیت خدمت رسانی برای خدمات تخصصی پزشکی را نشان می دهد. رابطه ۸ نشانگر محدودیت ظرفیت خدمات عمومی پزشکی می باشد. رابطه ۹ نشانگر محدودیت ظرفیت خدمات اورژانسی پزشکی می باشد. رابطه ۱۰ بیانگر حجم تقاضای محقق نشده خدمات تخصصی پزشکی است رابطه ۱۱ نشانگر حجم تقاضای محقق نشده خدمات عمومی پزشکی است. رابطه ۱۲ نشانگر حجم تقاضای محقق نشده خدمات اورژانسی است. رابطه ۱۳ بیانگر صحت رابطه بین متغیر عدد صحیح و باینری برای تامین دارو است رابطه ۱۴ بیانگر صحت رابطه بین متغیر عدد صحیح و باینری برای تامین کالاهای تند مصرف است. رابطه ۱۵ بیانگر صحت رابطه بین متغیر عدد صحیح و باینری برای تامین کالاهای غیر تند مصرف است. رابطه ۱۶ بیانگر صحت رابطه بین متغیر عدد صحیح و باینری برای سرویس تجهیزات می باشد. رابطه ۱۷ تا ۲۰

نشانگر بازه متغیرهای باینری مسئله است. روابط ۲۱ تا ۳۳ نشانگر بازه متغیرهای عدد صحیح مسئله است.

۴- روش شناسی پژوهش

در این بخش مدل ارائه شده مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. به دلیل NP HARD بودن مسئله، مدل در ابعاد بزرگ با استفاده از روش دقیق قابل حل نبوده و لذا می بایست از الگوریتم های فراابتکاری برای این منظور استفاده شود. با توجه به ماهیت چند هدفه مدل از الگوریتم فراابتکاری NSGAII^۱ به منظور حل مدل استفاده گردید که در شکل ذیل شماتیک آن ارائه شده است.



شکل ۲. طرح کلی الگوریتم nsgaii

در این الگوریتم مقایسه نتایج بین دو یا چند جواب برای هر کروموزوم صورت گرفته و بهترین جوابها بدست می آید که این جوابها منجر به تشکیل جبهه پاره تو یا منحنی پاره تو می شوند. در این منحنی یا جبهه بهترین جوابها که جوابهای غالب در نظر گرفته شده و هیچ جوابی اصطلاحات نتوانسته آنها مغلوب کند قرار گرفته و هیچ تفاوتی بین نقاط بدست آمده در این جبهه با یکدیگر وجود ندارد.

تفاوت این الگوریتم با الگوریتم ژنتیک سنتی در این است که در این الگوریتم عملیات چندهدفه که شامل مرتب سازی نامغلوب و همچنین تشکیل جبهه پاره تو و مقایسه بین پاسخها می باشد صورت می گیرد در حالیکه در الگوریتم ژنتیک سنتی یا تک هدفه چنین وضعیتی وجود ندارد.

۵- یافته‌های پژوهش

در این بخش با استفاده از الگوریتم nsgaii به تجزیه و تحلیل مدل ارائه شده پرداخته می شود. در اولین گام اعتبار سنجی مدل با حذف کالاهای تند مصرف و غیر تدمصرف و مقایسه نتایج با حالتی که هر دو کالا وجود داشته و تامین می شوند صورت می گیرد. نتیجه حذف کالاهای تدمصرف و غیر تند مصرف در جدول ذیل ارائه شده است.

