

**A Combined Model for Locating Critical Centers (HAPIT)****M. S. Jabalameli*, K. Shahanaghi, R. Hosnavi & M. R. Nasiri****M. S. Jabalameli**, Associated Prof. at Industrial engineering Dept., Iran University of Science & Technology, Narmak, Tehran, Iran,**K. Shahanaghi**, Assistant Prof. at Industrial engineering Dept., Iran University of Science & Technology,**R. Hosnavi**, Associated Prof. at Malek Ashtar University of Technology,**M. R. Nasiri**, Industrial engineering Dept., Iran University of Science & Technology**Keywords**
 Passive Defense,
 Critical Centers,
 Locating,
 Numerical Taxonomy,
 Analytical Network Process
ABSTRACT

The most important goals in marring of a country is to destroy its military and industrial centers. One of the most important and essential measures for preventing the vital damages to these centers or limiting them is to locate accurately these vital and critical industries. Accurate and material location of these centers is one of the most important measures which lead to decrease of future considerable related costs and to increase securely index of them. Therefore by increasing the passive defense capability of these centers the enemy's attacks possibility and destruction effects of possible attacks will be decreased. Through this study a combined model for locating of critical centers is suggested by identifying the effective factors in locating of these critical military centers and emphasizing of passive defense. In developing of the model, Hybrid model, Analytical network process, P-dispersion mathematical model, and an Improved numerical Taxonomy clustering technique (HAPIT) are used. It has been tried that these centers to be considered through three aspects of common, undesirable and military facilities.

© (نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید) شماره ۴، جلد ۲۰، ۱۳۸۸

ارائه مدل ترکیبی مکان یابی تسهیلات حساس**محمدسعید جبل عاملی، کامران شهانقی، رضا حسنی و محمدرضا نصیری****چکیده:**

مهمترین اهداف در ضربه زدن به یک کشور نابودی مراکز حساس نظامی و صنعتی آن می باشد. از مهمترین و ضروری ترین اقدامات برای جلوگیری از خسارت های حیاتی به این مراکز و یا محدود کردن آن، مکان یابی صحیح آنها می باشد. مکان یابی درست و اصولی مراکز حساس نظامی یکی از مهمترین اقداماتی است که موجب کاهش قابل توجه هزینه های بعدی مرتبط با فعالیتها و

کلمات کلیدی
 پدافند غیر عامل،
 مراکز حساس،
 مکان یابی،
 تاکسونومی عددی بهبود یافته،
 فرآیند تحلیل شبکه ای

تاریخ وصول: ۸۸/۶/۲۲

تاریخ تصویب: ۸۸/۱۱/۱۹

دکتر محمدسعید جبل عاملی، دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران. jabal@iust.ac.ir
 دکتر کامران شهانقی، استادیار، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران،
 رضا حسنی، دانشیار، دانشگاه مالک اشتر.

محمدرضا نصیری، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران. Mr_nasiri@ind.iust.ac.ir

پیشامدهای مربوط به این مراکز خواهد بود و با افزایش قابلیت پدافند غیرعامل، ضریب امنیتی را افزایش و احتمال حملات دشمنان و اثرات تخریبی حملات احتمالی را به شدت کاهش می دهد. در این مقاله، ضمن شناسایی عوامل موثر در مکان یابی این مراکز با تأکید بر عامل پدافندغیرعامل، مدل ترکیبی مکان یابی تسهیلات حساس جهت مکان یابی آنها ارائه گردیده است. در توسعه این مدل از مدل هیبریدی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای، روش دسته‌بندی تاکسونومی عددی بهبود یافته و مدل ریاضی ایجاد پراکنده‌گی بین تسهیلات استفاده شده است. در این مدل، مراکز حساس از سه جنبه تسهیلات عمومی، تسهیلات نامطلوب و تسهیلات حساس مورد توجه قرار می گیرند.

یک مرکز خدمت دهی واحد روی یک شبکه، بمنظور ماکزیمم کردن مجموع و یا مینیمم (وزین یا غیر وزین) فاصله سفر بین مرکز خدمت دهی و یک مجموعه از نقاط تقاضای منفصل می باشد. در این مورد می توان به کارهای مینیمه کار (۱۹۸۳)، چرج و گارفینکل (۱۹۷۸)، درزner و سولوسکی (۱۹۸۵) اشاره نمود. در این مدل که در مکان یابی مراکزی مانند زندان‌ها، نیروگاهها و محل های تخلیه زباله به کار می رود هدف، دور کردن این مکان ها از نقاط تقاضاست. در واقع در این مدل، P مرکز به گونه ای مکان یابی می شوند که کل فاصله وزین مراکز تخصیص داده شده به این نقاط حداقل شود.

دومین مدل، مدل مکان یابی حداقل حداقل^۲ است. هدف این مدل، ماکزیمم کردن مینیمم فاصله بین مرکز خدمت دهی و نقاط تقاضا می باشد. در این مورد می توان به کارهای کولشرستا (۱۹۸۴) و P- مینیمه کار (۱۹۸۳) اشاره نمود. مدل سوم، مدل مکان یابی P-dispersion است که هدف آن، مکان یابی P تسهیل بر روی یک شبکه بمنظور ماکزیمم کردن مینیمم فاصله بین هر چهار گره تسهیلات می باشد. در این مورد می توان کارهای مون و چادری (۱۹۸۴)، چاندراسکاران و داووتی (۱۹۸۱) را نام برد. در این مدل فاصله بین تسهیلات مطرح است و هدف، حداقل کردن حداقل فاصله بین هر چهار گره از تسهیلات می باشد. رایج ترین کاربرد این مدل در مکان یابی پایگاههای نظامی است که با افزایش فاصله بین آنها، حمله و از کار انداختن همزمان آنها مشکل تر خواهد شد^[۶].

ارکات و نیومن^[۲] بر نیاز به رویکردهای چنددهده برای مکان یابی تسهیلات نامطلوب تأکید می کنند و چنین بیان می کنند که: " مدل‌های فعلی می‌توانند جهت تولید تعداد کمی از سایت‌های نامزد شده به کار روند، ولیکن انتخاب نهائی یک سایت، مساله ای پیچیده تر بوده و بدین منظور، حتماً باید از ابزار تصمیم‌گیری چند هدفه استفاده شود." داسکین^[۷] و جانگ^[۸]، نه تنها بر ضرورت نیاز به چند معیاره در مسائل مکان یابی تسهیلات نامطلوب تأکید می کنند بلکه این واقعیت را بیان می کنند که توجه ضعیفی توسط محققین به این مسائل شده است و تحقیقات کمی در این شاخه امیدبخش انجام شده است.

۱. مقدمه

نظریه مکان یابی اولین بار توسط فان تانونن^[۱] در سال ۱۸۲۶ میلادی و در زمینه فعالیتهای کشاورزی ابداع گردید و اولین چهارچوب علمی این نظریه به طور رسمی توسط آفرود ویر در سال ۱۹۰۹ معرفی شد. او مساله مکان یابی یک انبار واحد را با هدف مینیمایز کردن مجموع فاصله سفر بین انبار و مجموعه ای از مشتریان مورد بررسی قرار داد^[۲]. از آن زمان تاکنون مطالعات متعدد و متنوعی در خصوص مکان یابی انجام شده است.

در دهه ۶۰، مطالعاتی در زمینه مکان یابی شروع شد که تا حدودی با کاربردهایی که تا آن زمان مطرح بودند متفاوت می نمود؛ از جمله این موارد، مکان یابی سایت های دفع ضایعات جامد بود^[۲]. اکثر مدل‌های مکان یابی مربوط به مکان یابی تسهیلاتی از قبیل مراکز آموزشی، مراکز فروش و مراکز اورژانس می باشند. در مورد همه این تسهیلات که اصطلاحاً تسهیلات مطلوب نامیده می شوند سعی می شود مکان آنها تا حد امکان نزدیک به ساکنین که مقاضیان استفاده از خدمات و محصولات این تسهیلات هستند در نظر گرفته شود^[۳].

تعداد دیگری از تسهیلات از قبیل سایت های دفع زباله و ضایعات، محل های ایاشت زباله و ضایعات، کارخانجات شیمیائی، راکتورهای هسته ای، تاسیسات نظامی و کارخانجات تولید کننده محصولات نظامی می باشند که به علت تولید آلودگی و نیز در معرض خطر قرار دادن ساکنین اطراف، تسهیلات نامطلوب بوده و سعی می شود تا حد امکان دور از ساکنین، تاسیس شوند^[۳]. اگر چه این تسهیلات نامطلوب، در کل برای جامعه، لازم و ضروری می باشند منتهی مکان ایجاد آنها ممکن است با عدم موافقت جدی مردم مواجه شود و البته مخالفت آنها نیز منطقی می باشد. در این زمینه می توان به کارهای کلبروک و سیسیلیا^[۴] و کاگامی یاما^[۵] اشاره نمود.

