فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج – سال یازدهم / شماره ۳۵/ بهار ۱۳۹۵

ارائه ی مدل ترکیبی از متوسط وزنی فازی مبتنی بر امتیازات چپ و راست و سلسله مراتبی فازی برای مکانیابی انبار کارخانه

جلال رضائی نور(نویسنده مسؤول)
استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه قم، قم، ایران
Email: j.rezaee@qom.ac.i
مونا ترابی
کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه قم، قم، ایران
ناهید بابایی
کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه قم، قم، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱ * تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۸

چکیده

تعیین محل بخش های مختلف کارخانه، یکی از کلیدی‌ترین گامهای تأسیس و با مدیریت صحیح جریان مواد و محصولات کارخانجات می باشد . به دلیل ساختار و شرایط موجود، بسیاری از کارخانه های موجود در کشور پس از چند سال ممکن است نیازمند گسترش مساحت و یا افزایش تولید و یا حتی بازنگری در ساختار سنتی گذشته باشند؛ و لذا نیازمند تغییرات در ساختار مکانی و یا ایجاد مکان های جدید می باشد. لذا هدف از این پژوهش ارائه مدلی جدید برای حل مسائل مکانیابی می باشد. به این منظور برای وزن دهی و رتبه بندی روش ترکیبی جدیدی از سلسله مراتبی فازی (AHP فازی) و متوسط فازی مبتنی بر امتیازات چپ و راست (FWA) ارائه گردیده است. که به طور موردی در این پژوهش مکان یابی یک بخش از کارخانه تولید لوازم خانگی مورد بررسی قرار گرفته است. در کارخانه مورد بررسی به دلیل تصمیم مدیریت مبنی بر تولید داخلی برخی از قطعاتی که تا کنون به صورت قطعه نهایی از کشورهای خارجی دریافت می گردیده است ، برخی از سوله هایی که در گذشته به عنوان انبار برای انباشت قطعات مورد استفاده قرار می گرفته است اکنون به عنوان محل نصب دستگاههای جدید مورد استفاده قرار خواهد گرفت و لذا بایستی به دنبال مکانی جدید در کارخانه به منظور انبار کردن قطعات بود. تا هم بتوان از فضای موجود به صورت بهینه استفاده نمود و هم هزینه های مرتبط با آن را به حداقل ممکن کاهش داد .که به این منظور ابتدا جلساتی در سطوح کارشناسان و مدیران به منظور تعیین پارامترهای مهم برای انتخاب، صورت گرفته و سپس با استفاده از مدل ارائه شده به حل مساله مورد نظر پرداخته شد.

کلمات کلیدی: مکان یابی، وزن دهی، رتبه بندی، سلسله مراتبی فازی، متوسط فازی مبتنی بر امتیازات چپ و راست.

۱- مقدمه

تعیین محل بخش های مختلف کارخانه، یکی از کلیدی‌ترین گام‌های تأسیس کارخانه است، چرا که نتایج این تصمیم در درازمدت ظاهر شده، اثرات بسزایی از بعد اقتصادی، محیط زیست، مسایل اجتماعی و ... دارد. یکی از جنبه‌های اثرات درون سازمانی، تاثیر مستقیم آن در سوددهی کارخانه خواهد بود. تعیین محل کارخانه از نظر اقتصادی نقش مهمی در میزان سرمایه گذاری اولیه به هنگام تاسیس کارخانه دارد. همچنین هنگام بهره برداری طرح، این تصمیم‌گیری، تاثیر کلیدی در قیمت تمام شده کالا/خدمت دارد.(Sepehri,2012) احداث یک یا چند واحد صنعتی در مکان‌های بهینه و در بهترین وضعیت ممکن، نه تنها گردش مواد و خدمات به مشتریان را بهبود می‌بخشد، بلکه کارخانه را در یک وضعیت مطلوب قرار می‌دهد. تصمیم‌های مرتبط با انتخاب و فراگیری ویژگی‌های مکان‌یابی یک مرکز، می‌تواند اثر بزرگی بر توانایی کسب و حفظ مزیت رقابتی باشد. انجام مطالعات مکان‌یابی درست و مناسب، علاوه بر تاثیر اقتصادی بر عملکرد واحد صنعتی، اثرات اجتماعی، محیط زیستی، فرهنگی و اقتصادی در منطقه محل احداث خود خواهد داشت. در ضمن ویژگی‌های منطقه‌ای نیز به عنوان عوامل کلیدی موثر در تعیین محل در مسایل مکان‌یابی محسوب می‌شوند(Ziari,2011).