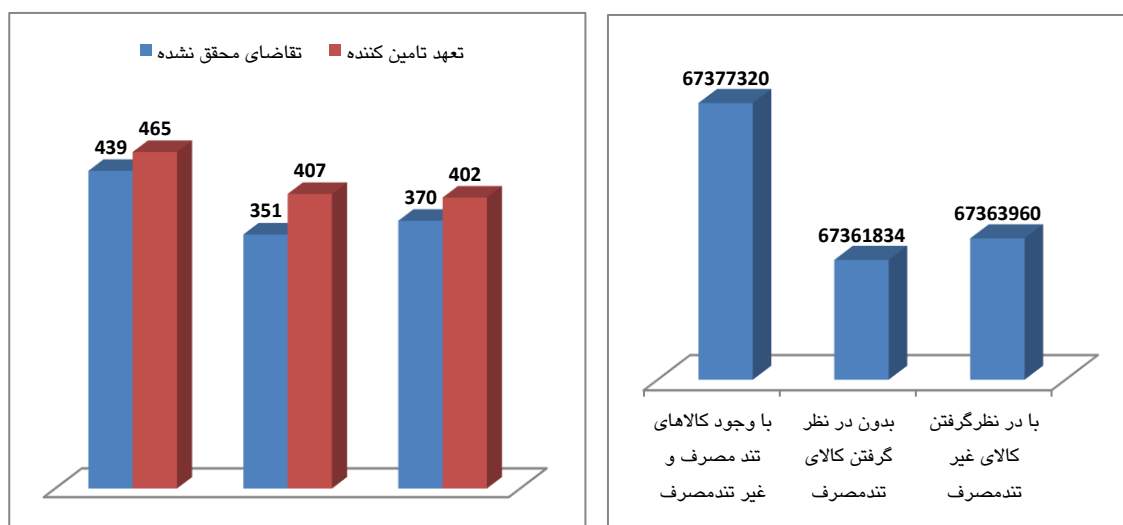
جدول ۴. اعتبار سنجی مدل

۶۷۳۷۷۳۲۰	هزینه	با وجود کالاهای تند مصرف و غیر تند مصرف
۴۳۹	تقاضای محقق نشده	
۴۶۵	تعهد تامین کننده	
۶۷۳۶۱۸۳۴	هزینه	بدون در نظر گرفتن کالای تند مصرف
۳۵۱	تقاضای محقق نشده	
۴۰۷	تعهد تامین کننده	
۶۷۳۶۳۹۶۰	هزینه	بدون در نظر گرفتن کالای غیر تند مصرف
۳۷۰	تقاضای محقق نشده	
۴۰۲	تعهد تامین کننده	

همانگونه که مشاهده می شود با حذف کالاهای تند مصرف و کالاهای غیر تدمصرف مقادیر هزینه، تقاضای محقق نشده و تعهد تامین کننده به طور طبیعی کاهش می یابد که این امر نشان از تغییر در نتایج مسئله است. چرا که وجود کالاها و همچنین نوع تند مصرف یا غیر تدمصرف



بودن به طور طبیعی باعث به وجود آمدن تامین کننده و در نتیجه هزینه های تامین یا افزایش تقاضای محقق نشده به سبب افزایش حجم ابعاد مسئله می شود. در نتیجه می توان گفت نتایج فوق دلالت بر صحت مدل دارد. به منظور شفاف سازی بیشتر نتایج به صورت نمودار ارائه شده است.

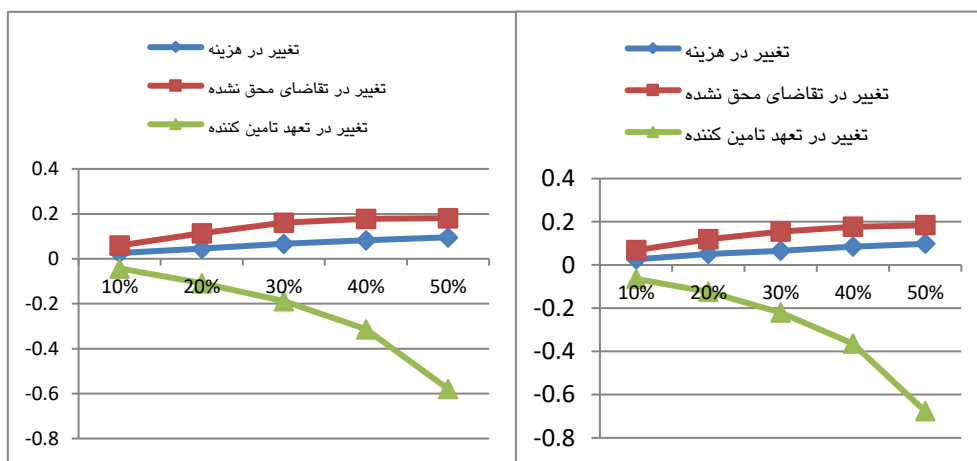


نمودار ۱. مقدار تابع هدف هزینه با حذف کالاهای تند مصرف و غیر تند مصرف **نمودار ۲. مقدار تابع هدف تقاضای محقق نشده و تعهد با حذف کالاهای تند مصرف و غیر تند مصرف**

همان گونه که مشاهده می شود وضعیت با در نظر گرفتن کالای تند مصرف و بدون آن در قیاس با وجود کالاهای تند مصرف و غیر تند مصرف در بخش هزینه و تقاضای محقق نشده و همچنین تعهد تامین کننده کاملاً متفاوت است لذا می توان اعتبار مدل را مورد تأیید قرار داد. در ادامه به تحلیل حساسیت و واکنش مدل به تغییر در پارامترهای مدل پرداخته می شود. در جدول ذیل تحلیل حساسیت تامین دارو به عنوان نمونه ارائه شده و نتایج مرتبط با سایر پارامترها در نمودارهای بعدی ارائه شده است.