مسائل تسهیلات نامطلوب، مسائلی هستند که هدف آنها ماکزیمم کردن مینیمم مجموع با مینیمم متوسط زمان/هزینه سفر می باشد و در این مورد می توان مشخصاً به سه نوع مدل فرعی که در مقالات مختلف، مد نظر قرار گرفته است اشاره نمود. اولین مدل، مدل مکان یابی حداقل مجموع^[۱] است که مربوط به مساله مکان یابی

^۲ Maximin(anti-center or distant point)

^۱ Maxsum(anti-median)

شوند؛ فلذا در مکان‌یابی آنها به اصول پدافند غیرعامل که از انهدام آسان این مراکز توسط دشمنان پیشگیری می‌کند توجه ویژه‌ای می‌شود.

به دلیل اینکه این گونه مراکز دارای طبقه‌بندی‌های اطلاعاتی و امنیتی می‌باشند مطالعات انجام شده در خصوص مکان‌یابی آنها نیز از این قاعده مستثنی نبوده و مطالعات منتشر شده در این زمینه، بسیار محدود و مختصر می‌باشند. در این مورد می‌توان به مقاله زنجیرانی فراهانی و اصغری^[۱۷]، در خصوص مکان‌یابی مراکز توزیع محصولات نظامی اشاره نمود که در آن از ترکیب تصمیم‌گیری چندمعیاره‌روش تاپسیس) و تکنیک‌های پوشش در مدلی سلسه مراتبی استفاده گردیده است.

بطور کلی در خصوص مکان‌یابی صنایع نظامی، سه هدف اصلی می‌تواند مطرح باشد.

هدف اول، مکان‌یابی این تسهیلات بعنوان یک تسهیل صنعتی عمومی می‌باشد و تسهیلات به گونه ای مکان‌یابی می‌شوند که با بالاترین کارایی بتوانند به فعالیت خود ادامه دهند. هدف دوم، مکان‌یابی این تسهیلات بعنوان یک تسهیل نامطلوب می‌باشد و تسهیلات به گونه ای مکان‌یابی می‌شوند که در صورت تهاجم به این تسهیلات، کمترین تهدید متوجه ساکنین اطراف آنها باشد. هدف سوم نیز مکان‌یابی این تسهیلات براساس عامل خوددفعای بودن آنهاست و تسهیلات به گونه ای مکان‌یابی می‌شوند که مانع دسترسی آسان دشمن به آنها و نابودی شان گردد.

این مقاله در خصوص ارائه مدلی برای مکان‌یابی تسهیلات حساس و مشخصاً صنایع نظامی در شهرهای پرجمعیت و صنعتی می‌باشد. مدل ارائه شده در این مقاله، تسهیلات را درون سلولهایی با اندازه‌ها و فواصل یکسان مکان‌یابی می‌کند. برای ارزیابی وضعیت سلولها در ارتباط با معیارهای مکان‌یابی از اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود.

در این مدل، برای تحقق هدف اول، هدف دوم و بخشی از هدف سوم از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدل هیبریدی استفاده می‌شود؛ با استفاده از مدل ریاضی P-dispersion تا ایجاد پراکندگی بین صنایع نظامی و کاهش آسیب پذیری آنها هدف سوم، تحقق یابد. همچنین با توجه به تعدد سلولهای مکانی و تسهیلات مورد نظر جهت استقرار در چنین مسائلی، نیاز به استفاده از تکنیک‌های دسته بندی وجود دارد، بدین منظور از تکنیک تاکسونومی عددی بهبودیافته استفاده می‌شود.

در ادامه و در بخش دوم، به تشریح مدل‌های استفاده شده در این مدل ترکیبی پرداخته می‌شود. در بخش سوم، مدل ترکیبی پیشنهادی تشریح می‌گردد. در بخش چهارم به حل مثالی موردی با کمک مدل و بررسی نتایج و تحلیل حساسیت پرداخته می‌شود. در بخش آخر نیز یافته‌ها، فواید مدل ارائه شده و پیشنهادات برای کارهای آتی ارائه می‌گردد.

از جمله کارهای انجام شده در مکان‌یابی تسهیلات نامطلوب چندمعیاره و چنددهده بروی شبکه‌ها که بعد از دهه ۸۰ شروع شده اند و چندان غنی نیز نمی‌باشند عبارتند از پیشنهاد یک مدل چند هدفه برای مکان‌یابی تسهیلات نامطلوب با در نظر گرفتن اهداف درختی^[۱] توسط راتیک و وايت در سال ۱۹۸۸، ارائه یک مدل مکان‌یابی/مسیریابی ترکیبی توسط لیست و میرچندانی در سال ۱۹۹۱^[۱۰]، ارزیابی مینیمم‌سازی هزینه‌ها در مقابل مخالفت عمومی در مکان‌یابی یک ایستگاه انتقال ضایعات جامد توسط رحمان و کوبی در سال ۱۹۹۵^[۱۱]، ارائه یک مدل چند هدفه برای مکان‌یابی تسهیلات دفع ضایعات و حمل و نقل ضایعات در طول خطوط یک شبکه با لحاظ کردن چهار هدف جیانیکوس در سال ۱۹۹۸^[۱۲]، بررسی مکان‌یابی یک تسهیل مزاحم^[۱۳] بر روی یک شبکه عمومی با استفاده از دو هدف ماکریم کردن مینیمم فاصله وزین از نقطه‌ای تا رئوس و ماکریم کردن مجموع فواصل وزین بین نقطه و رئوس، توسط جانگ و ملاچری نودیس در سال ۲۰۰۱^[۱۴]، مدل‌سازی مساله مکان‌یابی یک تسهیل نیمه مزاحم^[۱۵] مانند یک مساله دو معیاره^[۱۶] در هر دو حالت سطح و شبکه توسط اسکرایور و آندرسون در سال ۲۰۰۱^[۱۷]، ارائه یک مدل مکانیابی تسهیل نامطلوب چندمعیاره بر روی شبکه‌های با چندین وزن بر روی گره‌ها و چندین طول بر روی یالها با ترکیب معیارهای حداقل^۴ و حدکثر مجموع^۵ بوسیله یک پارامتر λ توسط کلبروک و سیسیلی در سال ۲۰۰۵^[۱۸].

علاوه بر استفاده از روش‌های کمی، مدل‌های ریاضی و سایر تکنیک‌ها، محیط تصمیم نیاز به تعديلات دیگری دارد که مستلزم در نظر گرفتن عوامل مشهود و نامشهود با استفاده از تکنیک‌های مرتبط می‌باشد.

نیاز به در نظر گرفتن چنین عواملی، باعث توسعه مدل هیبریدی، توسط براون و گیبسون^[۱۹] و بوفا و سرین^[۲۰] در دهه ۸۰ میلادی شد. این مدل پایه، عوامل مشهود و نامشهود را به سه دسته اصلی عوامل بحرانی، عوامل کیفی، عوامل کمی تقسیم می‌کند. عوامل بحرانی، عواملی هستند که در تصمیم‌گیری‌ها در مورد انتخاب مکان یک تسهیل، تعیین‌کننده ارزش بررسی آن مکان جهت احداث می‌باشند.

یکی از مصادیق تسهیلات نامطلوب، صنایع نظامی می‌باشند که بعنوان مهمترین تسهیلات حساس محسوب می‌شوند. این تسهیلات، علاوه بر دارا بودن خصوصیاتی از تسهیلات عمومی و تسهیلات نامطلوب، دارای ویژگی نظامی نیز می‌باشند. این ویژگی موجب می‌شود تا این مراکز به اهداف دشمنان در حملات احتمالی تبدیل

^۱ Tree objectives^۲ obnoxious^۳ semi-obnoxious^۴ bicriterian^۵ maximin^۶ maximum

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,m} \\ x_{2,1} & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ x_{n,1} & & x_{n,m} \end{bmatrix}_{n \times m} \quad (1)$$

در این ماتریس، $x_{n,m}$ بیانگر امتیاز شاخص m از بخش n است می‌باشد. ارتباط هر بخش با عوامل اصلی بررسی شده و میزان برخوردار بودن از عامل فوق به صورت $x_{n,m}$ در ماتریس فوق وارد می‌شود.

