

مکان‌یابی تجهیزات رقابتی بر اساس مدل تعامل فضایی

ناعمه زرین‌پور*^۱، مریم اسمعیلی^۲

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه الزهراء(س)

۲- استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه الزهراء(س)

چکیده

در این مقاله یک مدل غیرخطی برای مکان‌یابی تجهیزات سرویس دهی در ناحیه رقابتی معرفی می‌شود. در مدل پیشنهادی عوامل زمان سفر، کیفیت تجهیزات سرویس دهی و قیمت لحاظ شده است که از مهم‌ترین عوامل موثر بر جذب و حفظ مشتریان در محیط‌های رقابتی محسوب می‌شوند. برای بیان رفتار احتمالی مشتریان در انتخاب تجهیزات رقیب و شرکت واردشونده از مدل تعامل فضایی و تابع لاجیت استفاده می‌شود. نظر به این که تصمیم‌گیری در خصوص مکان‌یابی تنها بر اساس میزان فروش و جذب تقاضای بازار صورت نمی‌گیرد و غفلت از اهداف مهم سازمانی دیگر نظیر کاهش هزینه‌ها، شرکت‌ها را در بلندمدت دچار مشکل می‌سازد؛ لذا علاوه بر میزان جذب تقاضا، هزینه ثابت استقرار نیز در مدل بررسی می‌شود که در مسایل دنیای واقعی نتایج بهتری خواهد داشت. به دلیل پیچیدگی محاسباتی، الگوریتم ژنتیک برای حل مدل ارائه می‌گردد. نتایج عددی، عملکرد مدل پیشنهادی و کارایی الگوریتم ژنتیک را در حل آن تأیید می‌کنند و نشان می‌دهند که بررسی تقاضای احتمالی مشتریان با در نظر گرفتن عوامل قیمت، زمان سفر و کیفیت تجهیزات سرویس دهی نقش اساسی در افزایش فروش و سود شرکت وارد شونده دارد؛ به طوری که با وجود انتخاب مناسب‌ترین مکان‌ها توسط رقیب، در شرایط یکسان قیمت، کیفیت و تعداد تجهیزات، میزان فروش و سود شرکت وارد شونده بیشتر از رقیب است.

واژه‌های کلیدی: مکان‌یابی تجهیزات، محیط رقابتی، مدل تعامل فضایی، تابع لاجیت، الگوریتم ژنتیک.

۱) مقدمه

تا کنون تحقیقات زیادی بر روی مسایل مکان یابی رقابتی انجام شده است. بر اساس این تحقیقات تمرکز اصلی مدل‌های رقابتی به دو بخش تصمیمات تولید، قیمت کالاها و خدمات ارائه شده توسط تجهیزات، و تصمیمات حوزه مکان یابی مربوط به تجهیزات وارد شونده به بازار است. مشهورترین فرضیه در تعداد زیادی از مدل‌های مکان یابی رقابتی این است که مشتریان به نزدیک ترین تجهیز برای دریافت سرویس جذب می‌شوند، یعنی تصمیم آنها تنها بر اساس معیار فاصله صورت می‌گیرد. اما در واقعیت ممکن است مشتریان تجهیزات دورتر را بر اساس جذابیت بالاتر انتخاب کنند. جذابیت تجهیزات بر اساس سطح فضای تجهیزات، تنوع محصولات عرضه شده به بازار، قیمت و سطح دسترسی به تجهیزات تعیین می‌شود (وو و لین، ۲۰۰۳).

مسئله مکان یابی رقابتی ابتدا توسط هتلینگ معرفی شد که در مدل او مشتریان برای دریافت سرویس به نزدیک ترین تجهیز مراجعه می‌کنند (هتلینگ، ۱۹۲۹). درزرنر مسئله مکان یابی رقابتی را در سطح^۱ مورد بررسی قرار داد و فرض نمود که مشتریان به سمت نزدیک ترین تجهیز جذب می‌شوند (درزرنر، ۱۹۸۲). مسایل مکان یابی رقابتی در حوزه شبکه ابتدا توسط حکیمی مورد بررسی قرار گرفت. وی مسئله p-میان^۲ را فرمولبندی کرد و مکان یابی تجهیزات را در یک محیط رقابتی که از قبل تعدادی از مکان‌های آن توسط رقبا اشغال شده بود، بررسی نمود. حکیمی همچنین مسئله p-

هدف همه شرکت‌های انتفاعی، افزایش فروش سودآور از طریق برآوردن نیازها و خواسته‌های بازار و مصرف کنندگان در بلندمدت است. افزایش پیشرفت‌های تکنولوژیکی، وجود رقبای داخلی و خارجی و استراتژی‌های آنها جهت حفظ و جذب مشتریان، بقای شرکت‌ها را دچار مخاطره کرده است. به همین دلیل شناخت دقیق خواسته‌های مشتریان و برخورداری از بصیرت کامل از عرضه محصولات و خدمات از یک سو و تقاضای در حال رشد بازار از سوی دیگر امری ضروری به نظر می‌رسد. اگرچه رقابت بر سر قیمت، کیفیت، تنوع محصولات و نزدیکی به بازار هدف و مشتریان از مهم ترین مسائلی است که شرکت‌ها با آن روبرو می‌شوند، اما بسیاری از شرکت‌ها نمی‌توانند آن را به شیوه بهینه حل کنند. در این مقاله مسأله مکان یابی تجهیزات سرویس دهی در محیط رقابتی و با توجه به عوامل کیفیت، زمان سفر و قیمت مدل سازی شده است.

مدل‌های مکان یابی رقابتی، مسائل مکان یابی کلاسیک مانند p-میان^۱ و حداکثر پوشش را به محیط‌های رقابتی که در آنها شرکت‌ها برای به دست آوردن سود و سهم بازار با هم رقابت می‌کنند، توسعه می‌دهند. از مهم ترین عوامل رقابتی در این مدل‌ها می‌توان به کوتاهی زمان انتظار، وجود استراتژی‌های مختلف سرویس دهی، پایین بودن هزینه و نزدیکی مسافت اشاره نمود. وقتی مشتریان برای دریافت سرویس به مراکز خدماتی مراجعه می‌کنند، رقابت برای جذب و تسخیر هر چه بیشتر مشتری از طریق این عوامل صورت می‌گیرد.

1 .plane
2 .p-median

را در مدل پایه حداکثر تسخیر بیان کردند (کلمه و سرا، ۲۰۰۱).