در هر کشوری سیاست‌گزاری‌ها باید در جهتی باشد که به استقلال و خودکفایی و کاهش وابستگی در زمینه‌های مختلف اقتصادی، سیاسی، فرهنگی و اجتماعی منجر گردد. یکی از راه‌های خودکفایی و عدم وابستگی، برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع و امکانات موجود در کشور بر اساس قابلیت های مناطق مختلف می‌باشد. در بخش صنعت نیز ابتدا باید منابع و قابلیت های مناطق مختلف کشور شناسایی و سپس اقدام به استقرار و توسعه گروه‌های مختلف صنعتی شود. تعیین محل کارخانه یکی از موضوع‌های بسیار مهم در احداث واحدهای صنعتی است که متاسفانه در ایران به آن توجه کافی نشده است. در تمامی کشورها سیاست‌گزاران بخش صنعت مجبور به اتخاذ سیاست‌های مناسب برای مکان یابی صنایع هستند. هدف مدیران فراهم کردن ابزاری برای مکان‌یابی است تا مزایای استراتژیکی بلند مدت را تامین کند. مکان مناسب نقش مهمی در رقابت‌پذیری یک شرکت در بازار داشته و باید به گونه ای انتخاب شود که باعث دستیابی به مزایای استراتژیک در مقایسه با سایر رقبا شود. تصمیم‌گیری در مورد مکان‌یابی تسهیلات عمدتا از تصمیم‌گیری های بلندمدت و استراتژیک است. در این تصمیم‌گیری اهداف مختلفی باید مورد توجه قرار گیرند که بعضا با یکدیگر تعارض دارند لذا با توجه به لزوم در نظر گرفتن شاخص های متعدد در این مساله، روش های تصمیم گیری چند معیاره برای حل آن بسیار مناسب می‌باشد. چرا که مدل‌های تصمیم‌گیری بر رتبه‌بندی و انتخاب مناسب‌ترین گزینه از بین گزینه‌های موجود تاکید دارند.

لذا هدف این پژوهش ارائه‌ی مدل ترکیبی جدید به منظور وزن‌دهی به شاخص‌ها و انتخاب بهترین گزینه به وسیله‌ی متغیرهای زبانی می‌باشد، در این خصوص ابتدا به بیان چندی از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه پرداخته خواهد شد و پس از آن مدلی جدید ترکیبی برای حل مساله مکان‌یابی ارائه خواهد گردید، در بخش آخر نیز تجزیه و تحلیل اطلاعات مربوط به یک شرکت تولید لوازم خانگی مورد بررسی قرار گرفته و با مدل ارائه شده به حل مساله پرداخته خواهد شد.

پیشینه علم مکان‌یابی به قرن هفدهم میلادی و به مساله فرما بر می‌گردد. مساله‌ای که در آن با فرض مشخص بودن مکان سه نقطه در صفحه، می‌بایست نقطه چهارم را به‌گونه‌ای یافت که مجموع فاصله آن نقطه تا سه نقطه مفروض کمینه شود. توسعه‌ی این علم از اوایل قرن بیستم آغاز شد. شرایط متفاوت موجود در مسائل مطرح شده باعث پدید آمدن انواع خاصی از این مساله شد(Hakimi,1964). مسائلی چون مکان‌یابی مراکز صنعتی، مکان‌یابی تسهیلات، مکان‌یابی رقابتی، مکان‌یابی هاب و بسیاری دیگر که مجال بیان نیست. ماهیت مسائل مکان‌یابی که در آن بایستی یک مکان از میان گزینه‌های مختلف با توجه به معیارها و محدودیت‌های مختلف گزینش گردد موجب گردید برای حل اینگونه مسائل از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده گردد تا بتوان محدودیت‌ها و معیارهای مختلف را برای انتخاب مناسب‌ترین مکان لحاظ کرد(Jabal Ameli, 2008).