گام ۲: بی مقیاس نمودن ستون‌های ماتریس (شاخص‌ها) با توجه به اینکه این شاخص‌ها دارای مقیاس‌های متفاوتی هستند، برای مطالعه صحیح آنها لازم است که مقیاس آنها را به روش نرمال‌سازی از بین برد و از مقیاس استاندارد واحد استفاده نمود. برای ایجاد اعضاً ماتریس جدید، طبق مراحل زیر عمل می‌شود:

۱. میانگین مقادیر هر ستون طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i,j} \quad (2)$$

۲. انحراف معیار مقادیر هرستون طبق فرمول زیر بدست می‌آید:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i,j} - \bar{x}_j)^2}{n}} \quad (3)$$

۳. مقادیر نرمالایز شده با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$D_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \bar{x}_j}{S_j} \quad (4)$$

۴. ماتریس بی مقیاس شده نهایی به شکل زیر خواهد بود:

$$D_{i,j} = \begin{bmatrix} D_{1,1} & D_{1,2} & \dots & D_{1,m} \\ D_{2,1} & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ D_{n,1} & & D_{n,m} \end{bmatrix} \quad (5)$$

در ماتریس D جمع هر ستون برابر صفر و انحراف معیار آن برابر یک می‌باشد.

۲. معرفی مدل‌های مورد استفاده

۱-۲. فرآیند تحلیل شبکه^۱

فرآیند تحلیل سلسله مرتبی (AHP)^۲، فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)^۳، تاپسیس وغیره روش‌های پرکاربردی در تصمیم‌گیری می‌باشند. فرآیند تحلیل سلسله مرتبی در سال ۱۹۷۰ توسط ساعتی پیشنهاد شد و کاربردهای متعددی از آن تاکنون مورد بحث قرار گرفته است. این روش و کاربرد آن بر سه اصل بربایی یک ساختار و قالب سلسله مرتبی برای مساله، برقراری ترجیحات از طریق مقایسات زوجی و برقراری سازگاری منطقی از اندازه‌ها استوار است [۱۸].

با وجود کاربردهای فراوانی که روش فرآیند سلسله مرتبی داشته است لازمه داشتن یک ساختار سلسله مرتبی، بستگی نداشتند ارجحیات ممکن از یک سطح موجود به عناصر سطوح پایین‌تر و مستقل‌بودن از آنها می‌باشد و در غیراینصورت، سیستم تصمیم‌گیری فوق، غیرسلسله مرتبی و با بازخور تلقی خواهد شد. پیشنهاد ساعتی برای اینگونه موارد که عنوان مثل، گزینه‌ها و معیارها متقابل‌اً بر یکدیگر وابسته می‌باشند استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای می‌باشد [۱۸].

با توجه به موارد ذکر شده و بدليل لزوم ایجاد بازخور و روابط متقابل بین گزینه‌ها و معیارها در این تحقیق، از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای استفاده می‌شود. این امر منجر به استخراج اوزان و ممتیازات دقیق‌تر برای معیارها و گزینه‌ها خواهد شد.

۲-۲. روش دسته‌بندی تاکسونومی عددی بهبود یافته

آنالیز تاکسونومی برای طبقه‌بندیهای مختلف در علوم به کار برده می‌شود. نوع خاص آن، تاکسونومی عددی می‌باشد که بنابر تعریف، ارزیابی عددی شباهت‌ها و نزدیکی‌ها بین واحدهای تاکسونومیک (موضوعات مورد مطالعه) و درجه‌بندی آن عناصر به گروه‌های تاکسونومیک است. روش تاکسونومی عددی در تحقیق نصیری [۱۹] مورد نقد و اصلاح قرار گرفته است. در این تحقیق از روش تاکسونومی عددی بهبود یافته که در تحقیق نصیری [۱۹] ارائه شده است استفاده می‌شود. مراحل روش تاکسونومی عددی بهبود یافته [۱۹] به شرح زیر می‌باشد:

گام ۱: تشکیل ماتریس شاخص‌ها:

هر سطر این ماتریس به یکی از بخش‌های باقیمانده ($i=1, \dots, n$) مربوط می‌باشد و ستون‌های آن نیز متناظر با معیارهای مورد مطالعه ($j=1, \dots, m$) می‌باشد. این ماتریس، n سطر و m ستون خواهد داشت.

² Analytical Hierarchy Process
³ Analytical Network Process

$MaxD$

(۸)

 $st:$

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (9)$$

$$D + (M - d_{ij})x_i + (M - d_{ij})x_j \leq 2M - d_{ij}, \quad (10)$$

$$\forall i, j \in J, i < j \quad (11)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (12)$$

M مقدار بزرگ ثابت، D حداقل فاصله بین هر زوج از تسهیلات، P تعداد تسهیلات مورد نظر جهت استقرار در هر ناحیه و x_j متغیرهای مساله می‌باشند. محدودیت (11) به منظور تعیین و حداقل کردن فاصله بین هر زوج از تسهیلات می‌باشد. اگر هر کدام از متغیرهای x_i یا x_j صفر باشد این محدودیت معنی ندارد و اگر $x_i = x_j = 1$ آنگاه $D \leq d_{ij}$. محدودیت (12) نیز بیان می‌کند که متغیرها از نوع صفر یا یک^۱ هستند.

۳. مدل پیشنهادی

مدل ارائه شده به صورت الگوریتمی چند مرحله‌ای می‌باشد. طرح شماتیک مدل مورد نظر در شکل (۱) نشان داده شده است. در مرحله اول، عوامل موثر در مکان یابی صنایع نظامی، محدوده مکانی مساله و تسهیلات مورد نظر جهت استقرار، تعریف و مشخص می‌شوند؛ محدوده مکانی جهت سهولت بررسی به صورت سلولهای هم اندازه، شیکه بندی می‌شود. با توجه به وسعت بالای محدوده مکانی و تعداد بالای سلولهای ایجاد شده و همچنین تعداد بالای صنایع نظامی، در مرحله دوم، به کمک عوامل شناسایی شده و با استفاده از روش تاکسونومی عددی بهبود داده شده، سلولهای مکانی و صنایع نظامی، دسته بندی می‌شوند. پس از این مرحله تا انتهای مرحله چهارم، بررسی‌ها بر روی دسته‌های مکانی نماینده و صنایع نماینده انجام می‌شود. در مرحله سوم، وضعیت موجود دسته‌های مکانی نماینده و وضعیت مورد نیاز صنایع نظامی نماینده از نظر عوامل موثر در مکان یابی و با استفاده از فرآیند تحلیل شیکه، ارزیابی می‌شود. در مرحله چهارم، براساس امتیازات و رتبه‌های بدست آمده در مرحله چهارم، صنایع نماینده به ترتیب اولویت‌ها و امتیازات به دسته‌های مکانی نماینده، تخصیص می‌یابند.

سرانجام در مرحله پنجم و به دنبال مشخص شدن محل استقرار صنایع نماینده در بخش‌های مکانی نماینده، به کمک مدل ریاضی P -dispersion که مخصوص مکان یابی مراکز نظامی می‌باشد

گام ۳: محاسبه اختلاف میان بخش‌ها و تشکیل ماتریس فاصله‌های بین بخش‌ها

با استاندارد شدن ماتریس، اختلاف میان هر دو بخش a و b (طبق فرمول (۸)) محاسبه می‌شود:

$$d_{a,b} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (D_{a,j} - D_{b,j})^2} \quad (6)$$

با محاسبه فاصله بین بخش‌ها، ماتریس فاصله میان بخش‌های مختلف به صورت ذیل تشکیل می‌شود:

$$d_{n \times n} = \begin{bmatrix} d_{1,1} = 0 & d_{1,2} & \dots & d_{1,n} \\ d_{2,1} \\ . \\ . \\ d_{n,1} & & & d_{n,n} = 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

این ماتریس قرینه می‌باشد و از آنجایی که میان یک بخش و خودش اختلافی وجود ندارد، عناصر قطری این ماتریس برابر صفر خواهد بود.