فرضیه اساسی در همه مقالات ذکر شده این است که مشتریان تجهیزات را تنها بر اساس معیار فاصله انتخاب می‌کنند. اما برای نزدیک تر شدن مسأله مکان‌یابی رقابتی به مسایل جهان واقعی، محققان عوامل دیگری نظیر زمان انتظار، کیفیت و ظرفیت تجهیزات سرویس دهی را در مدل‌های مکان‌یابی رقابتی در نظر گرفتند. همچنین با توجه به این که رفتار مشتریان در انتخاب تجهیزات را نمی‌توان به صورت قطعی بیان کرد، برای بیان رفتار احتمالی مشتریان از مدل‌های تعامل فضایی یا مدل‌های جاذبه^۲ و توابع احتمالی به عنوان یک رویکرد آلترناتیو استفاده شده است. در این راستا نیز تحقیقات ارزشمندی انجام شده است که در ادامه به شرح آنها می‌پردازیم.

کهلبرگ مسأله مکان‌یابی رقابتی را در سیستم‌های متراکم بررسی و فرض نمود که تابع هزینه مشتریان با زمان سفر و میزان تقاضای هر تجهیز افزایش می‌یابد (کهلبرگ، ۱۹۸۳). لی و کهن موقعیت‌های موازنه تقاضا را برای مکان‌یابی تجهیزات در یک شبکه تجزیه و تحلیل کردند، در مدل آنها مشتریان برای انتخاب تجهیزات بر اساس توابع احتمالی زمان انتظار و فاصله تصمیم‌گیری می‌کنند، اما مکان‌یابی بهینه تجهیزات بررسی نشده است (لی و کهن، ۱۹۸۵). براندیو و چیو مکان‌یابی دو رقیب را روی یک درخت با این فرض که مشتریان تجهیزات را بر اساس تابع هزینه وابسته به فاصله و زمان انتظار انتخاب می‌کنند، تعیین کردند (براندیو و چیو، ۱۹۹۴). درزور یک مدل قطعی جاذبه برای محاسبه جذابیت

مرکز^۱ را فرمول‌بندی کرد، که در آن تجهیزات شرکت واردشونده قبل از رقبا در شبکه استقرار می‌یابند، اما برای استقرار تجهیزات وضعیت رقابت را نیز در نظر می‌گیرند (حکیمی، ۱۹۸۳). روله نیز مسأله حداکثر تسخیر را معرفی کرد و با استفاده از یک فرمول برنامه ریزی عدد صحیح، مسأله p -میان را جهت حداکثر نمودن سهم بازار بر اساس فاصله حل کرد (روله، ۱۹۸۶). دابسن و کارمارکار یک مدل مکان‌یابی ثابت که تحت آن رقبا نمی‌توانند یک تجهیز درآمدزا را در آینده وارد ناحیه رقابتی کنند، معرفی و موقعیت‌های مختلف بازار را بررسی نمودند (دابسن و کارمارکار، ۱۹۸۷). دپالما و همکاران مسأله مکان‌یابی چندین شرکت رقابتی را مدلسازی و فرض نمودند که مشتریان با یک احتمال مشخص به نزدیک‌ترین تجهیز جذب می‌شوند (دپالما و همکاران، ۱۹۸۹). ایسلت و لاپرت به بررسی کاملی از موضوع رقابت در یک خط پرداختند (ایسلت و لاپرت، ۱۹۸۹). لاب و حکیمی از یک برنامه دو مرحله‌ای در مکان‌یابی تجهیزات رقابتی وقتی که قیمت کالاها وابسته به تقاضا است، استفاده کردند (لاب و حکیمی، ۱۹۹۱). بناتی مسأله حداکثر تسخیر را با یک فرآیند تصمیم‌گیری دو مرحله‌ای معرفی و فرض کرد که مشتریان تجهیزات را بر اساس یک تابع احتمالی متناظر با فاصله بین تجهیز و مشتری انتخاب می‌کنند (بناتی، ۱۹۹۹). کلمه و سرا اهمیت رفتار مشتریان را با توجه به عوامل هزینه سفر و فاصله در مدل‌های مکان‌یابی رقابتی بررسی نمودند و حالت‌های مختلف محاسبه پارامتر احتمال

گدینهو و دایس مسأله مکان یابی گسسته چندین شرکت رقابتی را بررسی نمودند. در مدل آنها تصمیم گیرندگان دارای اهداف رقابتی متفاوت هستند، اما به صورت همزمان تجهیزاتشان را استقرار می دهند، همچنین دامنه وسیعی از الگوهای تقاضای مشتریان مورد بررسی قرار گرفته است (گدینهو و دایس، ۲۰۱۰). زرین پور و سیف برقی یک مدل مکان یابی رقابتی با هدف کمینه نمودن هزینه های ثابت استقرار تجهیزات، هزینه سفر و هزینه انتظار مشتریان در سیستم پیشنهاد کردند. در مدل آنها شرکت وارد شونده باید همواره درصد معینی از سهم بازار را کسب نماید و فرض شده است که خدمت دهنده ها دارای ظرفیت محدودی برای خدمت دهی به همه مشتریان هستند (زرین پور و سیف برقی، ۲۰۱۱). بلانکوئر و همکاران یک مدل مکان یابی رقابتی پیوسته با استفاده از تابع جاذبه معرفی کردند. آنها نشان دادند که تعداد نقاط بهینه اساساً به تعداد تجهیزات رقابتی بستگی دارد و لزوماً با تعداد نقاط تقاضا افزایش نمی یابد (بلانکوئر و همکاران، ۲۰۱۱). کوسوکایدین و همکاران یک مدل مکان یابی رقابتی با استفاده از تابع جاذبه جهت یافتن مکان و جذابیت تجهیزات و حداکثر نمودن سود شرکت بررسی نمودند. در مدل آنها مکان تجهیزات رقیب ثابت است، اما شرکت رقیب می تواند با توجه به تصمیمات شرکت وارد شونده جذابیت تجهیزات خود را برای حداکثر نمودن سود، افزایش دهد (کوسوکایدین و همکاران، ۲۰۱۱).

در این مقاله مدل مکان یابی رقابتی ماریانو و همکاران توسعه داده شده است، هدف آنها حداکثر نمودن سهم بازار با تعداد مشخصی از تجهیزات بود،

تجهیزات سرویس دهی در محیط رقابتی معرفی نمود، بدین ترتیب مشتریان یک تجهیز را بر اساس تابع جاذبه متشکل از ویژگی های تجهیزات و فاصله انتخاب می کنند (درزسر، ۱۹۹۴). برانديو و همکاران یک بررسی جامع از مدل های رقابتی با عوامل خارجی مثل زمان انتظار انجام دادند (برانديو و همکاران، ۱۹۹۵). درزسر و همکاران چندین روش ابتکاری برای حل مسأله مکان یابی رقابتی با چندین رقیب و بر اساس تابع جاذبه معرفی کردند (درزسر و همکاران، ۲۰۰۲). ابولین و همکاران یک مدل تعامل فضایی برای بهینه سازی همزمان تصمیمات طراحی و مکان یابی مجموعه ای از تجهیزات جدید در محیط رقابتی معرفی نمودند (ابولین و همکاران، ۲۰۰۷).