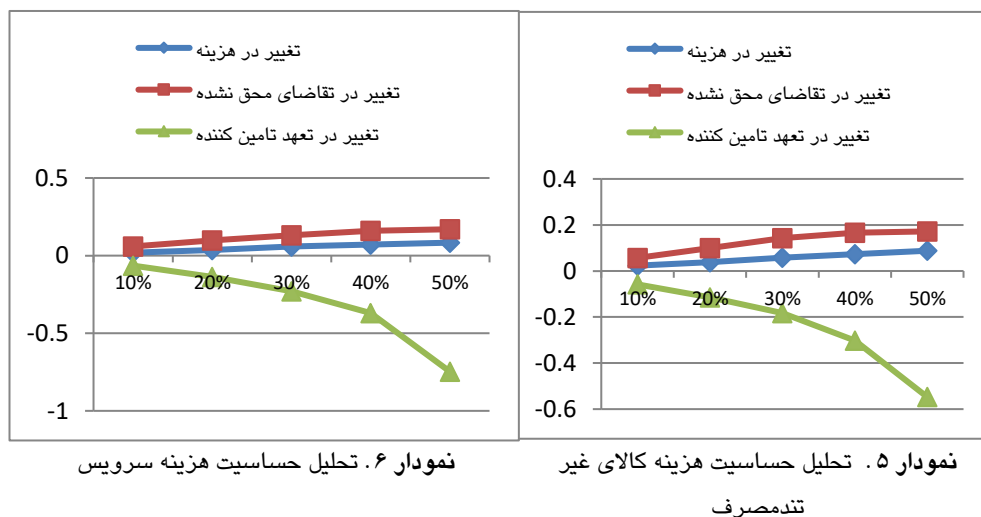
جدول ۵. تحلیل حساسیت تامین دارو

تغییر در تعهد تامین کننده	تغییر در تقاضای محق نشده	تغییر در هزینه	تعهد تامین کننده	تقاضای محقق نشده	هزینه	هزینه تامین دارو
			۴۶۵	۴۳۹	۶۷۳۷۷۳۲۰	۰٪
-۰.۰۶۴۵۲	۰.۰۶۸۳۳۷	۰.۰۲۶۱۳۳	۴۳۵	۴۶۹	۶۹۱۳۸۱۱۷	۱۰٪
-۰.۱۲۴۱۴	۰.۱۱۹۴۰۳	۰.۰۵۱۵۲	۳۸۱	۵۲۵	۷۲۷۰۰۱۰۷	۲۰٪
-۰.۲۲۰۴۷	۰.۱۵۴۲۸۶	۰.۰۶۵۸۶۷	۲۹۷	۶۰۶	۷۷۴۸۸۶۱۸	۳۰٪
-۰.۳۶۳۶۴	۰.۱۷۶۵۶۸	۰.۰۸۴۳۰۱	۱۸۹	۷۱۳	۸۴۰۲۰۹۵۴	۴۰٪
-۰.۶۷۷۳۵	۰.۱۸۳۷۳۱	۰.۰۹۸۰۹۹	۶۱	۸۴۴	۹۲۲۶۳۴۱	۵۰٪



نمودار ۴. تحلیل حساسیت هزینه کالای تندمصرف

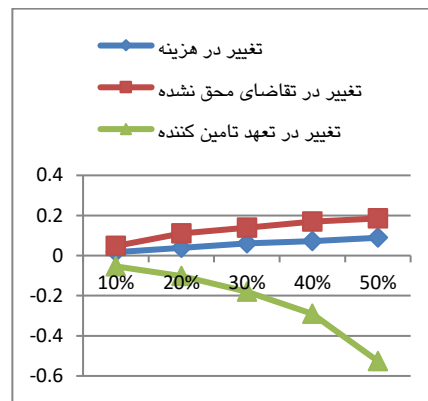
نمودار ۳. تحلیل حساسیت هزینه دارو



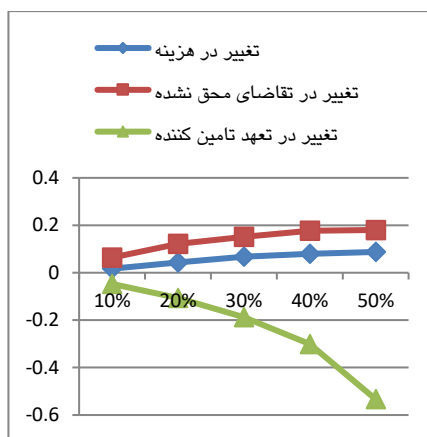
همانگونه که مشاهده می شود در نمودار فوق تحلیل حساسیت هزینه های بیمارستان صورت گرفته که نتایج نشان می دهد افزایش هزینه ها می تواند باعث بدتر شدن جواب شده و بر تمامی مقادیر توابع هدف اثرگذار باشد. اما شکل این اثرگذاری به این صورت است که تقاضا بیش از هزینه تحت تاثیر قرار گرفته و البته اثرگذارپذیرترین هدف تعهد تامین کننده می باشد. افزایش در هزینه ها تا ۵۰ درصد می تواند تا ۲۰ درصد موجب افزایش تقاضای محقق نشده و تا ۱۰ درصد موجب افزایش هزینه کل شود در حالیکه از سوی دیگر می تواند اثر قابل توجهی بر تعهد بگذارد به گونه ای که افزایش هزینه سرویس می تواند تا ۸ درصد، افزایش هزینه دارو تا ۷ درصد، افزایش هزینه کالای تند مصرف تا ۶ درصد و افزایش هزینه کالای غیر تدمصرف تا ۵.۵ درصد باعث کاهش تعهد تامین کنندگان می شود چرا که افزایش در این پارامترها انتخاب تامین کننده مناسب و متعهد را به طور طبیعی دچار مشکل می نماید.