گام ۴: یافتن بخش‌های مشابه (همگن)

در هر ردیف از ماتریس d می‌توان کمترین فاصله میان دو بخش را تعیین نمود که نشان دهنده شباهت (نزدیکی) دو بخش نسبت به یکدیگر می‌باشد. بر خلاف روش تاکسونومی عددی معمولی، نصیری [۱۹]، در این مرحله بجای محاسبه متوسط کوچکترین فاصله‌های هر ردیف و انحراف معیار آنها و تعریف فاصله همگن بودن براساس آنها، همگن بودن بخش‌ها براساس صفر بودن فاصله بین دو بخش تعریف می‌شود. به عبارت دیگر، بخش‌هایی که اختلاف بین آنها در ماتریس فاصله بین بخشها صفر می‌باشد بخش‌های همگن خواهند بود.

۲-۳. مدل ریاضی P -dispersion

مدلهای ریاضی با کمک گیری از ابزار بهینه سازی ریاضی به تعیین دقیق مکان‌های بهینه می‌پردازند و یک حل مناسب اولیه را ایجاد می‌نمایند. مدلی که در اینجا استفاده می‌شود مدل P -dispersion است که با توجه به مهمترین ماهیت تسهیلات مورد بررسی که ماهیت نظامی بودن آنها می‌باشد انتخاب شده است. برخلاف بسیاری از مدل‌ها، که کاهش فاصله بین نقاط تقاضا و تسهیلات، مطلوب می‌باشد، در این مدل فاصله بین تسهیلات مطرح است و هدف حداقل کردن حداقل فاصله بین هر جفت از تسهیلات است [۶]. با به کار بردن این مدل، سعی می‌شود تا با افزایش فاصله بین تسهیلات، امکان حمله و از کار انداختن به طور همزمان آنها

مشکل تر شود. فرمولاسیون مدل به صورت زیر است:

^۱ integer

در ادامه، زیرمعیارهای با وضعیت یکسان در محدوده مکانی مساله و نیز زیرمعیارهای با تاثیر ناچیز در مکان یابی صنایع نماینده، مشخص و از فرآیند تصمیم‌گیری خارج می‌شوند. سپس با توجه به مدل هیبریدی، معیارهای باقیمانده به صورت جبرانی و غیرجبرانی (بهرانی) تقسیم بندی خواهد شد. عوامل غیرجبرانی همان عوامل بحرانی می‌باشند که در صورت ارتفاع شدن، گزینه مربوطه از لیست گزینه‌های امکان پذیر حذف می‌شود.

ب. تعیین و شبکه بندی محدوده مکانی مساله

در این قسمت، محدوده مکانی مساله مشخص می‌شود. بدین منظور لازم است محدوده شهر مورد نظر باضافه محدوده مفید و مناسب اطراف آن جهت استقرار صنایع مورد نظر، معین شود. سپس با کمک تیم خبره و تصمیم‌گیر از کل محدوده مکانی، ناحیه مناسب اولیه با توجه به ابعاد محدوده شهر مورد مطالعه، انتخاب می‌شود. برای سهولت بررسی، ناحیه انتخاب شده به سلول‌هایی با ابعاد مناسب، شبکه بندی می‌شود. ابعاد سلول‌ها با توجه به مواردی از قبیل متوسط مساحت مورد نیاز جهت فعالیت یک صنعت نظامی و حدفاصل امنیتی بین دو صنعت مجاور، مطابق با نظرات خبرگان به اندازه‌ای تعیین می‌شود که امکان احداث یک صنعت نظامی در آن فراهم باشد.

با انجام مراحل فوق، در واقع نقشه اولیه برای انجام بررسی و تحلیل مورد نیاز، آماده می‌باشد و می‌توان بر روی سلول‌های مشخص شده بر روی نقشه، تحلیل‌های مورد نظر را انجام داد. بدین منظور لازم است تک تک سلول‌ها با توجه به معیارهای مشخص شده، مورد بررسی قرار گیرد. برای بررسی و ارزیابی وضعیت سلول‌ها از نقشه‌های ماهواره‌ای، سیاحتی، گسل، سیاسی و اقتصادی و توریستی شهرستان و استان مورد نظر استفاده می‌شود.

پس از انجام شبکه بندی، با استفاده از مدل هیبریدی، تعدادی از سلول‌ها از فضای امکان پذیر جواب خارج می‌شوند. برای ارزیابی وضعیت سلول‌ها از روش تصمیم‌گیری گروهی و تکنیک طوفان ذهنی استفاده می‌شود. در انتهای این مرحله، عوامل فقط غیرجبرانی، از لیست عوامل و معیارهای موثر در تصمیم‌گیری، خارج شده و تصمیم‌گیری‌های بعدی بر اساس معیارهای باقیمانده، انجام خواهد شد.

ج: تعیین تسهیلات مورد نظر جهت استقرار

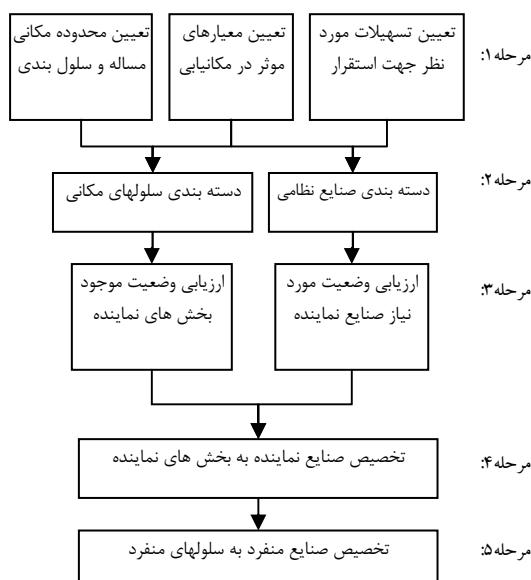
در این قسمت تسهیلات مورد نظر جهت مکان یابی، تعریف و شناسایی می‌شوند. بدین منظور لازمست شناخت کافی در مورد ماموریت تسهیلات، میزان حساسیت آنها و نیز شباهتهای موجود در حد مورد نیاز حاصل شود.

مرحله ۲: این مرحله خود شامل دو زیر مرحله می‌باشد.

الف: دسته بندی سلولهای مکانی

بعد از حذف سلول‌های غیرقابل قبول اولیه، سلول‌های باقیمانده بعنوان سلول‌های قابل قبول اولیه، باید از نظر عوامل موثر در

مناسب ترین سلولها جهت استقرار صنایع مربوط به هر کدام از صنایع نماینده، مشخص می‌شوند.



شکل ۱. طرح شماتیک مدل مکان یابی صنایع نظامی

در ادامه به تشریح هر یک از مراحل مدل فوق پرداخته می‌شود.

مرحله ۱: این مرحله خود شامل سه زیر مرحله می‌باشد.

الف: تعیین معیارهای موثر در مکانیابی صنایع نظامی

عوامل موثر در مکان یابی تسهیلات عمومی، تقریباً مشخص می‌باشند و در مقالات متعددی به آنها اشاره شده است. اما در مورد عوامل موثر در مکان یابی تسهیلات نظامی، مطالعات بسیار محدودی معرفی شده‌اند. در این خصوص می‌توان به عوامل معروفی شده در مکان یابی مراکز توزیع کننده محصولات نظامی در مقاله زنجیرانی فراهانی و اصغری [۱۷] اشاره نمود. عوامل خاص تسهیلات نظامی معرفی شده در این مقاله، عبارتند از: دفاع عامل، دفاع غیرعامل، تهدیدات مزی، تهدیدات داخلی، دسترسی به رده‌های پشتیبانی و تراکم رده‌های پشتیبانی. در مورد عوامل موثر در مکان یابی تسهیلات نامطلوب نیز می‌توان به مقاله توڑاکایا [۲۰] و عوامل مطرح شده در آن مقاله، اشاره نمود که عوامل موثر در مکان یابی تسهیلات نامطلوب (مربوط به ضایعات جامد) در این مقاله بر اساس چهار عامل منافع، فرصت‌ها، هزینه‌ها و ریسکها و سه معیار اصلی اقتصادی، محیطی و اجتماعی و به صورت سلسه‌مراتبی، دسته‌بندی شده‌اند. بطور کلی در خصوص مکان یابی تسهیلات نظامی، عوامل متعدد و متنوعی مطرح می‌باشند. در این قسمت با بررسی و شناسایی عوامل موثر با استخراج موارد مشترک و خارج نمودن موارد غیر مرتبط با شرایط مساله که با کمک خبرگان صورت می‌گیرد، لیست اولیه‌ای از عوامل موثر در مطلوبیت مکانی صنایع نظامی و موارد تشکیل دهنده هر کدام شناسایی می‌شود.

