فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال یازدهم / شماره ۳۸ / زمستان ۱۳۹۵

رویکردی نوین در حل مدل های مکانیابی چند لایه ای تسهیلات در شرایط عدم قطعیت با استفاده از شبیه سازی فازی

مهدی یوسفی نژاد عطاری (نویسنده مسؤول)
عضو هیات علمی گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
Email:Mahdi_108108@yahoo.com
سعید کلاهی رنجی
باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد ایلخچی، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلخچی، ایران
انسیه نیشابوری
استاد گروه مهندسی صنایع، واحد بناب، دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۶/۱۳ * تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۲۸

چکیده

سیستمهای مختلف دارای رفتارهای پیچیده همراه با مباحث عدم قطعیت میباشند. تلفیق سیستمهای شبیهسازی گسسته پیشامد با تئوری مجموعههای فازی به منظور گنجاندن عدم قطعیت ارائه شده است.از جمله سیستمهای دارای رفتار پیچیده، مدلهای مکانیابی تسهیلات چند لایهای میباشد. در این مدل مشتریان در لایههای مختلف نوع خدمات مختلفی را دریافت میکنند. در این تحقیق یک مدل مکان یابی تسهیلات چند لایه خدمت دهی با توجه به تراکم سیستم ارائه شده است. مدل ارایه شده به صورت یک مدل برنامه ریزی غیرخطی فازی بوده و در دسته مسائل با پیچیدگی بالا قرار داد. جهت حل مدل ریاضی ارائه شده، از رویکردهای شبیه سازی فازی استفاده گردیده است. در این راستا، توابع هدف شامل کمینهسازی مدت زمان سفر متقاضی به تسهیل مورد نظر و مدت زمان انتظار متقاضی درون صف میباشد. لازم به ذکر است پس از اجرای مدل پایه و سناریوهای ایجاد شده در نرم افزار Arena نتایج بدست آمده در حالت فازی رتبه بندی گردیده است.

کلمات کلیدی: تصمیمگیری چند هدفه، تئوری صف، سیستمهای فازی، شبیهسازی گسسته–پیشامد فازی، مکان یابی تسهیلات.

۱- مقدمه

تلفیق مسائل مکان‌یابی تسهیلات با رویکردهای دیگر مانند تئوری صف، مباحث قیمت‌گذاری، زنجیره تامین و غیره مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. بدون تردید، مکان‌یابی هر چه دقیق‌تر باشد تسهیلات، اثرات مثبت خود را در منابع اقتصادی و رضایت مشتریان نشان خواهد داد. از آنجاییکه در دنیای واقعی، توزیع‌های احتمالی که بیان کننده‌ی رفتار سیستم هستند شناخته شده نیست و یا گاهی اوقات پارامترهای توزیع‌های احتمالی دارای عدم قطعیت می‌باشند، استفاده از شبیه‌سازی فازی لازم شمرده می‌شود. در کاربردهای گسترده صنعتی و خدماتی مسائل مکان‌یابی تسهیلات، همواره یکی از مهمترین سوالات تعیین تعداد بهینه تسهیلات و تخصیص مشتریان به تسهیلات انتخاب شده می‌باشد. از کاربردهای وسیع مدل‌های مکانیابی تسهیلات چند لایه‌ای ارایه شده می‌توان به سیستم‌های اعطای تسهیلات بانکی، سیستم‌های پذیرش بیمار در مراکز پزشکی و درمانی، سیستم-های ثبت‌نام حضوری مراکز مختلف آموزشی و سیستم‌های پرداخت خسارت مراکز بیمه و غیره اشاره کرد.

هدف تعیین مکان بهینه تسهیلات، تخصیص بهینه نقاط تقاضا به مشتریان می‌باشد. لذا در این مقاله یک مدل مکان‌یابی-تخصیص چند لایه‌ای با توجه به ساختار صف M/M/1 برای تسهیلات به صورت چند هدفه ارایه می‌شود. با توجه به NP-Hard بودن مسئله اصلی تحقیق، جهت حل مدل‌های ارایه شده از روش‌های حل برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه و تکنیک‌های شبیه‌سازی فازی بهره گرفته می شود. ضرورت خاص تحقیق مورد نظر، دامنه ادبیات محدود تحقیقات در زمینه مسائل مکان‌یابی وتخصیص در چارچوب صف با در نظر گرفتن همزمان چند هدف می‌باشد. نتایج این تحقیق قابل پیاده‌سازی در موسسات خدماتی وصنعتی مانند دستگاه‌های ATM، ایستگاه‌های سوخت رسانی، مراکز خدماتی بین شهری مانند رستوران‌ها و هتل‌ها، سیستم‌های اعطای تسهیلات بانکی، سیستمهای پذیرش بیمار در مراکز پزشکی و درمانی، سیستمهای ثبت‌نام حضوری مراکز مختلف آموزشی و سیستمهای پرداخت خسارت مراکز بیمه و دیگر کاربردها که سیستم فعالیتی آنها به شرایط مدل‌های ارایه شده نزدیک است، را دارد.

به طور کلی هشت مدل پایه مکان‌یابی در ادبیات مسایل مکان‌یابی معرفی شده‌اند که در این بخش تنها مدل n–میانه را با توجه به هدف و محدوده این پژوهش شرح داده می‌شود (Hakimi, 1964). از مشهورترین مدل‌های مکان‌یابی شبکه‌ای، مدلهای n– میانه (n-median) است. مسئله n– میانه اولین بار توسط حکیمی برای پیدا کردن میانه‌ها بر روی شبکه‌ها و گراف‌ها مطرح گردید در مدل‌های n– میانه هدف مکان‌یابی n وسیله جدید (میانه) است به نحوی که مکان این n وسیله جدید موجود در شبکه در بین m وسیله موجود (گره ها) تعیین شود تا مجموع موزون مسافت‌ها یا زمان‌های طی شده بین وسایل موجود تا نزدیک‌ترین وسیله جدید حداقل شود (Hakimi, 1964). با توجه به یک رشته فرضیات مختلف که می‌توان در این گونه مسایل مکان‌یابی مطرح کرد مدل‌های مختلفی مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند. باید بدین نکات توجه کرد که با توجه به خاصیت بهینگی گره‌ها (Vertex optimality)، تنها گره‌های موجود می‌توانند به عنوان مکان‌های بالقوه برای استقرار وسایل جدید در نظر گرفته شوند.

انتظار در صف هر چند بسی ناخوشایند است اما متاسفانه بخشی از واقعیت اجتناب ناپذیر زندگی را تشکیل می دهد. انسان‌ها در زندگی روزمره خود با انواع مختلف صف که به از بین رفتن وقت، نیرو و سرمایه آنها می‌انجامد، روبه رو می‌شوند. در جوامع امروزی صف‌های مهمتری وجود داردکه هزینه‌های اقتصادی و اجتماعی آنها به مراتب بیش از نمونه‌های ساده فوق است. از آن جمله می‌توان صف‌های حاصل از ترافیک شهری، ونیز صف‌هایی را که در فرودگاه‌ها، بنادر، موسسات مخابراتی ودر فرایندهای تولید تشکیل می‌شود نام برد. در مجموع شاید بتوان گفت که انتظار در صف دیگر استثنا نیست وبه صورت قاعده درآمده است.از بین بردن نتایج نامساعد انتظار در صف بدون شناخت خصایص یک پدیده امکان پذیر نیست. نظریه صف که به مطالعه صف‌ها از دیدگاه ریاضی می‌پردازد، تاثیر عوامل تشکیل دهنده صف و راه‌های منطقی زمان انتظار را بررسی می‌کند.