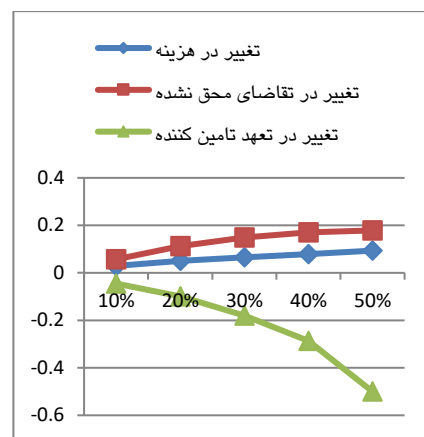
نمودار ۸. تحلیل حساسیت تعداد مراجعه کنندگان خدمات عمومی پزشکی



نمودار ۷. تحلیل حساسیت تعداد مراجعه کنندگان خدمات تخصصی پزشکی



نمودار ۱۰. تحلیل حساسیت تقاضای دارو



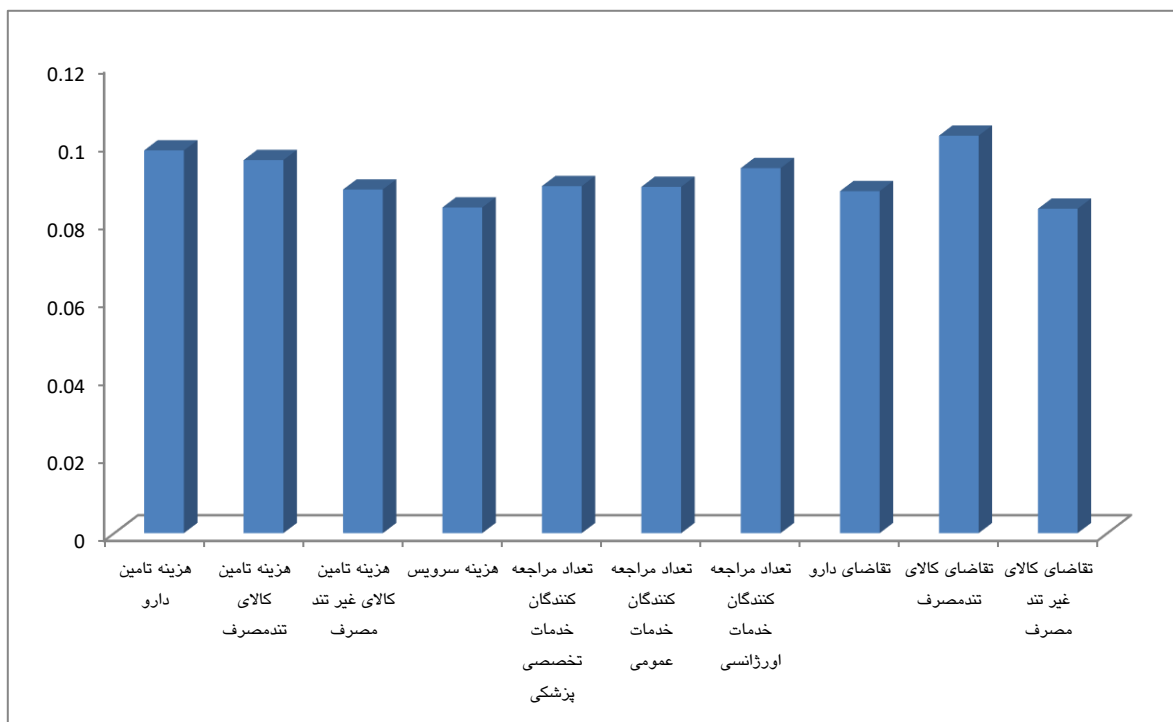
نمودار ۹. تحلیل حساسیت تعداد مراجعه کنندگان خدمات اورژانسی