اصلی قرار دارند که در مرحله اول استخراج و مشخص می شوند. در سطح آخر نیز، بخش های مکانی نماینده قرار دارند. در انتهای این مرحله، امتیازات و رتبه های بخش های مکانی نماینده، استخراج می شود. در این قسمت، در صورت نزدیک بودن امتیازات بخش ها و با تایید تیم خبره، به تلفیق بخش های نزدیک، اقدام و امتیاز و رتبه جدید برای دسته های جدید محاسبه می شود.

ب: ارزیابی وضعیت موردنیاز صنایع نظامی نماینده
به منظور ارزیابی وضعیت موردنیاز صنایع نظامی از مدل فرآیند تحلیل شبکه استفاده می شود. در راس مدل، هدف قرار دارد که ارزیابی وضعیت مکانی موردنیاز صنایع نماینده برحسب معیارها باشد. در سطح بعدی، معیارهای اصلی قرار دارند. این معیارها با توجه به اهداف سه گانه اصلی که در مکان یابی صنایع نظامی مطرح است تعریف شده اند. در سطح بعدی، زیرمعیارهای مربوط به معیارهای اصلی قرار دارند که در مرحله اول، استخراج و مشخص می شوند. در سطح آخر نیز، صنایع نماینده قرار دارند. در انتهای این مرحله، امتیازات و رتبه های صنایع نماینده، استخراج می شود. در انتهای این مرحله، امتیازات و رتبه های صنایع نماینده، استخراج می شود. در این قسمت، در صورت نزدیک بودن امتیازات صنایع و با تایید تیم خبره، به تلفیق صنایع نزدیک، اقدام و امتیاز و رتبه جدید برای دسته های جدید محاسبه می شود.

مرحله ۴: تخصیص صنایع به بخش های مکانی
پس از اتمام مراحل قبل، امتیاز و رتبه بخش های نماینده و صنایع نماینده مشخص می شود و براساس امتیازات و رتبه های محاسبه شده، هر یک از صنایع نماینده، جهت استقرار به یکی از بخش های نماینده تخصیص می یابد. ملاک تخصیص، ترتیب رتبه ها و امتیازات صنایع و بخش ها خواهد بود.

مرحله ۵: تخصیص صنایع منفرد به سلولهای منفرد
با مشخص شدن ناحیه های مناسب جهت استقرار هر کدام از صنایع نماینده در مرحله قبل، در این قسمت، سلولهای محل استقرار هر کدام از صنایع زیرمجموعه در هر یک از ناحیه ها P-dispersion مشخص می شوند. بدین منظور از مدل ریاضی استفاده می شود. با به کار بردن این مدل، سعی می شود تا با افزایش فاصله بین تسهیلات، امکان حمله و از کار انداختن بطور همزمان آنها مشکل تر شود. فرمولاسیون مدل در بخش دوم تشریح گردید. برای حل مدل از نرم افزار لینگو^۲ استفاده می شود. با توجه به عدم توانایی نرم افزار لینگو در حل مدل های بزرگ و عدم دسترسی به نرم افزار پیشرفته تر، لازمست با انجام ساده سازی هایی، ابعاد مساله کوچک تر شود. ساده سازی های انجام شده [۱۹] به شرح ذیل می باشند:

مکان یابی صنایع نظامی، مورد شناسایی قرار گیرند. منتهی بدلیل اینکه تعداد سلول های باقیمانده زیاد می باشد و بررسی وضعیت همگی آنها هزینه بر و زمان بر خواهد بود، لازم است بر اساس شbahat ها در میزان برخورداری از معیارهای باقیمانده، به صورت بخش های مکانی نماینده محدودی محدودی دسته بندی شوند. بدین منظور از روش تاکسونومی عددی بهبود یافته [۱۹] استفاده می شود.

به دلیل مشکل بودن امتیازدهی کمی به گزینه ها، از امتیازدهی کیفی استفاده می شود. با توجه به مزایای ذکر شده در خصوص استفاده از مقیاس های کیفی محدودتر در تحقیق نصیری [۱۹]، پیشنهاد می شود از مقیاس های دو گانه و به صورت قوی و ضعیف استفاده شود. در انتهای این بخش، تعداد سلولهای مکانی به دسته های نماینده مکانی، کاهش پیدا می کند.

ب: دسته بندی تسهیلات مورد نظر جهت استقرار
در صورتیکه تعداد تسهیلات نیز زیاد باشد و امکان انجام دسته بندی آنها وجود داشته باشد مطابق با روش دسته بندی سلولهای، تسهیلات نیز با استفاده از روش تاکسونومی عددی بهبود یافته، دسته بندی می شوند. در انتهای این بخش، تعداد تسهیلات به دسته های نماینده تسهیلات، کاهش پیدا می کند.

مرحله ۳: ارزیابی وضعیت بخش ها و صنایع نماینده

پس از دسته بندی صنایع و سلول ها به دسته های مربوطه در مراحل قبل، در این مرحله مطابق با فرآیند تحلیل شبکه، به ارزیابی وضعیت آنها در ارتباط با معیارهای تعیین شده پرداخته می شود. بدین منظور از روش فرآیند تحلیل شبکه^۱(ANP) استفاده می شود. ساختار مساله با توجه به هدف، معیارها و زیرمعیارهای تعریف شده و همچنین گزینه ها (صنایع نماینده و بخش های نماینده) تعریف می شود. برای انجام بررسی های موردنیاز از اطلاعات میدانی و نظرات خبرگان، استفاده می شود. بدین منظور از ماتریس های مقایسات زوجی معیارهای اصلی، زیرمعیارها و بخش ها و صنایع نماینده که توسط تیم خبره و با استفاده از تکنیک تصمیم گیری طوفان ذهنی تکمیل و جمع بندی می شوند استفاده می شود. این مرحله نیز دارای دو زیر مرحله می باشد.

الف: ارزیابی وضعیت موجود بخش های مکانی نماینده

به منظور ارزیابی وضعیت موجود بخش های مکانی نماینده از مدل فرآیند تحلیل شبکه استفاده می شود. در راس مدل، هدف قرار دارد که ارزیابی وضعیت مکانی موجود بخش های مکانی نماینده است. در سطح بعدی، معیارهای اصلی قرار دارند. این معیارها با توجه به اهداف سه گانه اصلی که در مکان یابی صنایع نظامی مطرح است تعریف شده اند. در سطح بعدی، زیرمعیارهای مربوط به معیارهای

² Lingo 8.0

¹ Analytical Network Process

محدوديت (۱۴) مربوط به انتخاب قطعی سلوهای ناحیه های مجاور می باشد که در مراحل قبلی، تعیین شده اند.

محدوديت (۱۶) نيز بدين منظور در مدل گنجانده شده است که از بين سلوهای تفکيك شده هر سلول تلفيقی، تنها يك سلول، انتخاب شود.

۴ مثال موردي

۱-۴. اجرای مدل و ارائه نتایج بدست آمده

مثال موردي ارائه شده در اين قسمت مربوط به يكى از شهرهای پرجمعيت و صنعتی ايران می باشد. تعداد صنایع نظامی مورد نظر جهت مکان يابي با استفاده از مدل ارائه شده، ۳۰ صنعت می باشد که از انواع مختلف و بعضًا مشابه می باشند. با استفاده از مدل ارائه شده در اين مقاله، به مکان يابي صنایع نظامی مذکور پرداخته شده و نتایج مطابق با هر يك از مراحل مدل، محاسبه شده است که به شرح زير می باشد.