سیستمی را در نظر بگیرید که خدمتی را ارائه می‌کند متقاضیانی برای دریافت این خدمت مراجعه می‌کنند، که آنها را اصطلاحاً مشتری می‌نامند. خدمت موردنظر توسط شخص، ماشین ویا امکانات دیگر، که خدمت دهنده نامیده می‌شوند، ارائه می-شود.هنگامی که یک مشتری جهت دریافت خدمت موردنظر به سیستم مراجعه می‌کند، دو حالت ممکن است اتفاق بیفتد اگر

حداقل یکی از خدمت دهندگان بیکار باشد، بلافاصله ارائه خدمت به مشتری جدید شروع می‌شود اما چنانچه تمام خدمت دهندگان مشغول به کار باشند، مشتری باید منتظر بماند، و بدین ترتیب صف تشکیل می‌شود. بنابراین در هر سیستمی که خدمتی عرضه می‌شود چنانچه در یک لحظه تعداد مشتری بیش از ظرفیت سیستم باشد، بی‌شک صف تشکیل خواهد شد. مشتری‌های بالقوه سیستمیا به عبارت دیگر مجموعه مشتری‌هایی که برای دریافت خدمت مراجعه می‌کنند را جمعیت مشتریان بالقوه می‌نامند.عملکرد سیستم به عوامل متعدد بستگی دارد که عمده ترین آنها عبارتند از:

الگوی ورود مشتری، منظور همان زمان‌هایی است که مشتریان برای دریافت خدمت مراجعه می کنند که وابسته به تعداد مشتری‌هایی دارد که به سیستم مراجعه می‌کنند.

الگوی خدمت دهی، منظور مدت زمانی که ارائه خدمت به یک مشتری به طول می‌انجامد.تعداد خدمت دهندگان، یعنی تعداد خدمت دهندگانی که به طور مستقل به یکی از مشتریان خدمت می‌دهند. گاهی به جای خدمت دهنده از عبارت کانال خدمت استفاده می شود.

ظرفیت صف، منظور از ظرفیت صف حداکثر تعداد مشتریانی است که می‌توانند در صف قرار گیرند.جمعیت مشتریان بالقوه، تعداد مشتریانی که می‌توانند مراجعه کنند.

نظم سیستم، منظور از نظم سیستم نحوه انتخاب مشتری‌های داخل صف برای ارائه خدمت است. متداولترین روش درنظر گرفتن نوبت است؛ یعنی اینکه کسی که زودتر وارد سیستم شده وجلوتر از همه در صف قرار گرفته باشد زودتر خدمت دریافت نماید، این نظم را FIFO (First –in first -out) می‌نامند.

مبنای ریاضیات کلاسیک، منطق ارسطویی است که در آن پدیده های مختلف تنها دو جنبه دارند، «درست» یا «نادرست»، به عبارت دیگر «صفر» یا «یک». در منطق ارسطویی شیوه استدلال «قطعی» یا «صریح» است. در صورتی که ریاضیات فازی بر پایه استدلال تقریبی بنا شده است که منطبق با طبیعت و سرشت سیستم های انسانی است.

با پیدایش مجموعه های فازی و قابلیت آن در مدل سازی اطلاعات نا دقیق و تقریبی، مسیر جدیدی پیش روی محققان قرار گرفت تا با بهره گیری از توانایی مدل سازی و تحلیل سیستم ها دخالت انسان افزایش یابد. هر چه میزان آگاهی از یک سیستم افزایش یابد پیچیدگی سیستم کاهش یافته و دقت درک و تحلیل آن افزایش می یابد. زمانی که پیچیدگی سیستم کاهش یابد، دقت روش مدل سازی افزایش خواهد یافت.

در تصمیم گیری های فازی چند صفتی، امتیاز بین انتخاب ها توسط اعداد فازی نشان داده می شود. برای یک انتخاب دقیق و قطعی از میان انواع انتخاب ها، ما نیاز به روشی برای مقایسه اعداد فازی داریم. با این حال، برخلاف اعداد حقیقی که می توانند به صورت خطی و با استفاده از ترتیب ≤ مرتب شوند، اعداد فازی نمی توانند به صورت خطی مرتب گردند. روش های زیادی برای رتبه بندی اعداد فازی(Ranking fuzzy numbers) ارائه شده که باید به این نکته توجه کرد که هیچ کدام از آنها بی نقص نیستند. هر کدام از این روش ها می تواند برای وضعیت خاصی مطلوب و برای سایر وضعیت ها نامناسب باشند. در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۳ ارتقای سیستم شبیه‌سازی گسسته پیشامد با تئوری مجموعه‌های فازی به منظور گنجاندن عدم قطعیت ارائه شده است (Azzaro et al., 1997) (Grieco, Nucci & Anglani, 2003).

کاربردهای مختلف و متنوع ترکیب مسائل مکان‌یابی با ساختار صف در دنیای واقعی اهمیت دو چندانی پیدا کرده است. بدین منظور برای اولین بار برمن وهمکاران مکان بهینه خدمت دهنده‌ها را در شبکه صف با ساختار M/G/1 تعیین نمودند (Berman, Larson & Chiu, 1985). این نوع مسائل یکی از انواع مسائل در محیط‌های تولیدی می‌باشد که تخصیص بهینه تعداد خدمت‌دهنده به مراکز کار طوری تعیین می‌شود که عملکرد شبکه صف بیشینه شود. برندیو و چیو گروهی از مدل‌های مکان‌یابی را با مد نظر قرار دادن ساختار صف و با تنها یک خدمت دهنده مورد مطالعه قرار دادند (Brandeau & Chiu, 1990). ماریانو و رلوس مدلی را برای تعیین بهینه دستگاه‌های خودپرداز مبنی بر کیفیت سرویس‌دهی ارائه دادند (Marianov & Rios, 2000). وانگ وهمکاران با بررسی و مطالعه کاربرد مکان‌یابی خدمت دهنده‌ها در شبکه‌های ارتباطاتی ودستگاه خودپرداز، چندین مدل برای تجهیزات مکان‌های که با محدویت ظرفیت مواجه‌اند را ارائه نمودند (Wang, Batta & Rump,

2002) و (Wang, Batta & Rump, 2004). در واقع این مدل‌ها برای حالتهایی که مکان خدمت دهی ثابت و ظرفیت خدمت دهنده محدود و تقاضا تصادفی باشد گسترش یافته است.

شوندی و محلوجی مدل مکان‌یابی وتخصیص فازی برای سیستم‌های با محدودیت ظرفیت را ارائه کردند. آنها تئوری مجموعه فازی را به منظور گسترش مدلهای مکان‌یابی با حداکثر پوشش صف‌بندی مورد استفاده قرار دادند و برای حل این مسئله از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند(Shavandi & Mahlooji, 2006) برمن وهمکاران مدل صف M/M/k/1 برای مسائل مکان‌یابی را ارائه دادند. با این فرض که تعداد تجهیزاتی که انتخاب شده طول صفی محدود و برابر k دارند و درصدی از تقاضا مشتریان به دلیل محدودیت‌های مدل ممکن است از دست رود. این مقاله آزمایشات خود را با استفاده از نه الگوریتم ابتکاری تجزیه و تحلیل نمود (Berman, Krass & Wang, 2006).

برمن مسئله مکان‌یابی مجموعه‌ای از تجهیزات به روی شبکه با تقاضای تصادفی و ظرفیت محدود تجهیزات را به منظور حداکثر کردن تعداد تقاضا موردانتظار مشتریان مورد بررسی قرار دادند. مشتریان برای دریافت خدمت به طرف نزدیکترین تجهیز حرکت می‌کنند و در صورتی که ظرفیت تجهیز مورد نظر پر باشد به دیگر تجهیز نزدیک به خود تخصیص می‌یابد. ضمنا آنها مدل پیشنهادی را با استفاده از دو روش ابتکاری حل کردند (Berman, 2007).

پسندیده ونیاکی مدلی دوهدفه برای مسائل مکان‌یابی- تخصیص تسهیلات در چارچوب مدل کلاسیک صف M/M/1 ارائه دادند. در صورت مسئله این تحقیق تقاضای مشتریان به صورت تصادفی بوده و مکان خدمت دهنده‌ها و نرخ خدمت‌دهی ثابت می‌باشد. هدف آنها حداقل کردن مجموع متوسط زمان سفر و زمان انتظار مشتریان به همراه حداقل کردن متوسط درصد بیکاری تجهیزات در نظر گرفته شده که با توجه به ساختار صف مسئله را مدل‌سازی کرده وبا استفاده از الگوریتم ژنتیک و تکنیک تابع مطلوبیت آن را حل نمودند (Pasandideh & Niaki, 2010). پسندیده و همکاران یک مدل چندهدفه مکانیابی تسهیلات با در نظر گرفتن ساختار صف ورود گروهی ارایه کرده و جهت حل آن دو الگوریتم ژنتیک و شبیه سازی تبرید با رویکرد رمزگشایی نوین ارایه کردند (Pasandideh, Niaki & Hajipour, 2013). زرین‌پور و سیف‌برقی یک مدل مکان‌یابی تسهیلات با ساختار صف M/M/m/k را با توجه به محیط رقابتی مدلسازی کرده و برای حل آن از الگوریتم ژنتیک و جستجوی ممنوع استفاده نمودند (Zarrinpoor & Seifbarghy , 2011).