نمودار ۱۲. تحلیل حساسیت تقاضای کالای
غیر تئدمصرف

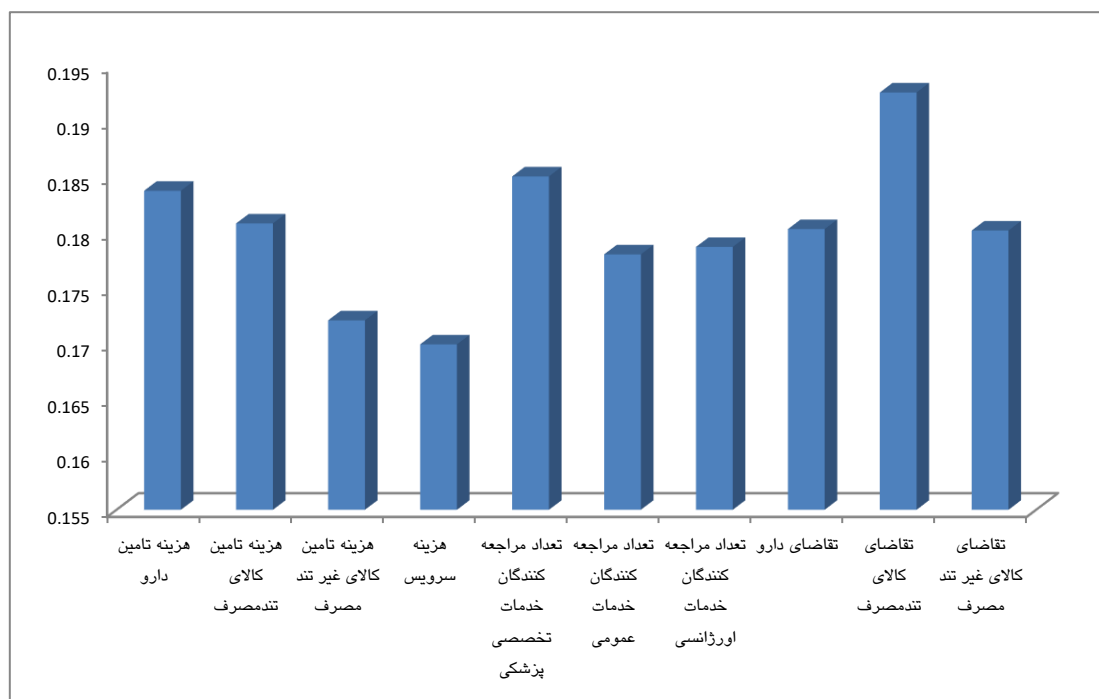
نمودار ۱۱. تحلیل حساسیت تقاضای کالای
تئدمصرف

در نمودارهای فوق تحلیل حساسیت تقاضا و تعداد مراجعه کنندگان صورت گرفته است. در تمامی نمودارهای فوق دیده می شود که تغییر در تمامی پارامترها تا ۲۰ درصد موجب افزایش تقاضای محقق نشده تا ۱۰ درصد موجب افزایش هزینه می شود. اما در خصوص تعهد تامین کننده دیده می شود که افزایش تقاضای کالای غیر تئدمصرف تا ۶۰ درصد، تقاضای کالای تئدمصرف تا ۷۰ درصد، تقاضای دارو تا ۵۵ درصد تعداد مراجعه کنندگان اورژانسی تا ۵۰ درصد و تعداد مراجعه کنندگان خدمات تخصصی تا بیش از ۵۰ درصد و تعداد مراجعه کنندگان خدمات عمومی تا ۶۵ درصد موجب کاهش تعهد تامین کنندگان می شود.



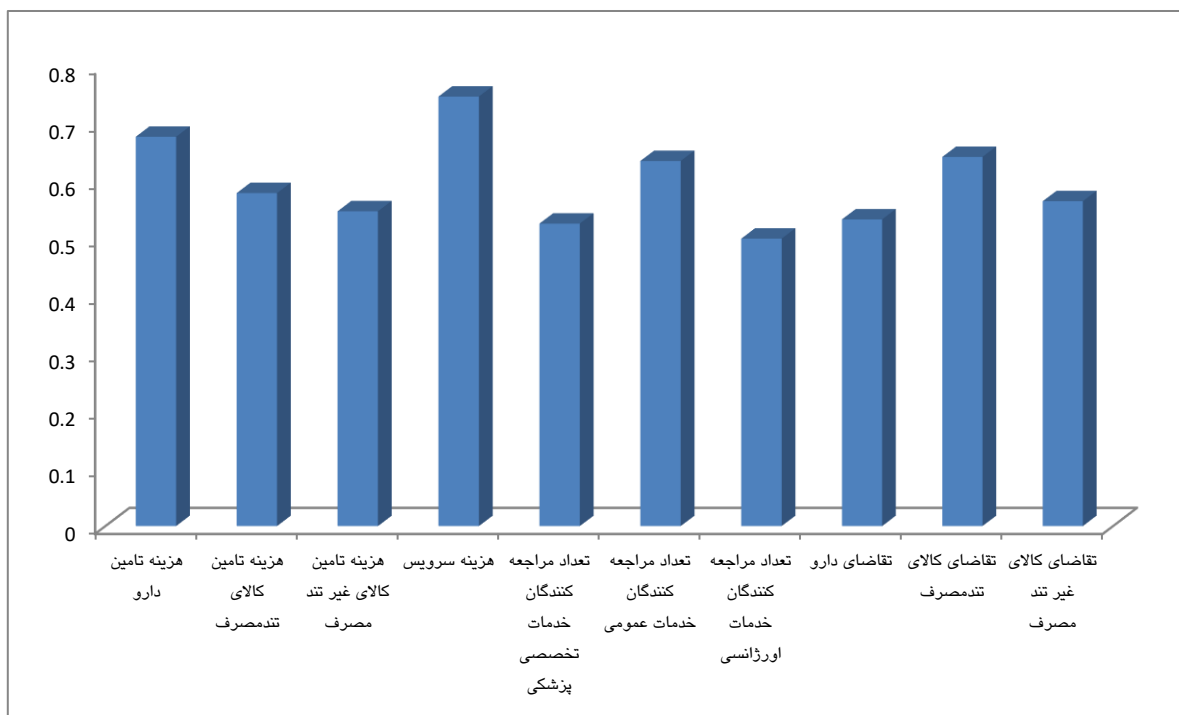
نمودار ۱۳. مقایسه پارامترهای اثرگذار بر هزینه