یکی از روش‌های بسیار معروف در این زمینه روش تحلیل سلسله مراتبی است که توسط ساعتی در دهه‌ی ۱۹۷۰ ارائه شد (Lee, 1997).

با وجود کاربرد بسیار گسترده و موفق AHP در بسیاری مسائل تصمیم‌گیری، همیشه یک انتقاد بر آن وارد است و آن ناتوانی روش در مدیریت عدم قطعیت ناشی از انتساب اعداد صحیح به درک تصمیم‌گیران است. راه‌کار طبیعی مقابله با قضاوت‌ها یا

تصمیم‌های غیرقطعی، استفاده از مجموعه‌های فازی یا اعداد فازی در بیان نسبت‌های مقایسه است(Esmaielpour, 2015). در این خصوص پژوهش‌های مختلفی در زمینه‌های مختلف صورت گرفت. به عنوان نمونه شاوردی(Shaverdi, 2014)، اسماعیل پور و سلیمانی (Esmaielpour, 2015) به تحقیقاتی در این خصوص پرداختند. روش جدید دیگری که در این خصوص ارائه شده است روش متوسط وزنی فازی مبتنی بر امتیازات چپ و راست می‌باشد. روش متوسط وزنی فازی ابتدا توسط دانگ و وانگ بر اساس یک برش و تجزیه و تحلیل فاصله ترکیبی ارائه شد(Chang, 2014). پس از آن برای ساده کردن فرآیند محاسباتی لیو و وانگ روش متوسط وزنی فازی بهبود یافته[1] را پیشنهاد کردند(Liu, 2008). در سال‌های متمادی این روش با متدها و مدل های مختلف ارائه گردید. به عنوان نمونه هون در سال ۱۹۹۶، چو در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۰۳، چانگ در سال ۲۰۰۴، به ارائۀ تحقیقاتی در خصوص این تکنیک پرداختند(Chang, 2004)؛ تا در سال ۲۰۱۱ روش جدید از این مدل مبتنی بر امتیازات چپ و راست توسط مختاریان ارائه گردید(Mokhtarian, 2011). که مرور این پژوهش ها در جدول ۱ آمده است.

جدول شماره (۱): مرور ادبیات

عنوان پژوهش	نام نویسنده	سال انتشار	شرح
Application of Fuzzy AHP Approach for Financial Performance Evaluation of Iranian Petrochemical Sector	Meysam Shaverdi	۲۰۱۴	این پژوهش به ارزیابی عملکرد هفت شرکت فعال در زمینۀ پتروشیمی با استفاده از فرآیند سلسله مراتبی فازی و تحلیلی پرداخته است.
اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های مدیریت ارتباط با مشتری با استفاده ی ترکیبی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ی فازی	رضا اسماعیل پور و همکاران	۱۳۹۳	از مدل های FAHP و FVIKOR برای رتبه بندی و اولویت دهی ریسک های پروژه های مدیریت ارتباط با مشتری در صنعت بانکداری می پردازد.
ارائه مدلی برای انتخاب مدیران بخش صنعت سازمانهای صنعت، معدن و تجارت با استفاده از ای اچ پی فازی	محمدرضا محمدی سلیمانی و همکاران	۱۳۹۳	در این پژوهش از با استفاده از ای اچ پی فازی به رتبه بندی مدیران بخش صنعت پرداخته شده است.
An approach for ranking of fuzzy numbers.	T.-C. Chu &Herein	۲۰۰۳	برای حل مشکل ذکر شده یک روش بنام مرکز ثقل براساس روش FWA برای رتبه بندی ارائه شده است.
A Centroid Based Fuzzy Weighted Average for Ranking Alternatives	Ta Chung Chu nd P.A.H. Nguyen	۲۰۱۴	مدل ارائه شده در این مقاله قادر به رتبه بندی با اعداد فازی بصورت دقیق نمی باشد و محاسبات آن بسیار طولانی می باشد
An efficient algorithm for fuzzy weighted average	Dong Hoon and Lee Daihee Park	۱۹۹۷	مدل IFWA برای ترکیب اطلاعات در سیستم های هوشمند چند سنسوره ارائه گردیده است
Applying the Fuzzy-Weighted-Average Approach to Evaluate Network Security Systems	PING TENG CHANG* AND KuO-CHEN HUNG	۲۰۰۴	از مدل FWA برای ارزیابی سیستم های امنیتی شبکه استفاده کرده است.