در ادبیات مربوط به مسائل مکان‌یابی تسهیلات با در نظر گرفتن ساختار صف، دامنه وسیعی از مسائل به صورت تک هدفه ارائه شده است، بنابراین در نظر گرفتن چندین هدف برای این نوع از مسائل باعث نزدیکتر شدن مدل به شرایط دنیای واقعی می‌شود. زنجیرانی فراهانی وهمکارانمروری بر اثرات اخیرمسائل مکان‌یابی چند معیاره انجام داده و این نوع از مسائل را در سه طبقه شامل دوهدفه،چندهدفه، و مسائل چند شاخصه ارائه دادند. هنگامی که مسئله‌ای دارای بیش از یک هدف باشد و اهداف با همدیگر سازگاری نداشته باشند، از روش‌های بهینه‌سازی چندهدفه استفاده می‌شود (Farahani, Seifi & Asgari, 2010).

وانگ و همکاران برای حل مسائل بهینه سازی محدودیت دار پیچیده مانند مسئله طرح اولیه محصولات جدید به عنوان یک مدل برنامه‌ریزی نیمه نامتناهی با محدودیت های نامتناهی، الگوریتم IGA (Immune Genetic Algorithm) را در این مقاله معرفی کرده‌اند. در این روش در ابتدا، بعضی از آنتی ژنها برای تولید و آموزش آنتی بادیها بطور تصادفی تولید می‌شوند. سپس یک سیستم ایمنی کارا با توانایی تشخیص آنتی‌ژنهای خودی و غیرخودی بوسیله این آنتی بادیهای آموزش دیده پشتیبانی می‌شود. نتیجه سیستم ایمنی در الگوریتم ژنتیک بکار رفته و آنها می‌توانند کروموزومهای نشدنی را در طول تکرارهای ژنتیک شناسایی کرده و اصلاح کنند. الگوریتم پیشنهاد شده در این مقاله می‌تواند عملکرد الگوریتم‌های ژنتیک را مخصوصاً در مسائل بهینه‌سازی محدودیت دار پیچیده بهبود بخشد (Wang, Fung & Ip, 2009). چمبری و همکاران یک مدل دو هدفه مکان-یابی–صف ارائه کرده و جهت حل آن از الگوریتم‌های میتنی بر پارتو به نام NSGAIIو NRGA بهره جستند (Chambari et al., 2011). مهدیزاده و همکاران یک مدل مکان‌یابی- تخصیص با در نظر گرفتن مکان مشتریان به صورت تصادفی و تقاضا به صورت فازی ارائه کردند. جهت حل مدل ارائه شده، با الهام از الگوریتم SA آنها یک الگوریتم بهینه سازی میرایی ارتعاش (Vibration Damping Optimization) ترکیب شده با الگوریتم سیمپلکس و شبیه سازی فازی ارائه کردند

(Mehdizadeh, Tavarroth & Hajipour, 2011). اخیرا، برمن و همکاران تلفیقی مکانیابی- قیمت‌گذاری- صف ارایه کردند تا کل سود سیستم بیشینه شود (Berman, Tong & Krass, 2010a). در ادامه برمن و همکارانتحقیق خود را با در نظر گرفتن چندین تسهیل توسعه دادند (Berman, Tong & Krass, 2010b). ابوعی- مهریزی و همکاران مکانیابی m تسهیل بر روی شبکه با n نقطه تقاضا را با در نظر گرفتن اینکه مشتریان می توانند قبل از ورود به سیستم با مشاهده طول صف در رابطه با ورود به سیستم تصمیم خود را اتخاذ نمایند، قیمت ارائه خدمت در کل تسهیلات یکسان در نظر گرفته شده است و سیستم صف در نظر گرفته شده به صورت M/M/۱ ارایه شده است (Abouee-Mehrizi et al. , 2011).

۲-مواد و روش ها

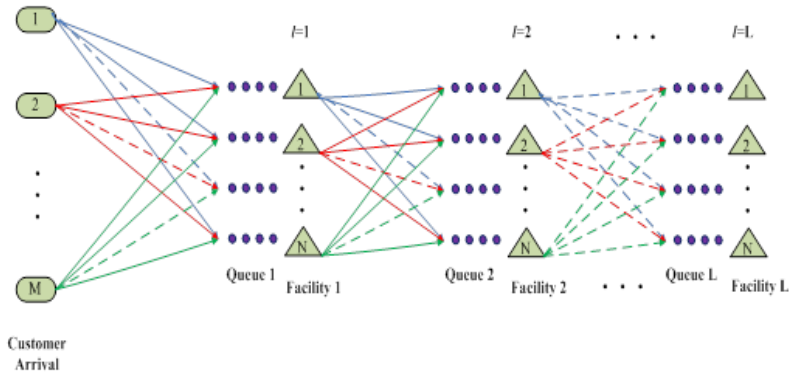
مسائل مکان‌یابی تسهیلات به مطالعه و بررسی در مورد چگونگی استقرار مجموعه‌ای از تسهیلات با توجه به اهداف و محدودیت‌های مختلف می‌پردازد. در این بخش، مدل مکان‌یابی- تخصیص چند لایه‌ای با توجه به ساختار صف M/M/1 برای تسهیلات به صورت چند هدفه ارایه می‌شود. در مسئله مورد نظر مشتریان وارد سیستم می‌شوند که جهت ورود مشتریان به لایه-ی اول می‌بایستی شرایط خاصی مطابق با محدودیت‌های مسئله در نظر گرفته شود. شکل (۱) شماتیک مسئله مکان‌یابی تسهیلات با چندین خدمت‌دهنده را نشان می‌دهد.

عدم قطعیت در تشخیص نوع رفتار نرخ تقاضا و نرخ سرویس دهی در لایه های مختلف مدل استقرار، استفاده از مفاهیم فازی را ضروری ساخته و بدین جهت در شبیه سازی فازی از استراتژی مشاهده فعالیت ها استفاده می شود. در این استراتژی مدیریت لیست وقایع و بروز کردن ساعت شبیه سازی دو مقوله کلیدی است.

اگر زمان های وقوع در لیست وقایع با مجموعه های فازی بیان شوند به الگوریتم رتبه بندی فازی نیاز خواهیم داشت. الگوریتم های رتبه بندی متفاوتی وجود دارد که افراد با درجه خوشبینی متفاوت تحت شرایط یکسان خروجی های متفاوتی خواهند داشت.

استراتژی مشاهده فعالیت شبیه سازی را از طریق بررسی شرایط شروع فعالیت (در دسترس بودن منابع لازم یا وابستگی های منطقی مانند تکمیل فعالیت های پیشنیاز قبلی) و بروز آوری زمان شبیه سازی از حال حاضر به زمان بعد یا تمام رویدادی که زودتر از سایر رویدادهای پایانی اتفاق خواهد افتاد، بهترمی سازد.

در مدل ارایه شده، جهت دریافت خدمت، مشتریان در لایه‌های مختلف نوع خدمات مختلفی را دریافت می‌کند. وقتی مشتری وارد سیستم می‌شود می‌بایستی تمامی خدمات را در لایه های مختلف دریافت نماید در واقع مشتری در لایه‌های میانی سیستم را ترک نخواهد کرد.