ماریانو و همکاران مدلی را برای مکان یابی چندین تجهیز چند کاربردی در محیط رقابتی جهت حداکثر کردن سهم بازار شرکت های وارد شونده در عملیات رقابتی معرفی کردند (ماریانو و همکاران، ۲۰۰۸). ژانگ و ژو یک مدل مکان یابی تجهیزات جدید شرکت های زنجیره ای در محیط رقابتی با استفاده از یک تابع منفعت گام به گام برای بررسی گزینه های مختلف انتخاب مشتریان معرفی کردند (ژانگ و ژو، ۲۰۰۹). اندیا با توجه به مدل حداکثر تسخیر، سناریوهای متفاوتی را برای مدل سازی رفتار مشتریان معرفی کرد و حساسیت مکان های بهینه تجهیزات را نسبت به روش تصمیم گیری مشتریان شرح داد (اندیا، ۲۰۰۹). ابولین و همکاران یک مدل مکان یابی-تخصیص برای توزیع کننده های خدمات وب در محیط رقابتی با استفاده از نظریه صف با هدف حداکثر نمودن سود توزیع کننده خدمات توسعه دادند (ابولین و همکاران، ۲۰۰۹).

ادامه مقاله به این صورت سازماندهی شده است: در بخش بعدی ارتباطات ریاضی و مدل‌سازی مسأله شرح داده شده است. بخش سوم جزئیات الگوریتم ژنتیک را در حل مدل شرح می‌دهد. نتایج عددی و تحلیل حساسیت در بخش چهارم نشان داده شده است و آخرین بخش مربوط به نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی است.

(۲) مدل‌سازی مسأله

سیستم تحت بررسی به عنوان یک شبکه $G=(E, L)$ با مجموعه ای از گره‌های E و کمان‌های L در نظر گرفته شده است. گره‌ها معرف نقاط تقاضا هستند و کمان‌ها جریان اصلی حمل و نقل را نشان می‌دهند. برای تعیین جذابیت تجهیزات و بیان گزینه‌های مختلف مشتریان در انتخاب تجهیزات، از مدل تعامل فضایی استفاده شده است. مدل تعامل فضایی اولین بار توسط هوف برای بیان گزینه‌های مختلف انتخاب مشتریان پیشنهاد شد و به صورت وسیع مورد استفاده محققان بازار قرار گرفته است. در مدل هوف، احتمال این که یک مشتری به سمت یک تجهیز ویژه جذب شود، متناسب با جذابیت و نسبت معکوس با فاصله تجهیزات دارد (هوف، ۱۹۶۴). در مدل پیشنهادی، جذابیت بر اساس زمان سفر (t_{ij}) ، کیفیت تجهیزات سرویس دهی (A_j) و قیمت سرویس یا کالا (p_j) تعیین می‌شود و تابع منفعت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$u_{ij} = \frac{A_j}{\alpha p_j + (1 - \alpha) t_{ij}}$$

می‌کند. N' مجموعه تجهیزات رقبا و N مجموعه گره‌های غیر اشغال شده و داوطلب برای استقرار

در شرایطی که مشتریان، تجهیزات را با توجه به عوامل زمان سفر و زمان انتظار انتخاب می‌کنند. نظر به این که کیفیت و قیمت کالاها از مهم ترین عوامل در جذب مشتریان است، در مدل پیشنهادی سعی شده است با در نظر گرفتن عوامل کیفیت تجهیزات سرویس دهی، قیمت کالاهای عرضه شده به بازار و زمان سفر به صورت واقع بینانه تری مسأله در یک محیط رقابتی مدل سازی شود. در مسأله ماریانو و همکاران مکان رقیب ثابت و از قبل تعیین شده بود، اما در مدل پیشنهادی ابتدا تجهیزات رقیب با توجه به عواملی چون هزینه ثابت استقرار و سطح دسترسی مشتریان به تجهیزات که در زمان سفر منعکس شده است، در شبکه استقرار می‌یابند و سپس تجهیزات شرکت واردشونده از بین گزینه‌های انتخاب نشده توسط رقبا در شبکه مستقر می‌شوند. با توجه به این که تصمیمات مکان‌یابی تنها بر اساس تقاضای جذب شده و میزان فروش صورت نمی‌گیرد و هزینه ثابت استقرار نیز نقش بسیار مهمی در تعیین مکان تجهیزات دارد، در تابع هدف مدل پیشنهادی، هزینه ثابت استقرار لحاظ شده است. با توجه به غیر خطی بودن مدل از الگوریتم ژنتیک در حل مدل استفاده شده است. در ادامه استراتژی‌های مختلف نظیر تغییرات در قیمت، کیفیت و تعداد تجهیزات، ضریب تابع لاجیت، ضریب قیمت کالاها یا سرویس تجهیزات و میزان تاثیر زمان سفر در انتخاب تجهیزات توسط مشتریان بررسی شده است.

$$\forall i \in N, \forall j \in N' \quad (1)$$

در این فرمول α میزان تاثیر زمان سفر و قیمت کالا را در انتخاب تجهیزات توسط مشتریان مشخص

شده است. بدین ترتیب احتمال این که یک مشتری در گره i تجهیز j را در گره j برای دریافت سرویس انتخاب کند، به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$x_{ij} = \frac{y_j e^{-\gamma u_{ij}}}{\sum_{k \in N} y_k e^{-\gamma u_{ik}} + \sum_{k \in N'} e^{-\gamma u_{ik}}} \quad \forall i \in N, \forall j \in N \cup N'$$

هزینه ثابت استقرار تجهیزات در شبکه با f_j مشخص می‌شود. برای مدل‌سازی مسأله از متغیر مکان یابی زیر استفاده شده است:

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{اگر یک تجهیز در مکان } j \text{ استقرار یابد} \\ 0 & \text{در غیر این صورت} \end{cases}$$

هدف مسأله، استقرار p تجهیز سرویس دهی در شبکه است به گونه‌ای که حداکثر سود را در محیط رقابتی کسب نماید، بنابراین فرمول ریاضی مسأله به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\text{Max} \sum_{j \in N} p_j \sum_{i=1}^n q_i x_{ij} - \sum_{j \in N} f_j y_j \quad (3)$$

$$x_{ij} = \frac{y_j e^{-\gamma u_{ij}}}{\sum_{k \in N} y_k e^{-\gamma u_{ik}} + \sum_{k \in N'} e^{-\gamma u_{ik}}} \quad \forall i \in N, \forall j \in N \cup N' \quad (4)$$

$$u_{ij} = \frac{A_j}{\alpha p_j + (1 - \alpha) c_{ij}} \quad \forall i \in N, \forall j \in N \cup N' \quad (5)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \in N \quad (6)$$

$$\sum_{j \in N} y_j = p \quad (7)$$

$$\sum_{j \in N \cup N'} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (8)$$

$$x_{ij} \in [0, 1] \quad \forall i \in N, \forall j \in N \cup N' \quad (9)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in N \quad (10)$$