همانگونه که دیده می‌شود اثرگذارترین پارامتر بر هزینه تقاضای کالای تندمصرف می‌باشد که با افزایش تقاضای آن انتظار می‌رود تا ۱۰ درصد هزینه افزایش یابد. اما دامنه اثرگذاری پارامترها، بین ۸ تا ۱۰ درصد می‌باشد یعنی حداقل اثرگذاری پارامترها ۸ درصد و حداکثر اثرگذاری ۱۰ درصد می‌باشد.



نمودار ۱۴. مقایسه پارامترهای اثرگذار بر تقاضای محقق نشده

بر اساس نمودار فوق می‌توان دریافت که تقاضای کالای تدمصرف همچنان اثرگذارترین پارامتر بر تقاضای محقق نشده می‌باشد به گونه ای که حداکثر تا بیش از ۱۹ درصد افزایش تقاضای کالای تدمصرف منجر به افزایش تقاضای محقق نشده می‌شود. این در حالیست که کم اثرترین پارامتر هزینه سرویس می‌باشد که کمتر از ۱۷ درصد اثرگذاری را نشان می‌دهد. بنابراین می‌توان گفت بازه اثرگذاری بین پارامترها بین ۱۷ تا ۱۹ درصد می‌باشد که البته به نظر می‌رسد پراکندگی بین میزان اثرگذاری بر تقاضای محقق نشده به نظر بیشتر از هزینه می‌باشد.



نمودار ۱۵. مقایسه پارامترهای اثرگذار بر تقاضای تعهد تامین کننده

در نمودار فوق مشاهده می شود که هزینه سرویس با بیش از ۷۰ درصد اثرگذاری بیشترین اثرگذاری را بر تعهد تامین کننده دارد و تا بیش از ۷۰ درصد منجر به بدتر شدن جواب در بخش تعهد تامین کننده می شود. پس از آن هزینه تامین دارو و سپس تقاضای کالای تئدمصرف قرار دارد. کم اثرترین پارامتر بر تعهد تامین کننده تعداد مراجعه کنندگان خدمات اورژانسی می باشند.

۶- نتیجه گیری و پیشنهادها

در تحقیق حاضر به بهینه سازی زنجیره تامین خدمات بیمارستانی پرداخته شد. با توجه به وجود کالاها و داروهای مختلفی که می بایست تامین می شد تامین کنندگان مختلف و همچنین هزینه های مختلف برای هر کالا در نظر گرفته شد. کالاهای ارائه شده به بیماران به دو بخش



تندمصرف و غیر تندمصرف تفکیک می شد که کالاهای تندمصرف عموماً شامل کالاهای یکبار مصرف نظیر دستکش، ماسک، سورنگ و کالاهای غیر تندمصرف شامل کالاهایی نظیر روپوش پزشکان و پرستاران و موارد مشابه می گردید. ضمن اینکه دارو دارای وضعیت تامین متفاوت و همچنین تعمیرکاران دستگاهها نیز به عنوان سرویس کاران در نظر گرفته شدند. از سوی دیگر برای هر یک از کالاهای مزبور تقاضای جداگانه و مراجعه کنندگان به سه بخش خدمات اورژانسی، خدمات تخصصی و خدمات عمومی تفکیک شدند. به این ترتیب مدل برنامه ریزی ریاضی طراحی گردید که هدف آن حداقل ساختن هزینه به عنوان یک تابع هدف مرسوم و حداقل ساختن تقاضای محقق نشده به سبب اهمیت تحقق تقاضا و همچنین حداکثر ساختن تعهد تامین کنندگان با انتخاب تامین کننده مناسب بود.

نتایج تحقیق نشان داد که تمامی پارامترهای مربوطه می توانند بر مدل اثرگذار بوده و موجب بدتر شدن جواب شوند اما بیش از همه این تعهد تامین کننده است که به سبب افزایش در مقدار پارامترها دچار تغییر شده و بعضاً تا ۷۰ درصد کاهش تعهد مشاهده می شود. در حالیکه کم اثرترین تابع هدف تابع هزینه است که حداکثر تا ۱۰ درصد به واسطه افزایش در تقاضای کالای تندمصرف افزایش می یابد. ضمن اینکه افزایش در تقاضای کالای تندمصرف می تواند تا بیش از ۱۹ درصد تقاضای محقق نشده را افزایش دهد و این نشانگر حساسیت بالای دو تابع هدف تقاضا و هزینه به کالای تندمصرف می باشد. اما افزایش هزینه سرویس می تواند تا بیش از ۷۰ درصد تعهد تامین کنندگان را کاهش دهد و انتخاب تامین کننده مناسب را کاهش دهد.