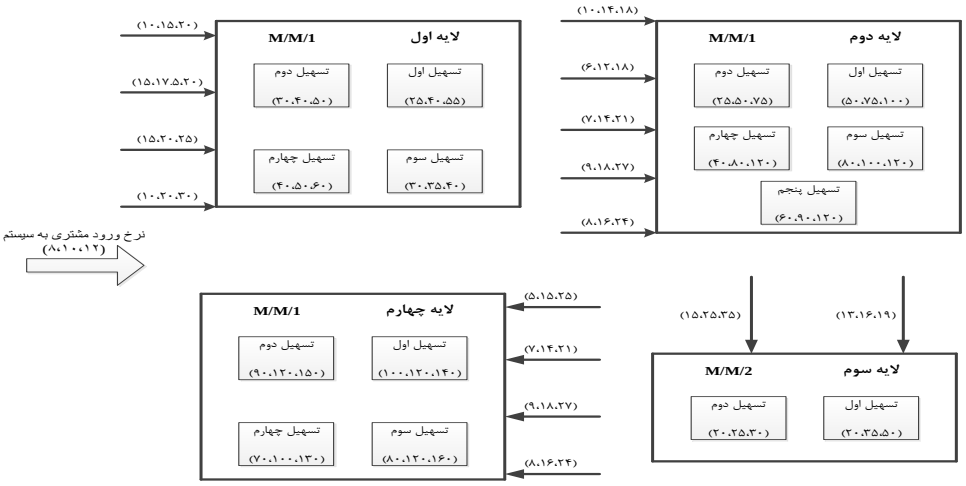
شکل شماره (۱): مسئله مکان‌یابی تسهیلات چند لایه‌ای با ساختار صف M/M/۱

امروزه بسیاری از مسائل کاربردی در جهان واقعی، مسائل بهینه‌سازی ترکیباتی چندهدفه تشکیل می‌دهند که اهداف در تضاد با یکدیگر بوده و بهبود در یک هدف باعث بهتر شدن هدف دیگر نمی‌شود. اکثر مطالعات در زمینه ترکیب مسائل مکان‌یابی و صف به صورت تک معیاره و یا تک هدفه بررسی شده است در حالی که یک هدف یا معیار چندان در مسائل کاربردی واقعی و عملی کافی نمی‌باشد.

مساله مورد نظر در این تحقیق بصورت یک مسئله مکان یابی چهار لایه بوده که در هر کدام از لایه‌ها تعدادی خدمت دهنده وجود دارد که با نرخ‌های متفاوت اقدام به ارائه خدمت می‌کنند، خدمت‌گیرندگان باید مسافتی را جهت رسیدن به لایه‌ها دیگر طی نمایندکه از تسهیلی به تسهیل دیگر متفاوت بود مطابق شکل (۲) مشخص گردیده است. توضیح اینکه توابع مثلثی فازی که روی فلش‌ها نشان داده شده است مدت زمان فازی سفر را از هر لایه به تسهیل مربوط به لایه بعدی را مشخص می‌سازد که واحد زمانی آن‌ها دقیقه بوده. و توابع مثلثی که درون باکس‌ها نوشته شده است مدت زمان فازی ارائه خدمات به هر کدام از خدمت‌گیرنده‌ها بوده که واحد زمانی آن نیز دقیقه است.

مشتریان با نرخ احتمالی تابع مثلثی وارد سیستم شده و به سمت تسهیلات لایه اول حرکت می‌کنند. سپس مدت زمانی احتمالی در صف خدمت دهنده مورد نظر منتظر مانده و پس از دریافت خدمت از تسهیل مربوط به آن لایه خارج شده و خدمت گیرنده تسهیل مورد نظر در لایه بعدی را انتخاب کرده و به سمت آن حرکت می نماید. بدین منظور مشتریان مراجه کننده به هریک از لایه‌ها با علم بر اینکه کدامیک از تسهیلات در لایه بعدی مربوطه دارای کمترین صف انتظار مشتری بوده، تسهیل مورد نظر خود را انتخاب کرده و به سمت آن تسهیل حرکت می‌کند. مدت زمان سفر از هر لایه به لایه دیگر نسبت به تسهیل‌های مختلف، متفاوت بوده و همچنین مدت زمان انجام کار توسط یک خدمت دهنده در هر تسهیل متفاوت است.

تابع هدف این تحقیق یک مساله دوهدفه بوده که توابع هدف کمینه کردن مدت زمان سفر بین لایه‌ها و مدت زمان انتظار در صفوف خدمت دهندگان هست. ابتدا یک سناریو پایه بر اساس شکل(۲) ارائه شده است. سپس جهت بهینه‌سازی سناریوهایی مطرح شده و به مقایسه با حالت پایه خواهیم پرداخت.



شکل شماره (۲): مسئله مکان‌یابی ۴ لایه با چندین خدمت‌دهنده

مفروضات مدل به شرح ذیل می باشند:

- به منظور دریافت خدمت، نقاط تقاضا با تابع توزیع مثلثی به سمت تسهیلات حرکت می‌کنند.
- هر نقطه تقاضا فقط می تواند به یک خدمت دهنده در هر لایه تخصیص داده شود.
- نرخ مراجعه نقاط تقاضا به منظور دریافت خدمت به هر یک از تسهیلات از توزیع مثلثی تبعیت می‌کند.
- زمان خدمت دهی هر تسهیل از توزیع مثلثی پیروی می‌کند.
- زمان سفر از هر تسهیل به تسهیل در لایه بعدی از توزیع مثلثی تبعیت می‌کند.
- هر تسهیل انتخاب شده فقط یک خدمت دهنده دارد(M/M/1).
- تنها یک وسیله، خدمت گیرندگان را از یک تسهیل به تسهیل لایه بعدی منتقل می‌سازد.
- جهت دریافت خدمت، مشتری لایه‌های مختلف با نوع خدمات مختلفی را دریافت می‌کند.

- وقتی مشتری وارد سیستم می‌شود می‌بایستی تمامی خدمات را در لایه های مختلف دریافت نماید در واقع مشتری در لایه‌های میانی سیستم را ترک نخواهد کرد.

پارامترهای مدل به شکل زیر می باشند:

i: شاخص نقاط گروه مشتریان (i=1,2,…,M)

j: شاخص تسهیلات بالقوه (j=1,2,…,N)

s :شاخص تسهیلات بالقوه (s=1,2,…,N,j<s)

l: شاخص لایه‌های خدمت‌دهی (l=1,2,…,L)

M: حداکثر تعداد گره‌های گروه مشتریان

N : حداکثر تعداد گره‌های بالقوه تسهیلات

P_l : ماکزیمم تعداد خدمت‌دهنده‌هایی که می‌توانند در لایه l خدمت ارائه کنند $(P_l \le N;\ \forall l)$

$\tilde{t}_{ij}$: مدت زمان فازی سفر مشتری i به تسهیل j در لایه اول بر حسب واحد زمانی

$\tilde{t}'_{ijsl}$: مدت زمان فازی سفر مشتری i از تسهیل j به تسهیل s ام در لایه l بر حسب واحد زمانی $(l > ۱)$

$\tilde{\gamma}_j$: نرخ تقاضا برای تسهیل انتخاب شده j در لایه اول

$\tilde{\gamma}'_{sl}$: نرخ تقاضا فازی برای تسهیل انتخاب شده s در لایه l $(l > ۱)$

$\tilde{Z}_۱$: مجموع مدت زمان فازی سفر در لایه‌های مختلف

$\tilde{Z}_۲$: مجموع انتظار فازی مشتریان در لایه‌های مختلف

$\tilde{\lambda}_i$: نرخ تقاضا فازی سرویس‌های درخواست شده از مشتری i در واحد زمانی

ψ: یک مقدار بزرگ

$\tilde{\mu}_j$: نرخ خدمت‌دهی فازی تسهیل j در لایه اول بر حسب واحد زمانی

$\tilde{\mu}'_{sl}$: نرخ خدمت‌دهی فازی تسهیل s در لایه l در واحد زمانی $(l > ۱)$

x_{ij}: برابراست با یک اگر مشتری i به تسهیل j در لایه اول تخصیص داده شود و در غیر اینصورت صفر

y_{ijsl} : برابراست با یک اگر مشتری i در لایه s به تسهیل j موجود در لایه l تخصیص داده شود و در غیر اینصورت صفر $(l > ۱)$

h_{jl} : برابراست با یک اگر تسهیل j در لایه l انتخاب شود و در غیر اینصورت صفر

مدل ریاضی مسئله به شرح ذیل می باشد:

$$Min\ \ \tilde{Z}_1 = \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\tilde{\lambda}_i\tilde{t}_{ij}x_{ij} + \sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}\sum_{s=1}^{S}\sum_{l=2}^{L}\tilde{\lambda}_i\,\tilde{t}'_{ijsl}y_{ijsl} + \sum_{j=1}^{N}\frac{\tilde{\gamma}_j}{\tilde{\mu}_j-\tilde{\gamma}_j} + \sum_{s=1}^{N}\sum_{l=2}^{L}\frac{\tilde{\gamma}'_{sl}}{\tilde{\mu}'_{sl}-\tilde{\gamma}'_{sl}} \quad (۱)$$

$$Min\ \ \tilde{Z}_2 = Max_{\substack{j=1,\dots,N\\ l=1}}\left\{(1-\frac{\tilde{\gamma}_j}{\tilde{\mu}_j})h_{jl}\right\} + Max_{\substack{s=1,\dots,N\\ l=2,\dots,L}}\left\{(1-\frac{\tilde{\gamma}'_{sl}}{\tilde{\mu}_{sl}})h_{sl}\right\} \quad (۲)$$