تجهیزات جدید در شبکه ($N=N-E-N'$) است. برای تعیین درصد مشتریان جذب شده به هر تجهیز و بیان رفتار احتمالی مشتریان در انتخاب تجهیزات مختلف رقیب و شرکت وارد شونده از تابع لاجیت^۱ استفاده

$$\forall i \in N, \forall j \in N \cup N' \quad (2)$$

در این فرمول (y_j) متغیر مکان یابی را مشخص می‌کند و اگر تجهیز j در گره j قرار بگیرد مقدار آن برابر یک، و در غیر این صورت معادل صفر خواهد بود. γ نیز معادل با $\pi/\delta\sqrt{6}$ است و δ انحراف استاندارد در میل و رغبت مشتریان را مشخص می‌کند. اگر γ بزرگ باشد، همه مشتریان در یک گره تقاضا به سمت یک تجهیز مشابه جذب می‌شوند. هنگامی که γ کاهش یابد، پراکندگی در انتخاب تجهیزات افزایش می‌یابد. فرض شده است که در همه گره‌های شبکه مشتریان استقرار یافته‌اند و میزان تقاضای آنها در هر یک از گره‌ها برابر q_i است.

جواب‌ها، جواب بهینه یا نزدیک بهینه را به وجود می‌آورد؛ در نتیجه فرآیند جستجو بدون دور افتادن از کران‌های محلی انجام می‌شود (ملیت و همکاران، ۲۰۱۰). از مهم‌ترین مزایای الگوریتم‌های ژنتیک نسبت به روش‌های جستجوی متعارف می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- الگوریتم‌های ژنتیک با کدگذاری مجموعه‌ای از پارامترها عمل می‌کنند.

- در الگوریتم ژنتیک، فرآیند جستجو بر روی جمعیتی از نقاط انجام می‌شود، در حالی که در روش‌های جستجوی محلی جستجو تنها بر روی یک نقطه اعمال می‌شود.

- در الگوریتم ژنتیک از قوانین گذار احتمالی به جای قواعد قطعی استفاده می‌شود (دونگ و همکاران، ۲۰۰۷).

- در نهایت الگوریتم ژنتیک این امکان را به ما می‌دهد که حرکتی سریع در فضای مسأله به سوی تابع هدف داشته باشیم.

این ویژگی‌ها موجب می‌شود که الگوریتم ژنتیک، توانایی بسیار بالایی در یافتن جواب بسیاری از مسایل دنیای واقعی داشته باشد. در ادامه جزئیات الگوریتم ژنتیک پیشنهادی توضیح داده شده است.

۳-۱) کد گذاری

نخستین گام در الگوریتم ژنتیک، کدگذاری مجموعه‌ای از پارامترها با عنوان ژن و اتصال آنها به هم برای ایجاد یک رشته از کروموزوم‌ها است. در ساختار مدل پیشنهادی تنها متغیر تصمیم، متغیر مکان‌یابی z است، بنابراین کروموزوم به صورت یک

تابع هدف، حداکثر سود شرکت وارد شونده را مشخص می‌کند. محدودیت‌های (۴) و (۵) بیانگر منفعت مشتریان و رفتار احتمالی آنها در شبکه رقابتی است. محدودیت (۶) بیان می‌کند که اگر هیچ تجهیزتی در شبکه مستقر نشود، آن گاه مشتری تجهیزتی را برای دریافت کالا یا سرویس انتخاب نخواهد کرد. محدودیت (۷) تعداد تجهیزاتی را که باید در شبکه استقرار یابند، مشخص می‌کند. محدودیت (۸) بیان می‌کند که تقاضای همه مشتریان توسط تجهیزات سرویس دهی شرکت واردشونده و یا رقیب برآورده می‌شود. محدودیت‌های (۹) و (۱۰) نیز مقدار متغیر مکان‌یابی و حدود متغیرها را مشخص می‌کنند.

۳) روش حل مسأله

با توجه به ماهیت غیر خطی مدل و پیچیدگی محاسباتی، حل مسأله با یک روش دقیق بسیار مشکل خواهد بود. نظر به این که الگوریتم‌های ابتکاری و فرا ابتکاری برای حل مسایل بهینه‌سازی پیچیده در بسیاری از حوزه‌های کاربردی به صورت موفقیت آمیز توسعه یافته‌اند، در این مقاله از الگوریتم فرا ابتکاری ژنتیک برای حل مدل استفاده شده است. الگوریتم ژنتیک یک تکنیک جستجو در علم کامپیوتر برای یافتن راه حل بسیاری از مسایل پیچیده جهان واقعی است و از علم زیست‌شناسی الهام گرفته است.

الگوریتم ژنتیک عملکرد ویژه‌ای نسبت به تکنیک‌های بهینه‌سازی متعارف در جستجوی فضاهاى غیرخطی و غیر پیوسته دارد و در هر تکرار با اعمال عملگرهای تصادفی بر روی جمعیتی از

رشته باینری با طولی معادل با تعداد گره‌های شبکه معرفی می‌شود.

۳-۲) مکانیزم انتخاب

مکانیزم انتخاب برای گزینش بهترین جواب‌ها در تولید جمعیت جدید استفاده می‌شود. در این الگوریتم از انتخاب برتر استفاده شده است، بدین ترتیب از بین جمعیت، بهترین کروموزوم‌های تولید شده با توجه به مقدار برازش، برای تولید نسل بعد انتخاب می‌شوند. مقدار برازش نیز معادل با مقدار تابع هدف است.

۳-۳) عملگر تقاطع

با اعمال عملگر تقاطع بر روی کروموزوم‌های والدین، دو نوزاد با ترکیب ساختار کروموزوم‌ها ایجاد می‌شوند. در الگوریتم پیشنهادی از تقاطع تک نقطه‌ای استفاده شده است که در آن یک نقطه به عنوان نقطه برش در طول کروموزوم‌های والدین انتخاب می‌شود و کروموزوم‌ها از آن نقطه به دو بخش تقسیم می‌شوند و دو کروموزوم جدید با تعویض بخش اول و حفظ بخش دوم به صورت قبلی، حاصل می‌شوند.

۳-۴) عملگر جهش

برای ایجاد تغییرات تصادفی در کروموزوم‌ها و دور افتادن از نقطه بهینه محلی از عملگر جهش استفاده می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی از عملگر جهش یکنواخت استفاده شده است، بدین ترتیب یک عدد تصادفی در بازه $[1, n]$ انتخاب می‌شود و ژن موجود در آن مکان از کروموزوم تغییر می‌کند (n)

معرف تعداد گره‌های شبکه و یا طول کروموزوم است). برای تعیین درصدی از کل تعداد ژن‌های موجود در کروموزوم‌ها که دچار تغییر می‌شوند، از نرخ جهش استفاده می‌شود که مقدار آن برابر 0.08 در نظر گرفته شده است.