تحقیق حاضر دارای مشابهتهایی با تحقیق آقاسمی و همکاران (۲۰۲۳) دارد که هر دو تحقیق در زنجیره تامین خدمات بیمارستانی فعالیت دارند و البته هدف حداقل ساختن هزینه در هر دو مقاله مشترک می باشد. مقاله حسینی و همکاران (۲۰۲۳) نیز ارائه یک مسئله طراحی شبکه زنجیره تامین خون برای بهینه سازی هزینه و جایگزینی آن می باشد که از نظر خدمات بیمارستانی با تحقیق حاضر متفاوت است. ضمن اینکه تحقیق هی و همکاران (۲۰۲۳) به دلیل آنکه ارائه گر یک زنجیره تامین خدمات می باشد با تحقیق حاضر نتایج مشابهی دارد. نتایج تحقیق حاضر می تواند به بهبود مدیریت خدمات بیمارستانها و مراکز درمانی با شناسایی عوامل اثرگذار بر هزینه، تقاضای محقق نشده و تعهد کمک نماید. تحقیق آتی می تواند مدل

تحقیق حاضر را به اهداف بیشتری توسعه داده و همچنین برخی پارامترها نظیر تعداد مراجعه کنندگان را غیر قطعی در نظر بگیرد.

بر این اساس پیشنهادات ذیل مطرح می باشد

- ۱- طراحی مدل زنجیره تامین خدمات برای بیمارستانها بر اساس نیاز هر بیمارستان
- ۲- برآورد تقاضای کالاهای تند مصرف و غیر تندمصرف
- ۳- برآورد تقاضای تعمیرات و سرویس تجهیزات بیمارستان
- ۴- برآورد تقاضای مراجعه بیماران به تفکیک اورژانس، بخش، جراحی و

۷- منابع

- [۱] Govindan, K., Nasr, A. K., Saeed Heidary, M., Nosrati-Abargooee, S., & Mina, H. (۲۰۲۲). Prioritizing adoption barriers of platforms based on blockchain technology from balanced scorecard perspectives in healthcare industry: A structural approach. *International Journal of Production Research*, ۱-۱۵. <https://doi.org/10.1080/00207179.2021.2013560>
- [۲] Fattahi, M., Keyvanshokoo, E., Kannan, D., & Govindan, K. (۲۰۲۲). Resource planning strategies for healthcare systems during a pandemic. *European Journal of Operational Research* <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.01.023>
- [۳] Ferreira, F. A., Kannan, D., Meidut' e-Kavaliauskien' e, I., & Vale, I. M. (۲۰۲۲). A sociotechnical approach to vaccine manufacturer selection as part of a global immunization strategy against epidemics and pandemics. *Annals of Operations Research*, ۱-۳۰. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04347-y>
- [۴] Galetsi, P., Katsaliaki, K., & Kumar, S. (۲۰۲۰). Big data analytics in health sector: Theoretical framework, techniques and prospects. *International Journal of Information Management*, 50(۴), ۲۰۶-۲۱۶. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.003>
- [۵] Lee, S. J., Venkataraman, S., Heim, G. R., Roth, A. V., & Chilingirian, J. (۲۰۲۰). Impact of the value-based purchasing program on hospital operations outcomes: An econometric analysis. *Journal of Operations Management*, 66(۱-۲), ۱۵۱-۱۷۵. <https://doi.org/10.1002/joom.1057>
- [۶] Mousa, S. K., & Othman, M. (۲۰۲۰). The impact of green human resource management practices on sustainable performance in healthcare organisations: A conceptual framework. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118595>