مرحله ۱: لیست اولیه عوامل موثر شناسایی شده در مطلوبیت مکانی صنایع نظامی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. معیارهای موثر در مکان يابي صنایع نظامی

هدف	معیارهای اصلی	عناصر تشکیل دهنده معیارها
عوامل	عوامل ارضی	سابقه سیل و امکان زلزله- انقطاع زمین و شبیه زیاد زمین- وجود بستر و مسیر رودخانه- وجود کوه های مرتفع و جنگل های انبوب
مربوط به	ماهیت	عوامل زیربنائی دسترسی به جاده ها- دسترسی به منابع آب- دسترسی به خطوط نیرو- دسترسی به شبکه های ارتباطی
عمومی	صنایع	عوامل اقتصادي هزینه های ساخت- هزینه های اجرا- هزینه های حمل و نقل- هزینه زمین
عوامل	عوامل فنی	قابلیت توسعه- الزامات فنی مخصوص زمین- زمان ايجاد تسهيل- ظرفیت سایت- طرح های آینده بر روی منطقه- موقعیت نسبت به صنایع مرتبط- امکان اجرای ماموریت
مربوط به	ماهیت	عوامل نامطلوب اثرات بر روی سلامت (نzedیک ترين سکته و صنایع بر سکته همسایه)- آلدگی صوتی (نzedیک ترين سکته و صنایع همسایه)- نzedیکی به نواحی مسکونی یا توسعه اي (حداکثر ۶ کیلومتر)
بودن	نامطلوب	عوامل نامطلوب نzedیکی به ذخایر آب و حوض های آب زیرزمیني بر منابع طبیعی (حداکثر ۳ کیلومتر)- اثرات بر روی محیط زیست
صنایع	عوامل	عوامل نامطلوب نzedیکی به نواحی تاریخی، باستانی، دیرینه شناسی، بر مناظر و آثار معماری (حداکثر ۳ کیلومتر)- نzedیکی به نواحی محافظت شده طبیعی و چشم اندازهای زیبای طبیعی (حداکثر ۳ کیلومتر)
سياسي و دفاعي	عوامل	عوامل اجتماعی، مخالفت عمومی- مسائل و تصمیمات سیاسی و دفاعی
مربوط به	ماهیت	عوامل دور كردن حداکثر فاصله از مراکز ثقل مجاور(حداقل ۳ کیلومتر)- سایتها از هم دور بودن از مراکز تولید محصولات خطرساز(حداقل ۶ کیلومتر)
خوددفعي	صنایع	عوامل تامين فضای مورده نياز جهت ايجاد اصول پراكندگی(حداقل ۸ اميتيت در داخل کیلومتر مربع)- امكان ايجاد حریم حفاظتی زمینی(حداقل ۸ سایت ۱ کیلومتر)
		ايجاد مانع در وجود عوارض طبیعی در نzedیکی مکان(کوه، تپه و دسترسی به سایت پوشش گیاهی)

- به جاي اينكه مدل برای كل ناحيه موربررسی، تعريف و حل شود برای هر يك از ناحيه های ايجاد شده در انتهای قسمت قبل، به صورت جداگانه تعريف شده و حل خواهد شد.

- در صورت وجود مرازهای مشترک بين ناحیه ها و امكان کم بودن فاصله ايجاد شده بين نقاط جواب مجاور ناحیه ها با يكديگر، سلوهای در مجاورت مرازهای مشترک، تا شعاع مطمئنی حذف می شود.

- در صورتیکه تعداد سلوهای ناحیه ای زيادتر از حدی باشد که امكان حل مدل ايجاد شده با نرمافزار لينگو وجودداشته باشد با تلفيق سلوها با يكديگر و ايجاد سلوهای بزرگتر، تعداد سلوهای چنین ناحیه هایی تا جايیکه قابل حل توسط لينگو باشد کاهش می يابد.

- پس از انجام ساده سازی های فوق، به ايجاد و حل مدل برای هر يك از ناحیه ها پرداخته می شود. در اين قسمت نيز ابتدا به ايجاد و حل مدل برای ناحیه هایی که کاملاً جدا از يكديگر و با فاصله مناسبی از يكديگر قرار دارند پرداخته می شود. در سایر ناحیه ها، علاوه بر سلوهای مربوطه، نزدیک ترين سلوهای انتخاب شده از ناحیه های مجاور که به علت نزدیکی، بر انتخاب سلوهای انتخاب شده از ناحیه ها، تاثيرگذار می باشند در مدل لحظه می شوند. فرمولاسیون مدل در صورت انجام ساده سازی های ۳ و ۴ به شرح زير تغيير می يابد:

$$MaxD \quad (13)$$

st :

$$\sum_{j \in J} x_j = P \quad (14)$$

$$\sum_{k \in K} x_k = q \quad (15)$$

$$\sum_{l \in L} x_{l_m} = 1, \forall m \in M \quad (16)$$

$$D + (M - d_{ij})x_i + (M - d_{ij})x_j \leq 2M - d_{ij}, \quad (17)$$

$$\forall i, j \in J, i < j \quad (18)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \forall j \in J \quad (19)$$

P: تعداد تسهيلات موردنظر جهت استقرار در اين ناحیه باضافه تسهيلات انتخاب شده از ناحیه مجاور.

X_j: متغيرها شامل سلوهای در نظر گرفته شده از ناحیه های مجاور نيز می باشند.

X_k: سلوهایی هستند که متعلق به ناحیه های مجاور می باشند و در اينجا حتماً باید جهت استقرار تسهيلات انتخاب شوند.

q: تعداد تسهيلات مکان يابي شده در ناحیه های مجاور می باشد که مجدداً در همان سلوهایی مشخص شده باید استقرار يابند.

X_i: سلوهایی هستند که با سلوهای دیگر تلفيق شده با يكديگر تنها بايد يك سلول جهت استقرار تسهيل انتخاب شود. كل تعداد مجموعه های تلفيق شده، m می باشد.

در انتهای این قسمت، با توجه به نزدیک بودن امتیازات بدست آمده برای بخش های نماینده ۱ و ۴ با یکدیگر و ۲ و ۳ با یکدیگر، بخش های فوق دو به دو با یکدیگر تلفیق شده و امتیازات جدید برای هر دسته محاسبه می شود. بخش های نماینده جدید و وضعیت هر بخش در جدول (۵) ارائه شده است.

جدول ۵. بخش های نماینده تلفیق شده و اطلاعات مربوطه

شماره دسته سلول	امتیاز دسته های زیرمجموعه	رتبه جدید	تعداد سلول
۸۳	۰.۳۰	۱	
۳۸	۰.۱۸۵	۲	
۲۷۵	۰.۱۲	۳	

جدول ۶. امتیازات و رتبه های نهایی صنایع نماینده

عنوانی عوامل و گزینه ها	اوzan نرمالایز شده	رتبه ها
۱	۰.۳۱	A
۳	۰.۱۳	B
۳	۰.۱۳	C
۴	۰.۰۸	D
۲	۰.۲۸	E
۵	۰.۰۶	F

در انتهای این قسمت با توجه به نزدیک بودن امتیازات بدست آمده برای صنایع A و E با یکدیگر و صنایع B و C با یکدیگر و صنایع D و E با یکدیگر، و عدم وجود مغایرت قابل توجه در وضعیت صنایع فوق در خصوص معیارهای مربوطه، این صنایع دو به دو با یکدیگر تلفیق شده و امتیازات جدید برای دسته های جدید محاسبه می شود. وضعیت صنایع نماینده جدید در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷. صنایع نماینده تلفیق شده و اطلاعات مربوطه

شماره دسته های زیر عنوان دسته	تعداد دسته	امتیاز رتبه جدید	شماره دسته های زیر عنوان دسته	تعداد دسته	امتیاز رتبه جدید
دسته	صنعت	دسته	دسته	صنعت	دسته
۱	۰.۲۹۵	۱۰	AE	E و A	۱
۲	۰.۱۳	۸	BC	C و B	۲
۳	۰.۰۷۷	۱۲	DF	F و D	۳

مرحله ۴: تخصیص صنایع به بخش های مکانی

نتایج این مرحله در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸. تخصیص صنایع نماینده به بخش های نماینده

بخش های مکانی نماینده	صنایع نماینده	تخصیص یافته	شماره دسته	امتیاز رتبه	شماره دسته	امتیاز رتبه
۱	۰.۲۹۵	۱	۱	۰.۳۰	۱	
۲	۰.۱۳	۲	۲	۰.۱۸۵	۲	
۳	۰.۰۷۷	۳	۳	۰.۱۱۵	۳	

محدوده شهر مورد نظر باضافه محدوده مفید و مناسب اطراف آن جهت استقرار صنایع موردنظر، در حدود ۹۰۰۰ کیلومتر مربع می باشد. سلول ها به شکل مربع و به مساحت ۹ کیلومتر مربع انتخاب شدند. تعداد سلوهای ایجاد شده، ۱۰۰۰ سلول گردید. تعداد سلوهای حذف شده با توجه به عوامل غیر جبرانی، تعداد ۶۰۴ سلو بود و ۳۹۶ سلو نیز باقی ماند. تعداد صنایع نظامی موردنظر جهت مکان یابی با کمک این مدل، ۳۰ صنعت در نظر گرفته شده است.

مرحله ۲: نتایج مربوط به دسته بندی سلوهای مکانی که با کمک تکنیک دسته بندی تاکسونومی عددی بهبود یافته و با استفاده از مقیاسهای کیفی دوگانه قوی و ضعیف انجام شد در جدول (۲) ارائه شده است. برای انجام محاسبات، از نرم افزار اکسل استفاده شده و با استفاده از برنامه ای که در محیط اکسل نوشته شده است محاسبات مربوط به هر مرحله، انجام و نتایج نهایی مشخص شده است.