۳-۵) معیار توقف

برای توقف الگوریتم ژنتیک، از چندین معیار مانند توقف بعد از تعداد تکرارهای مشخص، توقف بعد از سپری شدن یک مدت زمان مشخص و توقف بعد از اجرای تعداد مشخصی از تکرارها که به موجب آن هیچ بهبودی در بهترین جواب حاصل نگردد، استفاده می‌شود. الگوریتم پیشنهادی بعد از اجرای 100 تکرار متوقف می‌شود.

۴) نتایج محاسباتی

در این بخش مثال عددی جهت بررسی عملکرد مدل پیشنهادی همراه با تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مختلف مسأله نظیر پارامترهای قیمت، کیفیت تجهیزات سرویس دهی، تغییرات ضریب تابع لاجیت (γ) و میزان اهمیت قیمت کالاها و زمان سفر (α) ارائه می‌گردد.

۴-۱) مثال عددی

شبکه‌ای با ۲۵ گره را در نظر بگیرید و فرض کنید که در محیط رقابتی تنها دو رقیب وجود دارد، که یکی از آنها شرکت وارد شونده و دیگری شرکت رقیب است و رقبا در بازار اطلاعات کامل و صحیح از ساختار تقاضا دارند. هزینه ثابت استقرار تجهیزات در شبکه، از توزیع یکنواخت $[0, 50]$ با میانگین ۲۵

جدول (۱) نتایج حاصل از حل مدل را با توجه به تعداد متفاوت تجهیزات رقیب و شرکت وارد شونده نشان می‌دهد. در این جدول، q تعداد تجهیزات رقیب، f' هزینه ثابت استقرار تجهیزات رقیب و p_j' قیمت کالاهای رقیب است و در آن کیفیت کالاها یا سرویس تجهیزات رقیب (A_j) و شرکت واردشونده یکسان و معادل ۲ در نظر گرفته شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌کنید، میزان فروش و سود شرکت واردشونده با افزایش تعداد تجهیزات سرویس دهی افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به این موضوع که شرکت رقیب، ابتدا تجهیزاتی را در شبکه استقرار می‌دهد، در همه موارد هزینه ثابت استقرار شرکت رقیب کمتر از شرکت وارد شونده است. شرکت واردشونده نیز از بین مکان‌های اشغال نشده در شبکه، بهترین مکان‌ها را با کمترین هزینه ثابت استقرار و بالاترین مطلوبیت انتخاب می‌کند.

انتخاب می‌شود. ماتریس زمان سفر متقارن است و به صورت تصادفی در بازه $[0, 2]$ ساعت انتخاب می‌شود. مقدار α در بازه $[0, 1]$ متغیر است. جمعیت مشتریان در همه گره‌های تقاضا یکسان و برابر 1 مشتری است و میزان تقاضای آنها در همه گره‌ها یکسان و برابر با ۱۰ واحد کالا در نظر گرفته شده است. مقدار قیمت کالاها یا سرویس تجهیزات رقیب و شرکت وارد شونده معادل با ۵ واحد پولی است. تعداد تجهیزات رقیب و شرکت وارد شونده در شبکه را نیز برابر با 3، 4 و 5 تجهیز در نظر می‌گیریم. کدنویسی الگوریتم پیشنهادی با استفاده از Visual Basic انجام شده است. برای حل مسأله فرض می‌شود که ابتدا رقیب مناسب‌ترین مکان‌ها را با توجه به هزینه ثابت استقرار و زمان سفر مشتریان به تجهیزات انتخاب می‌کند و سپس تجهیزات شرکت وارد شونده از بین مطلوب‌ترین مکان‌های باقی مانده در شبکه، استقرار می‌یابد.

جدول ۱. نتایج الگوریتم ژنتیک به ازای $\gamma=1, \alpha=0.2, p_j = p_j' = 5$

p	q	مکان شرکت وارد شونده	مکان رقیب	f	f'	درصد فروش ما	درصد فروش رقیب	درصد سود
3	3	5,13,22	6,8,25	120	55	0.5553	0.4447	0.5187
	4	5,14,23	6,7,8,21	125	80	0.4706	0.5294	0.4267
	5	5,22,23	6,8,13,21,25	125	110	0.4279	0.5721	0.3868
4	3	2,5,14,23	6,7,25	165	65	0.5995	0.4005	0.5666
	4	2,5,14,23	6,7,8,21	165	80	0.5693	0.4307	0.5257
	5	5,4,14,22	6,8,13,21,25	165	110	0.4977	0.5023	0.4499
5	3	13,15,16,22,23	6,7,25	200	65	0.6500	0.35	0.6152
	4	2,5,13,14,16	6,7,8,21	210	80	0.5949	0.4051	0.5337
	5	2,3,14,22,24	6,7,8,13,25	190	105	0.5558	0.4442	0.5110

(۲) و میزان اهمیت قیمت کالاها و زمان سفر (α)

پرداخته می‌شود.

۲-۴) تحلیل حساسیت

در این بخش به بررسی تغییرات قیمت، کیفیت تجهیزات سرویس دهی، تغییرات ضریب تابع لاجیت

۱-۲-۴) بررسی تغییرات قیمت

برای بررسی تاثیر قیمت کالاها یا سرویس تجهیزات بر روی میزان فروش و سود شرکت واردشونده و رقیب، حالت‌هایی که در آن قیمت کالاها یا سرویس تجهیزات کمتر و بیشتر از رقیب است، بررسی شده است. جداول (۲) و (۳) نتایج حاصل از حل مدل را نشان می‌دهند. با توجه به این جداول مشخص می‌شود که افزایش قیمت، افزایش فروش و سود شرکت را در بر خواهد داشت. باید توجه داشت که با افزایش قیمت، میل و رغبت مشتریان برای انتخاب تجهیزات کاهش می‌یابد، اما مشتریانی که عامل زمان سفر و مسافت برای آنها از

اهمیت بالاتری برخوردار است، برای دریافت سرویس این تجهیزات را انتخاب می‌کنند و میزان فروش و سود شرکت را افزایش می‌دهند. با کاهش قیمت نیز سود و فروش شرکت به شدت کاهش می‌یابد. در اثر کاهش این عامل، ممکن است مشتریان بیشتری به شرکت مراجعه کنند، اما با توجه به قیمت پایین کالا یا سرویس، سود بسیار کمی عاید شرکت خواهد شد. در این مورد حتی افزایش تعداد تجهیزات سرویس دهی نسبت به رقیب اثر منفی بر روی سود شرکت خواهد داشت و هزینه‌های ثابت استقرار، درآمد حاصل از فروش را کاهش می‌دهند.