Subject to: (۳)

$$1 \le \sum_{j=1}^{N} h_{jl} \le P_l \qquad ;\ \ l=1 \quad (۴)$$

$$1 \le \sum_{s=1}^{N} h'_{sl} \le P_l \qquad ;\ \ l=2,\dots,L \quad (۵)$$

$$\sum_{j=1}^{N} x_{ij} = 1 \quad ; i = 1,...,M \tag{۶}$$

$$\sum_{s=1}^{N} y_{ijsl} = x_{ij} \quad ; i = 1,...,M, \quad j = 1,...,N, \quad l = 2 \tag{۷}$$

$$\sum_{\forall s' \in N} y_{iss',l+1} = y_{ijsl} \quad ; i = 1,...,M, j = 1,...,N, s = 1,...,N, l = 2,...,L-1 \tag{۸}$$

$$h_{jl} \le \sum_{i=1}^{M} x_{ij} \le M \times h_{jl} \quad ; \quad j = 1,...,N, l = 1 \tag{۹}$$

$$h'_{sl} \le \sum_{i=1}^{M} y_{ijsl} \le M \times h'_{sl} \quad ; \quad j = 1,...,N, s = 1,...,N, l = 2,...,L \tag{۱۰}$$

$$\sum_{i=1}^{M} \tilde{\lambda}_i x_{ij} \le \tilde{\mu}_j \quad ; j = 1,...,N \tag{۱۱}$$

$$\sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \lambda_i y_{ijsl} \le \mu'_{sl} \qquad ; s = 1,...,N, l = 2,...,L \tag{۱۲}$$

$$h_{jl} \in \{0,1\} \qquad ; \quad j = 1,...,N, l = 1,...,L \tag{۱۳}$$

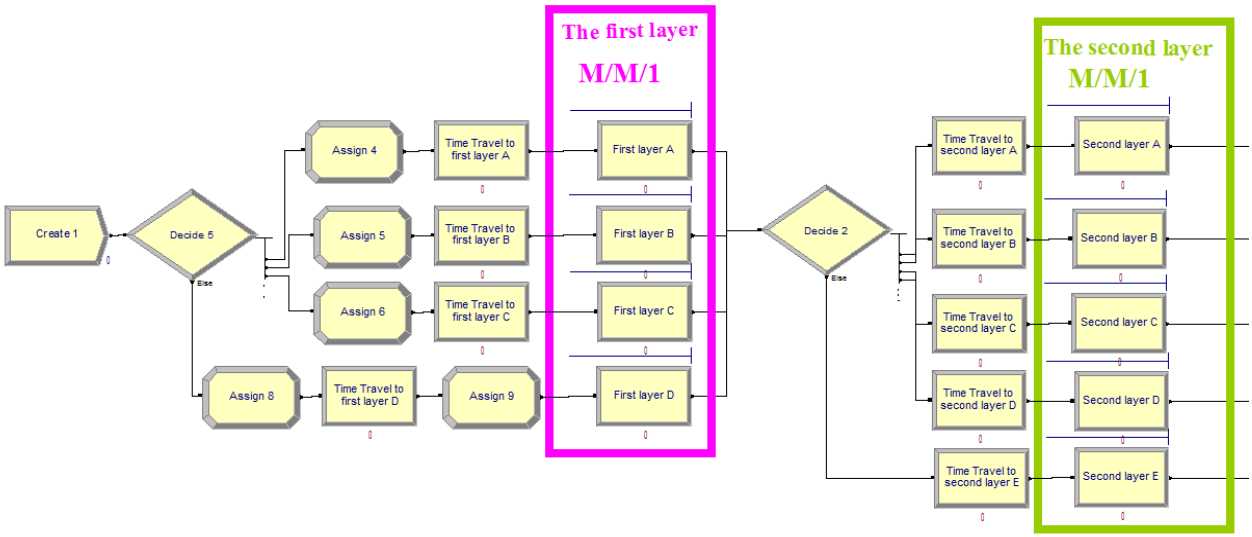
$$h'_{sl} \in \{0,1\} \qquad ; \quad s = 1,...,N, l = 1,...,L$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad ; \quad i = 1,...,M, j = 1,...,N$$

$$y_{ijsl} \in \{0,1\} \qquad ; \quad i = 1,...,M, j = 1,...,N \ , \ s = 1,...,N, l = 2,...,L$$

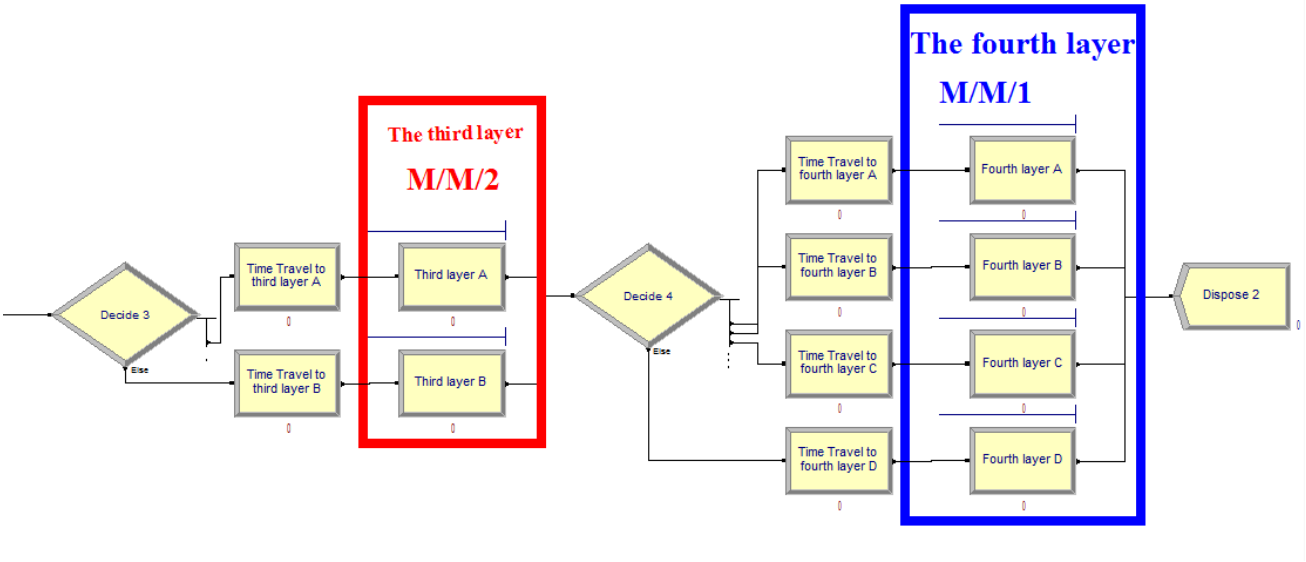
$$\tilde{\gamma}_j = \sum_{i=1}^{M} \tilde{\lambda}_i x_{ij} \ , \ \tilde{\gamma}'_{sl} = \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} \tilde{\lambda}_i y_{ijsl} \qquad ; s = 1,...,N, l = 2,...,L, j = 1,...,N \tag{۱۴}$$