جدول ۲. نتایج دسته بندی سلوهای مکانی

شماره دسته	وضعیت شاخص ها	تعداد سلوهای هر دسته		
دسته	تسهیلات نامطلوب	تسهیلات دفاع غیرعامل	تسهیلات عمومی	دسته
۱	قوی	ضعیف	ضعیف	۵۲
۲	ضعیف	ضعیف	ضعیف	۴۱
۳	ضعیف	ضعیف	قوی	۲۲۴
۴	قوی	ضعیف	قوی	۳۱
۵	قوی	ضعیف	قوی	۳۸

ب- دسته بندی تسهیلات موردنظر جهت استقرار نتایج مربوط به دسته بندی صنایع نظامی در جدول (۳) ارائه شده است.

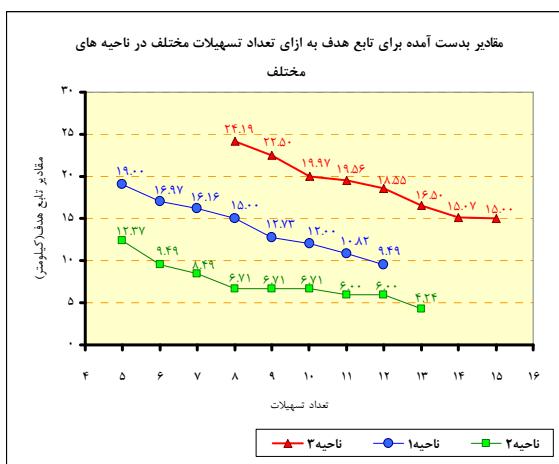
جدول ۳. دسته بندی صنایع تولید کننده محصولات نظامی

ردیف	صنایع نماینده اصلی	تعداد صنعت زیرمجموعه
۱	A	۱
۲	B	۲
۳	C	۳
۴	D	۴
۵	E	۵
۶	F	۶

مرحله ۳: وضعیت نهایی بخش های مکانی نماینده بدست آمده این قسمت، در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴. امتیازات و رتبه های نهایی بخش های نماینده

دسته	اوzan نرمالایز شده	رتبه ها
۱	۰.۳۴۱	دسته ۱
۲	۰.۱۲۹	دسته ۲
۳	۰.۱۱۲	دسته ۳
۴	۰.۲۳۳	دسته ۴
۵	۰.۱۸۵	دسته ۵



شکل ۲. مقادیر تابع هدف براساس تعداد تسهیلات مختلف در ناحیه های مختلف

تعداد تسهیلات مورد نظر جهت استقرار در ناحیه یک ۱۰ تسهیل می باشد که مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف، ۱۲ کیلومتر شده است. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش تعداد تسهیلات، مقدار بدست آمده برای تابع هدف نیز افزایش یافته است و این امر کارکرد مدل ریاضی استفاده شده را تایید می نماید. همچنین بازی اعداد تسهیلات یک واحد کمتر و یا بیشتر از تعداد تسهیلات اصلی، تغییر قابل توجهی در مقدار بدست آمده برای تابع هدف در این ناحیه، مشاهده نمی شود (در حدود یک کیلومتر)، اما با افزایش تغییرات در تعداد تسهیلات، تغییرات در مقدار بدست آمده برای تابع هدف نیز بیشتر می شود.

تعداد تسهیلات مورد نظر جهت استقرار در ناحیه دو، ۱۰ تسهیل می باشد که مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف، ۶،۷۱ کیلومتر شده است. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش تعداد تسهیلات، مقدار بدست آمده برای تابع هدف نیز افزایش یافته است و این امر کارکرد مدل ریاضی استفاده شده را تایید می نماید. همچنین مشاهده می شود در صورتیکه تعداد تسهیلات، یک تا دو واحد افزایش یابد مقدار بدست آمده برای تابع هدف، تغییر نمی کند و در صورتیکه تعداد تسهیلات سه تا چهار واحد افزایش یابد، مقدار بدست آمده برای تابع هدف، تنها یازده درصد تغییر می یابد. به عبارت دیگر تعداد تسهیلات این ناحیه را تا دوازده واحد می توان افزایش داد بدون آنکه مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف، تغییر نماید و این تعداد را تا چهارده واحد افزایش داد در حالیکه تغییرات بوجود آمده در مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف، کمتر از یک کیلومتر گردد. تعداد تسهیلات مورد نظر جهت استقرار در ناحیه سه، ۱۲ تسهیل می باشد که مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف در حالتی که سلوهایا به صورت تلفیقی می باشند، ۱۸،۵۵ کیلومتر شده است. همانگونه که قابل مشاهده می باشد با افزایش تعداد تسهیلات، مقدار بدست آمده برای تابع هدف نیز افزایش یافته است و این امر کارکرد مدل ریاضی استفاده شده را تایید می نماید.

مرحله ۵: نتایج بدست آمده به شرح زیر می باشد:

- در ناحیه ۱، سلوهایی که جهت استقرار تسهیلات، مناسب تشخیص داده شده اند عبارتند از سلوهای ۱۹۸، ۳۰۲، ۳۰۶، ۴۵۳، ۵۵۶، ۵۲۳، ۶۷۰، ۷۷۸، ۸۱۹، ۹۲۷، ۹۹۸، ۹۹۲، ۹۸۹، ۹۵۹، ۹۲۵ بهترین مقدار تابع هدف و یا حداقل فاصله ایجاد شده بین هر زوج از تسهیلات در این ترکیب استقرار، ۱۲ کیلومتر می باشد.
- در ناحیه ۲، سلوهایی که جهت استقرار تسهیلات، مناسب تشخیص داده شده اند عبارتند از سلوهای ۸۵۱، ۹۹۸، ۹۹۲، ۹۸۹، ۹۵۹، ۹۲۵ بهترین مقدار تابع هدف و یا حداقل فاصله ایجاد شده بین هر زوج از تسهیلات در این ترکیب استقرار، ۶،۷۱ کیلومتر می باشد.
- در ناحیه ۳، در مدل ایجاد شده به علت مجاورت این ناحیه با دو ناحیه قبلی، نزدیکترین سلوهای انتخاب شده آنها به این ناحیه نیز در مدل گنجانده شده اند. ضمن اینکه به علت تعدد بسیار زیاد سلوهای ناحیه ۳، از ساده سازی تلفیق سازی نیز استفاده شده است. حداقل فاصله بین تسهیلات در این ناحیه ۱۲،۳۷ کیلومتر گردیده است. سلوهای انتخاب شده مربوط به ناحیه ۳ نیز عبارتند از: ۲۹۳، ۴۲۲، ۳۹۶، ۵۰۸، ۴۶۶، ۶۲۲، ۵۵۴، ۶۷۵، ۷۰۰، ۷۱۹، ۷۹۹، ۹۴۲. براساس مقدار بدست آمده برای تابع هدف، مشاهده می شود فاصله ایجاد شده بین تسهیلات ناحیه ۳ با یکدیگر و تسهیلات ناحیه ۱ و ۲ با تسهیلات ناحیه ۳ بزرگتر از فاصله های ایجاد شده بین تسهیلات ناحیه ۱ و ۲ با یکدیگر می باشد و این امر، نگرانی ها را در مورد احتمال نزدیکی سلوهای مجاور، برطرف ساخته است.

۴-۲. آنالیز حساسیت

با توجه به اهمیت مدل ریاضی استفاده شده، تحلیل حساسیت ارائه شده در این قسمت، مربوط به مدل های ریاضی توسعه داده شده برای هر کدام از ناحیه ها می باشد. پارامتر ورودی مدل، تعداد تسهیلات می باشد.

بنابراین برای هر یک از ناحیه ها تحلیل حساسیت در خصوص تعداد تسهیلات و به صورت جداگانه انجام گردیده است که نتایج بدست آمده در نمودار (۲) نشان داده شده است. در این نمودارها مقادیر بدست آمده برای تابع هدف به ازای تعداد تسهیلات شده در هر ناحیه و همچنین به ازای سایر مقادیر ممکن قابل مشاهده می باشد.

در هر یک از ناحیه ها رابطه بین افزایش در تعداد تسهیلات و مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف در هر حالت و حداقل تعداد تسهیلات قبل افزودن به تسهیلات فعلی بدون آنکه تغییر قابل توجهی در مقدار تابع هدف ایجاد شود محاسبه و نشان داده شده است. وضعیت منحنی های ترسیم شده، اثبات کننده کارکرد مدل استفاده شده می باشد.