جدول ۲. نتایج الگوریتم ژنتیک به ازای $p_j > 5$ ، $p_j = 5$ ، $\alpha = 0.2$ ، $\gamma = 1$

P	q	$p_j = 6$				$p_j = 7$				$p_j = 8$			
		f	f'	درصد فروش	درصد سود	f	f'	درصد فروش	درصد سود	f	f'	درصد فروش	درصد سود
3	3	130	55	0.5801	0.۵۸۸۲	130	55	0.6051	0.۵۹۱۱	130	55	0.6294	0.۶۲۱۰
	4	125	80	0.4999	0.۴۷۶۸	125	80	0.5285	0.۵۱۵۶	130	80	0.5557	0.۵۴۷۶
	5	120	105	0.4696	0.۴۵۳۸	120	105	0.4904	0.۴۸۲۸	120	105	0.5126	0.۵۰۹۷
4	3	165	65	0.6311	0.۶۱۴۳	165	65	0.6607	0.۶۵۲۱	165	65	0.6870	0.7628
	4	165	80	0.5892	0.۵۶۶۷	150	80	0.6013	0.۵۹۲۲	165	80	0.6336	0.7135
	5	165	120	0.5252	0.۵۰۸۷	165	105	0.5511	0.۵۳۸۵	165	105	0.5764	0.6712
5	3	215	65	0.6789	0.۶۵۶۷	230	65	0.7074	0.۶۹۲۸	215	65	0.7312	0.7977
	4	210	80	0.6239	0.۵۹۲۹	215	80	0.6578	0.۶۴۱۱	210	80	0.6763	0.7654
	5	195	105	0.5785	0.۵۵۵۱	210	105	0.6030	0.۵۸۶۸	220	110	0.6247	0.7327

جدول ۳. نتایج الگوریتم ژنتیک به ازای $p_j < p_j' = 5$ ، $\alpha=0.2$ ، $\gamma=1$

P	q	$p_i=3$				$p_i=4$			
		f	f'	درصد فروش	درصد سود	f	f'	درصد فروش	درصد سود
3	3	120	55	0.4863	۰.۲۴۳۵	125	65	0.5207	0.4۵۷۰
	4	125	80	0.3907	۰.۱۴۶۷	130	80	0.4385	0.۳۴۰۱
	5	130	105	0.3289	۰.۰۴۷۰	125	110	0.3975	0.۲۸۷۹
4	3	165	65	0.5372	۰.۲۶۳۸	170	65	0.5827	0.۵۱۰۶
	4	120	80	0.4622	۰.۲۱۰۳	165	80	0.5504	0.449۴
	5	175	105	0.3604	۰.۰۷۹۴	175	120	0.4876	0.۳۷۷۱
5	3	205	65	0.5973	۰.۳۰۲۹	200	65	0.6231	0.۵۴۳۸
	4	210	80	0.4743	۰.۰۹۰۱	215	80	0.5793	0.4۳۲۶
	5	170	105	0.4281	۰.۰۴۶	190	105	0.5313	0.4۱۲۸

۲-۲-۴) بررسی تغییرات کیفیت

منعکس شده است. با مقایسه جداول (۱) و (۴)، مشاهده می‌کنیم که با افزایش کیفیت کالاها نسبت به رقیب تنها به میزان ۲۵ درصد، نرخ مراجعه مشتریان به تجهیزات و درصد فروش و سود شرکت واردشونده به میزان چشمگیری افزایش یافته است. همچنین کاهش کیفیت، جذابیت تجهیزات را کاهش می‌دهد و به دنبال آن سود و فروش شرکت وارد شونده کاهش می‌یابد.

با توجه به این که کیفیت سرویس یا کالاهای ارائه شده توسط تجهیزات نقش مهمی در انتخاب مشتریان دارد، حالت‌های مختلفی که در آنها کیفیت کالاهای تجهیزات واردشونده کمتر و بیشتر از رقیب است، بررسی شده است. نظر به این که کیفیت کالاها عاملی نیست که به سادگی آن را افزایش داد، افزایش و کاهش مقادیر کیفیت تنها به میزان ۲۵ درصد مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج در جدول (۴)

جدول ۴. نتایج الگوریتم ژنتیک به ازای $A_j=2$ ، $\alpha=0.2$ ، $\gamma=1$

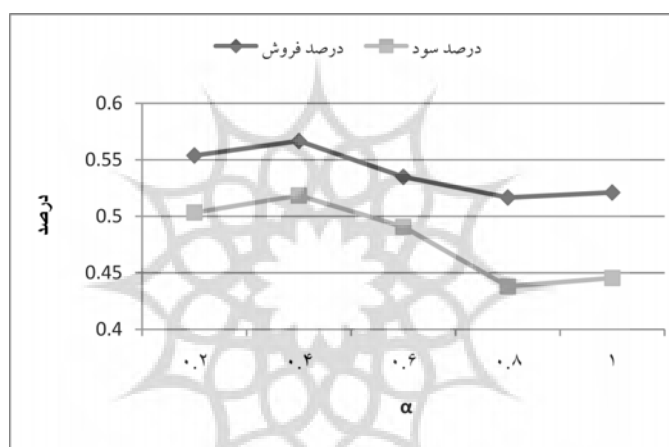
p	q	$A_i=1.5$				$A_i=2.5$			
		f	f'	درصد فروش	درصد سود	f	f'	درصد فروش	درصد سود
3	3	130	55	0.5262	0.4940	125	65	0.5800	0.5463
	4	130	80	0.4471	0.4133	130	80	0.4972	0.4318
	5	125	110	0.4044	0.3767	125	110	0.4531	0.3868
4	3	165	55	0.5894	0.5701	165	65	0.6244	0.5814
	4	165	80	0.5337	0.4984	165	80	0.6078	0.5582
	5	165	110	0.4681	0.4337	175	120	0.5465	0.5047
5	3	215	65	0.6340	0.5994	215	65	0.6752	0.6208
	4	210	80	0.5743	0.5389	215	80	0.6334	0.5509
	5	195	105	0.5250	0.4864	190	105	0.5887	0.5351

و زمان سفر در انتخاب تجهیزات توسط مشتریان با پارامتر α تعیین می‌شود و زمان سفر یک عامل متغیر است، بنابراین تغییرات درصد فروش و سود شرکت واردشونده به ازای مقادیر مختلف α ثابت نیست، اما با توجه به نمودار می‌توان گفت که بهترین نتایج در محدوده $[0.2, 0.4]$ حاصل شده است و در این محدوده شرکت واردشونده بالاترین میزان فروش و سود را کسب نموده است.