با توجه به مثال عددی بیان شده، شبیه‌سازی اولیه‌ای از مدل مکان‌یابی تسهیلات چند لایه در نرم‌افزارArena ارائه داده می‌شود. در شکل (۳) و (۴) طرح اولیه‌ای براساس سناریو پایه ارائه شده است.در شکل(۳) ابتدا نهادها (ورود مشتریان داخل سیستم) توسط یک ماژولCreate خلق گردیده و پس از آن نهادهای ایجاد شده وارد یک ماژول Decide شده و در این ماژول نسبت به تعیین انتخاب خدمت‌دهنده تصمیم‌گیری می‌شود. همانطور که قبلا در بیان مساله اشاره شد انتخاب تسهیل خدمت‌دهنده در هر لایه براساس تعداد نهادهای (افراد یا سایر موجودی‌ها) منتظر در هر خدمت‌دهنده است. به این صورت که در هرکدام از خدمت-دهندگان هر لایه که تعداد افراد منتظر کمتری دارند، نهاد مربوط به سمت آن تسهیل حرکت خواهد کرد. پس از اینکه تسهیل مورد نظر انتخاب گردید، نهاد مربوط به تسهیل مربوط انتقال می‌یابد. که توسط ماژول Delay مدت زمانی برابر ما مدت زمان سفر باعث تاخیر رسیدن نهاد به خدمت‌دهنده مربوط می‌شود. در مدل پیشنهادی شبیه‌سازی از ماژول Process برای تعیین مدت زمان خدمت‌دهی هر تسهیل استفاده کرده و منابع لازم برای هر کدام از این تسهیلات توسط این ماژول مشخص می‌گردد. طبق مدل پایه برای هر خدمت‌دهنده یک منبع در نظر گرفته شده و مساله پایه بصورت M/M/1 است.



شکل شماره (۳): مدل شبیه‌سازی مکان‌یابی تسهیلات، لایه اول و لایه دوم توسط نرم افزار Arena

در مدل شبیه‌سازی جهت تعیین مدت زمان سفر هر نهاد قبل و بعد از ماژول Delay یک ماژول Assign قرار داده شده است تا زمان ورود و خروج نهاد به ماژولDelayتعیین گردد. قسمت دوم شبیه‌سازی مربوط به لایه سوم و چهارم بوده که مطابق شکل (۴) بود و طبق مفروضات بالا مدل گردیده است.



شکل شماره (۴): مدل شبیه‌سازی مکان‌یابی تسهیلات، لایه سوم و لایه چهارم توسط نرم افزار Arena

همانطور که در مفروضات مساله بیان شد مشتریان در لایه‌های میانی، سیستم را نمی‌توانند ترک کنند به همین منظور در آخر شبیه‌سازی از یک ماژول Dispose جهت خروج نهادها (مشتریان) از سیستم تعبیه گردیده است.

از مهم‌ترین کارها در طراحی مدل‌های شبیه‌سازی، تعیین اعتبار و صحت مدل است. به منظور تعیین اعتبار مدل‌های ارائه شده تغییراتی در منابع انجام شده است که سناریوها و تحلیل حساسیت این امر را نشان می‌دهند و تاثیر آن‌ها بر روی شاخص‌های عملکردی در نتایج و یافته‌ها ارائه می‌شود. برای تعیین صحت مدل، روند جریان ورودی‌ها و تغییر متغیرها به صورت گام به گام مورد بررسی قرار گرفت و تغییرات مورد نظر بررسی شد. در تکرارهای مختلف سناریوهای شبیه سازی شده در نرم‌افزار برای پایایی نتایج تقریبا یکسانی با پراکندگی کم بدست آمده است.

۳- نتایج و بحث

در ابتدای اجرای شبیه‌سازی، مدل خالی و بدون موجودی است. بنابراین ممکن است داده‌های حاصل از آن معیار مناسبی برای تحلیل نتایج حاصل از شبیه‌سازی نباشد. برای جلوگیری از این موضوع، زمانی به عنوان دوره گرم شدن برای مدل در نظر گرفته می‌شود. این زمان برای گذار سیستم از حالت ناپایدار به حالتی است که سیستم به پایداری نسبی دست پیدا کند. در این پژوهش زمان گرم شدن برابر با ۷ روز انتخاب گردید و همچنین خود مساله برای یک دوره ۱۵ روز اجرا شده است.

به منظور تعیین تعداد تکرار مدل مورد نظر در محیط شبیه‌سازی، از شاخص ضریب تغییرات استفاده شده است که طبق روابط ۱۳ و ۱۴ بدست می‌آید.

$$C.V = \frac{S}{\bar{X}} \quad (۱۳)$$

$$S = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (۱۴)$$

برای مدل پایه با n=۴، C.V در بازه (۰.۰۵<<C.V<<۰.۱۵) قابل قبولی قرار دارد. بنابراین تعداد تکرار n=۴ تعداد مناسبی برای مسئله مورد نظر است. بنابراین مدل پایه۴ بار در محیط ارنا اجرا شده و نتایج مقدار متوسط این تکرارها، می‌باشند. هر یک از توابع هدف مساله از مجموع سطوح مختلف تشکیل گردیده است.نتایج حاصل از اجرای شبیه‌سازی برای مدل پایه به ترتیب جداول (۱) و (۲) و (۳) مربوط به تابع هدف اول مساله (کمینه سازی مدت زمان سفر)، تابع هدف دوم (کمینه سازی مدت زمان انتظار درون صف) و تابع هدف سوم (کمینه سازی بیکاری تسهیلات) می‌باشد.

جدول شماره (۱): یافته‌های پژوهش برای تابع هدف اول مساله در حالت مدل پایه

سطوح	مسیر سفر	حداقل سازی زمان سفر			
		تکرار اول			مجموع لایه
		Max	*Ave*	*Min*	
لایه اول	از مکان اولیه به تسهیل اول، لایه اول	۲۲۷/۹۸۵	۱۴۴/۴۵۷	۷۵/۰۷۹	(۲۱۸/ ۳۵,۵۴۷/ ۴۷,۸۷۹/۸۷)
	از مکان اولیه به تسهیل دوم، لایه اول	۲۱۰/۴۸۵	۱۳۶/۸۷۵	۴۹/۱۲۶	
	از مکان اولیه به تسهیل سوم، لایه اول	۱۸۱/۶۷۳	۱۱۱/۴۲۸	۳۹/۰۸۹	
	از مکان اولیه به تسهیل چهارم، لایه اول	۲۵۹/۷۳	۱۵۴/۷۱	۵۵/۰۵۷	
لایه دوم	از لایه اول به تسهیل اول، لایه دوم	۳۳۵۹/۴۵	۲۵۱۷/۲۱۲	۱۵۷۷/۴۱۳	(۸۱۶۴/۹۹ , ۱۲۸۵۰/۷۸ , ۱۷۵۳۲/۳۴)
	از لایه اول به تسهیل دوم، لایه دوم	۲۵۶۴/۳۴	۱۹۰۶/۶۴۹	۱۱۴۱/۹۷۲	
	از لایه اول به تسهیل سوم، لایه دوم	۴۱۷۵/۸۵	۳۰۲۹/۱۵۶	۱۹۲۸/۸۱۲	
	از لایه اول به تسهیل چهارم، لایه دوم	۳۵۹۵/۶۵	۲۵۲۵/۹۲۴	۱۶۶۴/۹۱۴	
	از لایه اول به تسهیل پنجم، لایه دوم	۳۸۳۷/۰۳	۲۸۷۱/۸۴۴	۱۸۵۱/۸۸۸	
لایه سوم	از لایه دوم به تسهیل اول، لایه سوم	۱۳۷/۱۴	۶۴/۴۶	۰	(۰,۹۵/۳۰,۲۲۸/۳۲)
	از لایه دوم به تسهیل دوم، لایه سوم	۹۱/۱۸	۳۰/۸۴۱	۰	
لایه چهارم	از لایه سوم به تسهیل اول، لایه چهارم	۵۱۶۷/۸۱	۳۷۰۹/۹۸۶	۲۲۹۰/۷۰۵	(۹۱۲۰/ ۱۷,۱۴۵۵۳/ ۹۸,۲۰۰۴۵/۶۳)
	از لایه سوم به تسهیل دوم، لایه چهارم	۵۰۹۹/۰۳	۳۷۱۲/۴۷	۲۳۶۳/۰۲۸	
	از لایه سوم به تسهیل سوم، لایه چهارم	۵۰۶۳/۸۳	۳۷۱۳/۶۲۹	۲۳۴۷/۳۶۷	
	از لایه سوم به تسهیل چهارم، لایه چهارم	۴۷۱۴/۹۴	۳۴۱۷/۸۹۸	۲۱۱۹/۰۷۸	