- [۷] Pan, X., Geng, Na., & Xie, X. (۲۰۲۱). Appointment scheduling and real-time sequencing strategies for patient unpunctuality. *European Journal of Operational Research*. DOI: ۱۰.۱۰۱۶/j.ejor.۲۰۲۱.۰۲.۰۵۵
- [۸] Shaktipada Bhuniya a, Sarla Pareek a, Biswajit Sarkar(۲۰۲۱), A supply chain model with service level constraints and strategies under uncertainty, *Alexandria Engineering Journal* (۲۰۲۱) . <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.aej.۲۰۲۱.۰۳.۰۳۹>
- [۹] Amir Aghsami a,b,* , Seyed Reza Abazari a, Alireza Bakhshi c, Mohammad Amin Yazdani d, Soroush Jolai e, Fariborz Jolai, A meta-heuristic optimization for a novel mathematical model for minimizing costs and maximizing donor satisfaction in blood supply chains with finite capacity queueing systems, *Healthcare Analytics* ۳ (۲۰۲۳) . <https://doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.health.۲۰۲۳.۱۰۰۱۳۶>
- [۱۰] Xiaohui Ren and Daofang Chang, OPTIMIZATION OF THE PRODUCT SERVICE SUPPLY CHAIN UNDER THE INFLUENCE OF PRESALE SERVICES, *Journal of Industrial and Management Optimization* Vol. ۱۸, No. ۵, September ۲۰۲۲. <https://doi.org/۱۰.۳۹۳۴/jimo.۲۰۲۱۱۳۰>
- [۱۱] Peng He^۱, Yong He^۱, , Chunming (Victor) Shi^۲, Henry Xu^۳, Li Zhou(۲۰۲۳), Cost-sharing contract design in a low-carbon service supply chain. <http://dx.doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.cie.۲۰۱۹.۱۰.۱۱۶۰>
- [۱۲] Rostami, P.; Avakh Darestani, S.; Movassaghi, M. Modelling Cross-Docking in a Three-Level Supply Chain with Stochastic Service and Queuing System: MOWFA Algorithm. *Algorithms* ۲۰۲۲, ۱۵, ۲۶۵. <https://doi.org/۱۰.۳۳۹۰/a۱۵۰۸۰۲۶۵> Stolyarov^۱, orcid.org/۰۰۰۰۰۰۰۲-۴۳۹۹-۷۱۱۷, J. Pásztorová^۲, orcid.org/۰۰۰۰۰۰۰۲-۷۲۵۵-۰۱۹۷, M. Zos-Kior^۳, orcid.org/۰۰۰۰۰۰۰۱-۸۳۳۰-۲۹۰۹, I. Hnatenko^۴, orcid.org/۰۰۰۰۰۰۰۲-۰۲۵۴-۲۴۶۶,
- [۱۳] M. Petchenko(۲۰۲۲), OPTIMIZATION OF MATERIAL AND TECHNICAL SUPPLY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISES, <https://doi.org/۱۰.۳۳۲۷۱/nvngu/۲۰۲۲-۳/۱۶۳>
- [۱۴] Zhang, G.; Wang, X.; Wang, Y.; Kang, J. Research on the Resilient Evolutionary Game of Logistics Service Supply Chain with Government Participation. *Mathematics* ۲۰۲۲, ۱۰, ۶۳۰. <https://doi.org/۱۰.۳۳۹۰/math۱۰۰۴۰۶۳۰>
- [۱۵] Komakech Kizza Nsereko^{۱*} and Sarah Natela Nanzekho(۲۰۲۲), Optimization of Supply Chains and Service Delivery in Selected Ugandan Charitable Organizations, *Journal of Procurement and Supply Chain Management* ISSN ۲۹۵۸ - ۴۰۷۸ (Online) www.gprjournals.org Vol.۱, Issue ۱, pp ۱ – ۱۶, ۲۰۲۲. <https://doi.org/۱۰.۵۸۴۲۵/jpscm.v۱i۱.۲۶>
- [۱۶] Seyed Mohammad Hassan Hosseini^۱ , Forough Behroozi^۲ and Shib Sankar Sana(۲۰۲۳), MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION MODEL FOR BLOOD SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN CONSIDERING COST OF SHORTAGE AND SUBSTITUTION IN DISASTER, *RAIRO-Oper. Res.* ۵۷ (۲۰۲۳) ۵۹–۸۵ RAIRO Operations Research <https://doi.org/۱۰.۱۰۵۱/ro/۲۰۲۲۰۶>

- [۱۷] Imran Ali^۱ · Devika Kannan(۲۰۲۲), Mapping research on healthcare operations and supply chain management: a topic modelling-based literature review, Annals of Operations Research (۲۰۲۲) ۳۱۵:۲۹-۵۵ <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04596-5>
- [۱۸] mohammadi H, ehtesham rasi, R, Mohtashami, A, designing fuzzy multi objective model for facility location optimization in perishable supply chain using metaheuristic algorithm and lagrangian, novel researches in decision making, ۲, ۴, ۱۴۰۰, p ۱۸۹-۲۱۲. <https://dorl.net/dor/۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۴۷۶۶۲۹۱,۱۴۰۰,۶,۴,۸,۲> [in Persian]
- [۱۹] sherafati, M najafi ghobadi, S, a novel model for designing sustainable supply chain including developing and environmental decisions. Novel researches in decision making, ۲, ۴, p ۱۰۴ ۱۲۴. <https://dorl.net/dor/۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۴۷۶۶۲۹۱,۱۴۰۱,۷,۴,۵,۲> [in Persian]
- [۲۰] bani fazel, S. babayee zakili, M, A. hossein zadeh shahri, M. a model for agile supply chain by metaanalysis method, management researches in iran, ۲۵, no ۳, p ۲۶-۴۹. <https://dorl.net/dor/۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۳۲۲۲۰۰,۱۴۰۰,۲۵,۳,۲,۶> [in Persian]
- [۲۱] izadyar, M. tollooyee ashlaghi, A. mehri, Z application of dynamic system in sustainability of large supply chain in carmaking industry, management researches in iran, ۲۵, no ۱, p ۱-۲۴. <https://dorl.net/dor/۲۰,۱۰۰۱,۱,۲۳۲۲۲۰۰,۱۴۰۰,۲۵,۱,۱,۱> [in Persian]