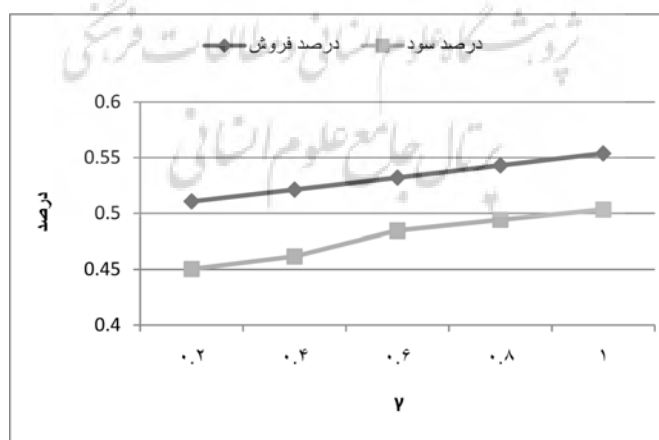
۳-۲-۴) بررسی تغییرات ضریب تابع لاجیت (γ)

و میزان اهمیت قیمت کالاها و زمان سفر (α)

برای بررسی تاثیر پارامترهای γ و α حالتی که در آن تعداد تجهیزات رقیب و شرکت وارد شونده یکسان و برابر با ۵ و قیمت هر واحد کالای رقیب و شرکت وارد شونده نیز برابر با ۵ واحد است، در نظر گرفته شده است. نمودار (۱) تاثیر پارامتر α را در درصد فروش و سود شرکت وارد شونده نشان می‌دهد. با توجه به این که میزان تاثیر دو عامل قیمت



نمودار ۱. تاثیر پارامتر α به ازای $p_j = p_j' = 5, \gamma = 1$



نمودار ۲. تاثیر پارامتر γ به ازای $p_j = p_j' = 5, \alpha = 0.2$

شرکت واردشونده به محیط رقابتی باید قیمت کالاها را به درستی تعیین کند، به طوری که هم سود قابل توجهی دریافت کند و هم درصد جذب مشتریان به تجهیزات را افزایش دهد.

- کیفیت از دیگر عوامل اثرگذار بر میزان سود شرکت واردشونده است. بنابراین شرکت‌ها باید برای ایجاد یک رابطه بلند مدت با مشتریان سیاست‌های درستی را جهت افزایش کیفیت محصولات و خدمات خود اتخاذ کنند.

- سود شرکت واردشونده نسبت به تغییرات میزان اهمیت قیمت و زمان سفر (α) رفتار ثابتی ندارد، اما بهترین نتایج در محدوده $[0.2, 0.4]$ حاصل شده است.

- ضریب تابع لاجیت (γ) تاثیر مثبتی بر افزایش بر سود شرکت واردشونده دارد و بیشترین سود شرکت واردشونده به محیط رقابتی به ازای مقدار $\gamma = 1$ حاصل می‌شود.

- برای افزایش سود نسبت به رقیب، باید شرکت وارد شونده یک توازن مناسب بین پارامترهای مختلف مسأله نظیر ضریب تابع لاجیت، ضریب اهمیت زمان سفر و قیمت کالاها برقرار سازد.

(۵) نتیجه گیری

در دنیای رقابتی امروزی وجود رقابت شدید بین شرکت‌ها در عرصه سرویس دهی و ارائه محصولات امری انکار ناپذیر است؛ از اینرو شرکت‌ها برای مکان‌یابی تجهیزات جدید باید مسایل مربوط به رقبا، استراتژی‌های آنها در بهبود کیفیت سرویس دهی و جذب مشتریان را در نظر بگیرند و شرکت‌هایی که از

میزان تاثیر پارامتر γ که از آن در محاسبات تابع لاجیت استفاده می‌شود، در نمودار (۲) منعکس شده است. با توجه به نمودار می‌توان گفت که با افزایش γ ، میزان فروش و سود شرکت وارد شونده افزایش یافته است، اما میزان تاثیر این پارامتر بر سود و فروش شرکت، نسبت به پارامتر α بسیار کمتر است.

۳-۴) تحلیل یافته‌ها

با تحلیل یافته‌های بخش مثال عددی و تحلیل حساسیت پارامترهای مدل پیشنهادی نتایج مهم زیر حاصل می‌شود:

- به طور کلی با وجود انتخاب مطلوب‌ترین مکان‌ها توسط رقیب و در شرایط مساوی کیفیت و قیمت کالاها یا سرویس تجهیزات شرکت واردشونده و رقیب، وقتی که تعداد تجهیزات شرکت واردشونده بیشتر یا مساوی تعداد تجهیزات رقیب ($Q_1 \geq Q_2$) باشد، درصد فروش و سود شرکت واردشونده همیشه بیشتر از رقیب خواهد بود و به ازای ($Q_1 \geq Q_2$) نیز درصد فروش و سود شرکت واردشونده به ترتیب در محدوده‌های $[0.4279, 0.4977]$ و $[0.3868, 0.4499]$ متغیر است که با توجه به کمتر بودن تعداد تجهیزات نسبت به رقیب، شرکت واردشونده میزان فروش و سود قابل توجهی را کسب می‌نماید

- به طور کلی درصد سود شرکت وارد شونده حساسیت زیادی نسبت به عامل قیمت دارد، زیرا قیمت هم در سود شرکت واردشونده و هم در تابع لاجیت - معیاری برای دریافت سرویس مشتریان جهت انتخاب تجهیزات - اثر گذار است. بنابراین

بنابراین شرکت‌ها باید برای ایجاد یک رابطه بلند مدت با مشتریان سیاست‌های درستی را برای قیمت گذاری کالاها و افزایش کیفیت محصولات و خدمات خود تعیین نمایند. با توجه به این تحقیق می‌توان گفت که بررسی تقاضای احتمالی مشتریان به دلیل بررسی مولفه‌های غیرقطعی سیستم‌های مورد مطالعه و انطباق بیشتر با مسایل دنیای واقعی، حائز اهمیت بسیاری است.

در این مقاله تابع تعامل فضایی با فرض قطعی بودن کیفیت تجهیزات سرویس دهی مدل‌سازی شده است، اما کیفیت تجهیزات را می‌توان به صورت احتمالی با توجه به امکانات سرویس دهی، تعداد سرویس دهنده‌ها، سرعت سرویس دهی، سطح تکنولوژی استفاده شده در ارائه محصولات و محدودیت‌های بودجه تعیین نمود، بنابراین در نظر گرفتن عامل کیفیت به صورت احتمالی می‌تواند موضوع بسیار مناسبی برای تحقیقات آتی باشد. با وجود این که مهمترین هزینه اثرگذار بر مکان یابی تجهیزات شرکت واردشونده هزینه ثابت استقرار است، اما لحاظ کردن سایر هزینه‌ها نظیر هزینه‌های تولید کالاها، هزینه‌های تجهیز به سرورها و غیره منجر به واقعی تر شدن مسأله خواهد شد. توسعه مدل تعامل فضایی با عوامل و پارامترهای متفاوت و حل مدل با دیگر روش‌های فرا ابتکاری مانند الگوریتم جستجوی ممنوعه، شبیه سازی تبرید و غیره و مقایسه عملکرد آنها از دیگر تحقیقات آتی ارزشمند خواهد بود. همچنین پیاده سازی مدل با استفاده از داده‌های واقعی نتایج ملموس تری را در اختیار محققان قرار می‌دهد و به عنوان تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود.