جدول شماره (۲): یافته‌های پژوهش برای تابع هدف دوم مساله در حالت پایه

سطوح	مسیر سفر	حداقل سازی زمان انتظار مشتریان			
		تکرار اول			مجموع لایه
		Max	*Ave*	*Min*	
لایه اول	از مکان اولیه به تسهیل اول، لایه اول	۲۷۶۸/۸۱۸	۲۰۱۳/۹۰۳	۱۲۴۶/۵۴۳	(۵۷۹۹/۹۱,۹۱۳۷/۰۰,۱۲۴۷۱/۸۴)
	از مکان اولیه به تسهیل دوم، لایه اول	۳۳۲۱/۴۴۶	۲۴۴۶/۰۰۲	۱۵۷۹/۸۱۷	
	از مکان اولیه به تسهیل سوم، لایه اول	۳۶۵۹/۲۷۸	۲۶۸۷/۲۸۸	۱۶۹۶/۲۷۹	
	از مکان اولیه به تسهیل چهارم، لایه اول	۲۷۲۲/۲۹۹	۱۹۸۹/۸۱۴	۱۲۷۷/۲۷۵	
لایه دوم	از لایه اول به تسهیل اول، لایه دوم	۲۲۴۷/۶۸۲	۱۶۷۰/۰۹۳	۱۰۹۳/۵۱۶	(۵۲۹۹/۲۹,۸۳۶۰.۸۴,۱۱۳۴۷/۲۱)
	از لایه اول به تسهیل دوم، لایه دوم	۲۵۲۲/۴۴۶	۱۸۵۶/۸۲۵	۱۱۷۹/۶۲۵	
	از لایه اول به تسهیل سوم، لایه دوم	۱۷۸۴/۴۵۹	۱۲۹۴/۴۷۳	۷۶۲/۶۲۳	
	از لایه اول به تسهیل چهارم، لایه دوم	۲۵۹۵/۴۱۹	۱۹۳۷/۹۶۱	۱۲۲۱/۲۹۲	
	از لایه اول به تسهیل پنجم، لایه دوم	۲۱۹۷/۲۱۲	۱۶۰۱/۴۸۷	۱۰۴۲/۲۳۷	
لایه سوم	از لایه دوم به تسهیل اول، لایه سوم	۵۳۳۴/۵	۳۸۷۶/۳۳۴	۲۴۵۴/۷۳۸	(۴۳۹۲.۱۱۶,۷۰۵۱.۱۶۳,۹۸۰۸.۴۳۱)
	از لایه دوم به تسهیل دوم، لایه سوم	۴۴۷۳/۹۳۱	۳۱۷۴/۸۲۹	۱۹۳۷/۳۷۹	
لایه چهارم	از لایه سوم به تسهیل اول، لایه چهارم	۲۱۸۶/۶۳	۱۶۰۳/۰۴۷	۹۹۸/۴۲۳	(۲۹۳۵/۸۰,۴۷۷۷/۸۷,۶۶۶۰/۵۶)
	از لایه سوم به تسهیل دوم، لایه چهارم	۲۰۵۴/۴۷۱	۱۵۰۹/۹۱۷	۹۵۰/۶۵۶	
	از لایه سوم به تسهیل سوم، لایه چهارم	۲۳۳۳/۸۹۲	۱۶۹۴/۸۶	۱۰۶۵/۰۷۹	
	از لایه سوم به تسهیل چهارم، لایه چهارم	۲۴۴۳/۸۸۷	۱۷۶۱/۴۴۴	۱۰۸۴/۹۰۳	

۴ سناریو دیگر بجزء حالت پایه توسط محققین طراحی گردیده تا با استفاده از نظریه صف بتوان تاثیر افزایش تعداد خدمت دهندگان در سیستم مکان‌یابی تسهیلات چند لایه‌ای را بررسی کرده و بهینه‌ترین سناریو انتخاب گردد. سناریوهای طراحی شده مطابق جدول (۳) می‌باشند. در جدول (۳) مدل‌های صف نشان دهنده تعداد خدمت دهندگان در هر لایه به ازای هر کدام از تسهیلات می‌باشد و منابع تعداد وسایل حمل و نقل را برای هر کدام از تسهیلات مشخص می‌سازد. توضیح اینکه در لایه‌هایی که تعداد منابع ۲ ذکر شده، مدت زمان سفر از تسهیل لایه قبل به تسهیل لایه بعد نصف می‌گردد. بعد از اینکه اطلاعات مورد نیاز در این پژوهش به منظورمدل‌سازی، ارزیابی و بهبود پارامترها یا شاخص‌های عملکردی و بررسی سناریوهای مختلف بدست آمد، مدل‌های مکان‌یابی تسهیلات چند لایه‌ای هر کدام از سناریوها، در محیط نرم‌افزار Arena شبیه‌سازی می‌شود. کلیه سناریوها در مدت زمان ۱۵ روز برای هر کدام از سناریوها تکرار شدند. نتایج حاصل از اجرای شبیه‌سازی سناریوها به همراه نتایج مدل پایه مطابق جدول (۴) می‌باشد.

جدول شماره (۳): طراحی سناریوهای مختلف جهت شبیه سازی

	لایه اول		لایه دوم		لایه سوم		لایه چهارم	
	مدل صف	منابع	مدل صف	منابع	مدل صف	منابع	مدل صف	منابع
مدل پایه	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱
سناریو اول	M/M/۲	۲	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱

سناریو دوم	M/M/۱	۱	M/M/۲	۱	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱
سناریو سوم	M/M/۱	۱	M/M/۱	۲	M/M/۲	۱	M/M/۱	۱
سناریو چهارم	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱	M/M/۱	۱	M/M/۲	۲

رتبه بندی توابع با اعداد فازی مثلثی:

در این روش ابتدا مراکز ثقل را بدست آورده و سپس ارزش رتبه بندی عدد فازی $\tilde{A}$ محاسبه می شود.

عدد فازی مثلثی A=[a1,a2,a3]

مرکز ثقل (xc , yc) برای عدد فازی $\tilde{A}$ به صورت زیر تعریف می گردد.

$$x_c = \frac{(a_1 + a_2 + a_3)}{3} \quad (۱۵)$$

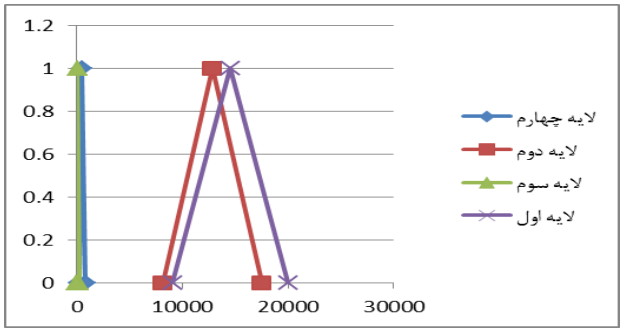
$$y_c = (\frac{1}{3}) * \left[1 + (\frac{2a_2}{a_1 + a_2 + a_3})\right] \quad (۱۶)$$

$F(A)$ که ارزش رتبه بندی عدد فازی $\tilde{A}$ است به صورت زیر بیان می شود.

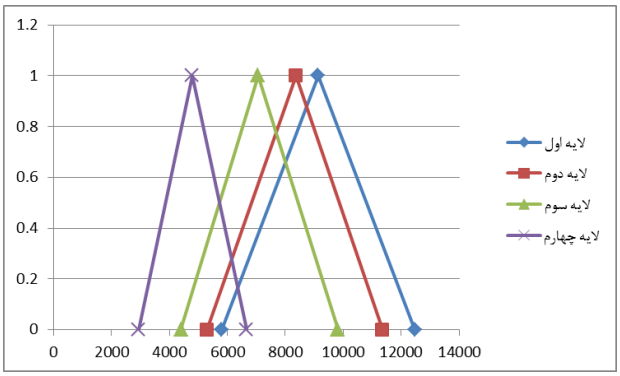
$$F(A) = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} \quad (۱۷)$$

در این قسمت نتایج توابع هدف حاصل از اجرای مدل پایه بعد از اجرای پویای زمانی آن‌ها در نرم افزار شبیه‌سازی Arena ارائه شده است. بر اساس جدول بالا می توان هر کدام از هدف‌ها را بصورت جداگانه‌ای در نظر گرفته و براساس اعداد فازی تحلیل کرد که بر این اساس نمودارهای زیر به دست می‌آید.