این مدل بدون لحاظ کردن ارتباطات ممکن بین تسهیلات با یکدیگر و شناسایی تامین‌کنندگان و مشتریان آنها و ارتباطات مربوطه توسعه داده شده است، پیشنهاد می‌شود در کارهای آتی، موارد فوق نیز مدد نظر قرار گیرد. بخصوص در توسعه مدل‌های کمی در این مطالعه تنها ماهیت نظامی تسهیلات مد نظر قرار گرفت، هرچند سایر عوامل در مراحل قبل مد نظر قرار می‌گیرند منتهی بررسی امکان لحاظ کردن جنبه‌های دیگر در ایجاد مدل کمی، خالی از لطف نخواهد بود. در انتها تاکید می‌شود جهت اجرای مدل در محیط واقعی، لازم است تعاملات جدی‌تری با مراکز تصمیم‌گیری و تأثیرگذار مرتبط، برقرار شده و نظرات آنها در مراحل مختلف، به دقت و به صورت رسمی اخذ شده و اعمال گردد.

مراجع

- [۱] کلبی. امین، "ارائه مدل ریاضی مکان‌یابی تسهیلات با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره"، رساله کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۷.
- [۲] اصغرپور، م.، تصمیم‌گیری چندمعیاره، مرکز انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۷.
- [۳] نصیری. محمدرضا، "ارائه مدل مکان‌یابی مراکز حساس و حیاتی با توجه به اصول پدافندگیری‌عامل"، رساله کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۷.
- [۴] Jia, H., Ordóñez, F., Dessouky, M., A Modeling Framework For Facility Location of Medical Services for Large-Scale Emergencies, Working paper, Department of Industrial and Systems Engineering University of Southern California, 2005.
- [۵] Braneau, M.L., Chiu, S.S., An Overview of Representative Problems in Location Research. Management Science, Vol. 35.1989.
- [۶] Colebrook, M., Gutiérrez, J., Sicilia, J., A New Bound and an O($m n$) Algorithm for the Undesirable 1-Median Problem (Maxian)on Networks. Computers and Operations Research 2005; 32(2): pp. 309–25.
- [۷] Colebrook, M., Sicilia, J., Undesirable Facility Problems on Multicriteria Networks. Computer & Operation Research, Vol.34, 2005, pp.491-1514.
- [۸] Kagamiyama, H., SH., Single- and Multi-Objective Defensive Location Problems on a Network. European Journal of Operational Research, Vol. 188, 2008, pp. 76-84.
- [۹] Daskin, M.S., Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications. New York: Wiley-Interscience; 1995.
- [۱۰] Zhang, F.G., Location on Networks with Multiple Criteria. Dissertation, Northeastern University, Boston, Massachusetts, 1996.

همچنین مشاهده می‌شود در صورتیکه تعداد تسهیلات، یک تا دو واحد کمتر از تعداد تسهیل اصلی باشد مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف، تغییری در حدود یک کیلومتر خواهد داشت و به ازای سایر مقادیر، تغییرات در تابع هدف نیز بیشتر خواهد بود. لازم ذکر است مقدار بهینه بدست آمده برای تابع هدف در این ناحیه به ازای سلوهای منفرد و با لحاظ کردن سلوهای موثر ناحیه‌های مجاور، ۱۲,۳۷ کیلومتر می‌باشد که نسبت به حالت سلوهای تلفیقی و بدون لحاظ کردن سلوهای موثر ناحیه‌های مجاور، ۳۳ درصد کاهش داشته است.

۵. نتیجه گیری

در این مقاله، به ارائه مدلی برای مکان‌یابی تسهیلات حساس و مشخصاً مراکز نظامی پرداخته شد. مدل مکان‌یابی ارائه شده با تفاوت قائل شدن بین ماهیت عمومی، نامطلوب و نظامی این تسهیلات و لحاظ کردن هر سه جنبه فوق، توسعه داده شده است. مدل به صورت الگوریتمی چندمرحله‌ای می‌باشد که از ترکیب مدل هیبریدی، فرآیند تحلیل شبکه (ANP)، تکنیک تاکسونومی عددی بهبود یافته و مدل کمی P-dispersion تشکیل شده است. در این مدل به منظور سهولت بررسی، محدوده مکانی به صورت سلوهای هم اندازه، شبکه بنده گردید؛ از مدل هیبریدی برای کوچکتر کردن ابعاد مساله و حذف گزینه‌های غیرضرری، کننده معیارهای بحرانی (غیرجبرانی) استفاده شد؛ با استفاده از تکنیک تاکسونومی عددی بهبود یافته به دسته بنده تسهیلات و سلوهای مکانی و تقلیل تعداد آنها پرداخته شد؛ از فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای ارزیابی وضعیت گزینه‌ها که شامل تسهیلات و سلوهای مکانی بودند استفاده گردید؛ از مدل کمی P-dispersion نیز به منظور ایجاد حداکثر پراکندگی بین سلوهای انتخاب شده جهت استقرار تسهیلات استفاده گردید.

مدل ارائه شده، اولین مدل توسعه داده شده جهت مکان‌یابی تسهیلات حساس نظامی می‌باشد که هر سه ماهیت عمومی، نامطلوب و نظامی آنها را پوشش می‌دهد. با توجه به وسعت بسیار زیاد منطقه‌های مورد بررسی و تعدد تسهیلات، مدل ارائه شده، امر مکان‌یابی تسهیلات مربوطه را تسهیل می‌نماید. در این مدل به خوبی از ترکیب چندین مدل مفید استفاده شده است. با استناد به نتایج بدست آمده در مثال موردی، نگرانی‌های مربوط به ماهیت دفاع غیرعامل تسهیلات نظامی، با استفاده از این مدل تا حدود زیادی برطرف می‌شود.

در مدل توسعه داده شده، سلوهای مکانی به صورت هم اندازه و به شکل‌های منظم هندسی ایجاد گردیدند، با توجه به متفاوت بودن فضاهای مورد نیاز جهت احداث و انجام ماموریت صنایع مختلف و تامین عوامل خاص پدافند غیرعامل آنها، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، از سلوهای با ابعاد مختلف و بعلاوه شکل‌های غیرمنظم هندسی که به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشند استفاده شود.

- [11] Ratnick SJ, White AL. A risk-sharing model for locating noxious facilities. Environment and Planning B 1988; 15(2): pp. 165–79.
- [12] List, G.F., Mirchandani, PB. *An Integrated Network/planar Multiobjective Model for Routing and Siting for Hazardous Materials and Wastes*. Transportation Science 1991; 25(2): pp. 146–56.
- [13] Rahman, M., Kuby, M., *A Multiobjective Model for Locating Solid Waste Transfer Facilities Using an Empirical Opposition Function*. INFOR 1995; 33(1):pp. 34–49.
- [14] Giannikos, I., *A Multiobjective Programming Model for Locating Treatment Sites and Routing Hazardous Wastes*. European Journal of Operational Research 1998; 104(2):pp. 333–42.
- [15] Zhang, F.G., Melachrinoudis, E., *The Maximin-Maxisum Network Location Problem*. Computational Optimization and Applications 2001; 19(2): pp. 209–34.
- [16] Skriver, AJV, Andersen, K.A., *The Bicriterion Semi-Obnoxious Location (BSL) Problem Solved by an Approximation*. European Journal of Operational Research 2001; 146(3): pp. 517–28.
- [17] Brown, P.A., Gibson, D, F., *A Quantified Model for Facility Site Selection Applied To A Multipoint Location Problem*. AIIE Transactions, Vol. 4, 1972, pp.1-10.
- [18] Buffa, E.S., Sarin, R.K., *Modern Production and Operations Management*. 8th edition, New York, John Wiley & Sons, 1987.
- [19] Zanjirani Farahani, R., Asgari, N., *Combination of MCDM and Covering Techniques in a Hierarchical Model for Facility Location: A Case Study*. European Journal of Operational Research 2007; 176: pp. 1839–1858.
- [20] Tuzkaya, G., Onut, S., Tuzkaya, U., Gulsun, B., *An Analytic Network Process Approach for Locating Undesirable Facilities: An Example From Istanbul, Turkey*. Journal of Environmental Management 2008; 88: pp. 970–983.
- [21] Love, R.F., Morris, J.G., Wesolowsky, G.O., *Facility Location Models & Methods*. Elsevier Science Publishing Co, 1988.