این اصل مهم غفلت ورزند، به سرعت میدان را به نفع رقبا از دست خواهند داد. در این مقاله یک مدل مکان یابی برای حداکثر نمودن سود شرکت وارد شونده در محیط رقابتی معرفی شد. با توجه به این که تمرکز بر تقاضا و میزان فروش و غافل ماندن از اهداف مهم دیگر مانند کمینه سازی هزینه‌ها در درازمدت پیامدهای غیر قابل جبرانی برای شرکت‌ها دارد، در مدل ارائه شده علاوه بر میزان تقاضای جذب شده، هزینه ثابت استقرار نیز در نظر گرفته شد. در مدل پیشنهادی از عوامل کیفیت، زمان سفر و قیمت کالاهای عرضه شده به بازار به عنوان عوامل تعیین کننده جذابیت تجهیزات استفاده شد، بنابراین مشتریان گزینه‌های متفاوتی را در انتخاب تجهیزات رقیب و شرکت وارد شونده خواهند داشت و برای بیان رفتار احتمالی مشتریان در انتخاب تجهیزات از مدل تعامل فضایی و تابع لاجیت استفاده شد. مدل پیشنهادی، یک مدل غیر خطی است که در حل آن الگوریتم ژنتیک به کار گرفته شده است. در مدل پیشنهادی، ابتدا تجهیزات رقیب با توجه به هزینه ثابت استقرار و زمان سفر در شبکه استقرار می‌یابند و سپس تجهیزات شرکت واردشونده با توجه به مطلوب ترین مکان‌های باقیمانده مستقر می‌شوند. در پایان مثال‌های عددی به همراه تحلیل حساسیت بر روی پارامترهای مختلف مسأله نظیر قیمت، کیفیت، تعداد تجهیزات، ضریب تابع لاجیت و میزان اهمیت زمان سفر و قیمت ارائه شد. نتایج محاسباتی حاکی از عملکرد مناسب مدل و کارایی الگوریتم ژنتیک در حل آن است. نتایج تحقیق بیان می‌کند که عوامل قیمت و کیفیت بر روی میزان فروش و درصد تقاضای جذب شده شرکت‌ها تاثیر بسزایی دارد،

- Drezner, Tammy (1994). Locating a single new facility among existing unequally attractive facilities. *Journal of Regional Science*, 34, 237–252.
- Drezner, Tammy., Drezner, Zvi., Salhi, Said (2002). Solving the multiple competitive facilities location problem. *European Journal of Operational Research*, 142, 138–151.
- Eiselt, Horst., Laporte, Gilbert (1989). Competitive spatial models. *European Journal of Operational Research*, 39, 231–242.
- Godinho, Pedro., Dias, Joana (2010). A two-player competitive discrete location model with simultaneous decisions. *European Journal of Operational Research*, 207, 1419–1432.
- Hakimi, Louis (1983). On locating new facilities in a competitive environment. *European Journal of Operational Research*, 12, 29–35.
- Hotelling, Harold (1929). Stability in competition. *The Economic Journal*, 39, 41–57.
- Huff, David (1964). Defining and estimating a trade area. *Journal of Marketing*, 28, 34–38.
- Labbe', Martine., Hakimi, Louis (1991). Market and locational equilibrium for two competitors. *Operations Research*, 39, 749–756.
- Lee, Hau-Leung., Cohen, Morris (1985). Equilibrium analysis of disaggregate facility choice system subject to congestion-elastic demand. *Operations Research*, 33, 293–311.
- Kohlberg, Elon (1983). Equilibrium Store locations when consumers minimize travel plus waiting time. *Economics Letters*, 11, 211–216.
- Küçükaydin, Hande., Aras, Necati., Altinel, Kuban (2011). Competitive facility location problem with attractiveness adjustment of the follower: A bilevel programming model and its solution. *European Journal of Operational Research*, 208, 206–220.
- Marianov, Vladimir., Ríos, Miguel., Icaza, Manuel Jose' (2008). Facility location for market capture when users rank facilities
- Aboolian, Robert., Berman, Oded., Krass, Dmitry (2007). Competitive facility location and design problem. *European Journal of Operational Research*, 182, 40–62.
- Aboolian, Robert., Sun, Yi., Koehler, Gary (2009). A location–allocation problem for a web services provider in a competitive market. *European Journal of Operational Research*, 194, 64–77.
- Benati, Stephano (1999). The maximum capture problem with heterogeneous customers. *Computers & Operations Research*, 26, 1351–1367.
- Blanquero, Rafael., Carrizosa, Emilio., Hendrix, Eligius (2011). Locating a competitive facility in the plane with a robustness criterion. *European Journal of Operational Research*, 215, 21–24.
- Brandeau, Margaret., Chiu, Samuel (1994). Location of competing facilities in a user-optimizing environment with market externalities. *Transportation Science*, 28, 125–140.
- Brandeau, Margaret., Chiu, Samuel., Kumar, S., Grossman, Thomas (1995). Location with market externalities. In: Drezner, Z. (Ed.), *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer Verlag : New York.
- Colome, Rosa., Serra, Daniel (2001). Consumer choice and competitive location models: Formulations and heuristics. *Papers in Regional Science*, 80, 425–438.
- De Palma, André., Ginsburgh, Victor., Labbe', Martine., Thisse, Jacques-François (1989). Competitive location with random utilities. *Transportation Science*, 23, 244–252.
- Dobson, Gregory., Karmarkar, Uday (1987). Competitive location on a network. *Operations Research*, 35, 565–574.
- Doong, Shing-Hwang., Lai, Chin-Chin., Wu, Chih-Hung (2007). Genetic sub-gradient method for solving location–allocation problems. *Applied Soft Computing*, 7, 373–386.
- Drezner, Zvi (1982). Competitive location strategies for two facilities. *Regional Science and Urban Economics*, 12, 485–493.

by shorter travel and waiting times. European Journal of Operational Research, 191, 32–44.

Mellit, Adel., Kalogirou, Soteris., Drif, Mahmoud (2010). Application of neural networks and genetic algorithms for sizing of photovoltaic systems. Renewable Energy, 35, 2881-2893.

Ndiaye, Malick (2009). Customer Behaviour Modelling in the Maximum Capture Model. ,IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2285 – 2289.

ReVelle, Charles (1986). The Maximum capture or “sphere of influence” location problem: Hotelling revisited on a network. Journal of Regional Science, 26, 343–357.

Wu, Tai-His., Lin, Jen-Nan (2003). Solving the competitive discretionary service facility location problem. European Journal of Operational Research, 144, 366–378.

Zarrinpoor, Naeme., Seifbarghy, Mehdi (2010). A competitive location model to obtain a specific market share while ranking facilities by shorter travel time. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 55, 807-816.

Zhang, Xi., Zhou, Zu-cai (2009). The Competitive Location Problem under Gradual Cover and Different Covering Radius. Second Pacific-Asia Conference on Web Mining and Web-based Application, 301 – 304.