شکل شماره (۵): نمایش میزان تابع هدف اول به تفکیک لایه‌ها



شکل شماره (۶): نمایش میزان تابع هدف دوم به تفکیک لایه‌ها



جدول شماره (۴): مجموعه میزان رتبه F(A) برای هر کدام از لایه ها به تفکیک توابع

F(A)	تابع هدف اول	تابع هدف دوم
حالت پایه	۲۸۰۷۹/۱	۲۹۳۴۷/۴
سناریو اول	۲۸۳۹۵/۰	۲۸۲۳۵/۴
سناریو دوم	۲۹۴۱۱/۱	۲۰۷۲۲/۰۶
سناریو سوم	۲۸۳۲۵/۷	۲۸۱۳۹/۳
سناریو چهارم	۲۸۲۱۸/۱	۱۴۲۹۲/۱

در این قسمت ابتدا به تحلیل تابع هدف اول پرداخته که با توجه به نتایج به دست آمده از جدول (۵)، مقدار F(A) برای حالت سناریو دوم بیشینه مقدار بوده که در رتبه نخست قرار می‌گیرد و پس از آن سناریو اول و سناریو سوم قرار دارند که البته اختلاف ناچیزی بین این دو سناریو وجود دارد. همچنین برای تابع هدف دوم حالت پایه در بیشینه‌ترین حالت قرار دارد، از این رو برای تابع هدف اول سناریو دوم و تابع هدف دوم حالت بهینه بهترین انتخاب می‌باشد.

از آنجایی که عدم قطعیت موجود در فعالیت‌ها وارد مدل‌های کلاسیک نمی شود، بنابراین با علم ریاضیات فازی تلاش می شود فاصله این مدل‌ها تا واقعیت کمتر گردد. مکانیابی چند لایه تسهیلات با استفاده از شبیه‌سازی فازی مدل‌سازی شده است. چهار سناریو با توجه به تئوری صف و اختصاص تعداد خدمت‌دهندگان بیشتر به لایه‌های متفاوت (M/M/2) و افزایش ظرفیت حمل و نقل طراحی گردیده و توابع هدف هر کدام از سناریوها اندازه‌گیری شده و در انتها با مدل پایه مقایسه گردیده است.تمامی سناریوها تاثیر افزایش تعداد خدمت دهندگان و افزایش ظرفیت حمل و نقل را بر روی عملکرد مکانیابی تسهیلات را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بیانگر آن است که افزایش تعداد خدمت دهندگان، باعث کاهش مدت زمان انتظار مشتریان در صف خواهد بود همچنین افزایش ظرفیت حمل و نقل بین لایه‌ها مختلف مطئنا باعث کاهش زمان سفر بین لایه‌ها خواهد شد.

٤- منابع

1. Aboolian, R., & Berman, O., & Drezner, Z. (2009). The multiple server center location problem. Annals of Operations Research, 167, 337–352.
2. Abouee-Mehrizi, H., & Babri, S., & Berman, O., & Shavandi, H. (2011). Optimizing capacity, pricing and location decisions on a congested network with balking. Mathematical Methods of Operations Research, 74(2), 233-255.
3. Azzaro-Pantel, C., & Floquet, P., & Pibouleau, L., & Domenech, S. (1997). A fuzzy approach for performance modeling in a batch plant: application to semiconductor manufacturing. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 5(3).
4. Berman, O., & Krass, D., & Wang, J. (2006). Locating service facilities to reduce lost demand. IIE Transactions, 38(11), 933 – 946.
5. Berman, O., & Larson, R.C., & Chiu, S.S., (1985). Optimal Server Location on A Network Operating as an M/G/1 Queue. Operations Research, 33(4), 746-771.
6. Berman, O., & Tong, D., & Krass, D., (2010a). Pricing location and capacity planning with elastic demand and congestion. Working paper. University of Toronto.
7. Berman, O., Tong, D., & Krass, D. (2010b). Pricing, location and capacity planning with equilibrium driven demand and congestion working paper. *University of Toronto*.
8. Berman, O., (2007). Locating capacitated facilities to maximize captured demand. *IIE Transactions*, 39(11), 1015-1029.
9. Boffey, B., & Galvao, R., & Espejo, L. (2007). A review of congestion models in the location of facilities with immobile servers. European Journal of Operational Research, 178(3), 643–662.
10. Brandeau, M. L., & Chiu, S. S. (1990). A unified family of single-server queueing location models. *Operations Research*, *38*(6), 1034-1044.

11. Chambari, A.H., & Rahmaty, S.H., & Hajipour, V., & Karimi, A. (2011). A bi-objective model for location-allocation problem within queuing framework. World Academy of Science. Engineering and Technology, 5(6), 138-145.
12. Current, J., & Daskin, M., & Schilling, D. (2002). Discrete network location models. facility location: applications and theory. Springer, Heidelberg, 80-118.
13. Dong, M., & Wua, C., & Hou, F. (2009). Shortest path based simulated annealing algorithm for dynamic facility layout problem under dynamic business environment. Expert Systems with Applications, 36(8), 11221–11232.
14. Farahani, R. Z., SteadieSeifi, M., & Asgari, N. (2010). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, *34*(7), 1689-1709.
15. Hakimi, S.L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers andmedians of a graph. Operation Research, 12(3), 450–459.
16. Hodgson, M.J., & Berman, O. (1997). A billboard location model, Geographical and Environmental Modeling 1, 25–43.
17. Grieco, A. & Nucci, F. & Anglani, A. (2003). Representation of fuzzy time variables in discrete event simulation. Integrated Computer-Aided Engineering, 10(4), 305-318.
18. Love, R.L., & Morris, J.G., & Wesolowsky, G.O. (1988). Facility Location: Models and Methods. North-Holland Publishing Company, New York, (Cited by Francis).
19. Marianov, V., & Revelle, C. (1995). Siting emergency services in Facility Location: A Survey of Applications and Methods. Springer Series in Operations Research.
20. Marianov, V., & Rios, M,. (2000). A probabilistic quality of service constraint for a location model of switches in ATM Communications networks. Annals of Operations Research, 96, 237–243.
21. Mehdizadeh, E., & Tavarroth, M.R., & Hajipour, V. (2011). A New hybrid Algorithm to Optimize Stochastic-Fuzzy Capacitated Multi-Facility Location-Allocation Problem. Journal of Industrial Engineering Islamic Azad University of Qazvin, 4(7),71–80.
22. Melo, M.T., & Nickel, S., & Saldanha-da-Gama, F. (2009). Facility location and supply chain management – A review. European Journal of Operational Research, 196(2), 401–412.
23. Pasandideh, S.H.R., & Niaki, S.D.A. (2010). Genetic application in a facility location problem with random demand within queuing framework. Journal of Intelligent Manufacturing, 23(3), 234-546.
24. Pasandideh, S.H.R., & Niaki, STA, & Hajipour, V. (2013). A multi-objective facility location model with batch arrivals: two parameter-tuned meta-heuristic algorithms. Journal of Intelligent Manufacturing, 24(2), 331-348.
25. Shanthikumar, J.G., & Yao, D.D., (1987). Optimal Server Allocation in a System of Multi- Server Stations. Management Science, 33(9), 1173-1180.
26. Shavandi, H., & Mahlooji, H. (2006). A Fuzzy Queuing Location Model with A Genetic Algorithm Congested Systems. Applied Mathematics and Computation, 181(1), 440 -456.
27. Syam, S.S. (2008). A multiple server location–allocation model for service system design. Computers and Operations Research, 35(7), 2248–2265.
28. Wang, D., & Fung, R., & Ip, W. (2009). An immune-genetic algorithm for introduction planning of new products. Computers & Industrial Engineering, 56(3), 902–917.
29. Wang, Q., & Batta, R., & Rump, C. (2002). Algorithms for a facility location problem with stochastic customer demand and immobile servers. Annals of Operations Research, 111, 17–34.
30. Wang, Q., & Batta, R., & Rump, C. (2004). Facility Location Models for Immobile Servers with Stochastic Demand. Naval Research Logistic, 51(1), 137 - 152.

31. Zarrinpoor, N., & Seifbarghy, M. (2011). A competitive location model to obtain a specific market share while ranking facilities by shorter travel time. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 55(5), 807-816.