[1] IFWA

A new fuzzy weighted average (FWA) method based on left and right scores: An application for determining a suitable location for a gas oil station	M.N. Mokhtarian	۲۰۱۱	این پژوهش به ارائهٔ مدل متوسط وزنی فازی مبتنی بر امتیازات چپ و راست برای تعیین مکان مناسب برای ایستگاههای نفت و گاز می پردازد.

۲- مواد و روشها

با توجه به اینکه هدف اصلی این مقاله انتخاب مناسب‌ترین گزینه برای مکان‌یابی یک بخش مهم از کارخانه تولید لوازم خانگی می‌باشد لذا ابتدا شاخص‌های مهم برای انتخاب مکان و همچنین گزینه‌های پیشنهادی برای مکان مورد نظر مطرح خواهد گردید، سپس با استفاده از اعداد فازی ماتریس مقایسات زوجی بین معیارهای مختلف و همچنین مقادیر مربوط به گزینه‌های پیشنهادی در مقایسه با هر یک از معیارها توسط تیم کارشناسی تعیین می‌گردد. برای وزن‌دهی شاخص‌ها و همچنین گزینه‌های پیشنهادی از روش سلسله مراتبی فازی استفاده می‌شود، سپس با توجه به وزن‌های محاسبه شده برای هر یک از گزینه‌های موجود برای مکان جدید به رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از روش متوسط وزنی فازی با استفاده از امتیازات چپ و راست می‌پردازیم.

در روش AHP فازی، نخست به محاسبه وزن اولیه شاخص ها و آلترناتیوها پرداخته می‌شود. اگر اعداد فازی به صورت مثلثی باشد، به صورت (L_i, m_i, u_i) نشان داده می شود در این صورت با استفاده از فرمول های زیر به محاسبهٔ S_i برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی می پردازیم:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} \qquad (۱)$$

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \qquad (۲)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \qquad (۳)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \qquad (۴)$$

پس از محاسبه اوزان اولیه به نرمال کردن این اوزان و پس از آن به محاسبهٔ امتیازات چپ و راست هر شاخص و هریک از آلترناتیوها و اولویت‌بندی آن‌ها پرداخته می‌شود.

در شرایط سوددهی:

$$(\tilde{y}_{ij})_N = ((l_{ij})_N, (m_{ij})_N, (u_{ij})_N)$$
$$= \left(\frac{l_{ij} - l_j^{\min}}{\Delta_{Min}^{Max}}, \frac{m_{ij} - l_j^{\min}}{\Delta_{Min}^{Max}}, \frac{u_{ij} - l_j^{\min}}{\Delta_{Min}^{Max}} \right), \qquad (۵)$$
$$i = 1, \ldots, n; j \in \Omega_m$$

در شرایط هزینه ای:

$$(\tilde{y}_{ij})_N = ((l_{ij})_N, (m_{ij})_N, (u_{ij})_N)$$
$$= \left(\frac{u_{ij} - u_j^{\min}}{\Delta_{Max}^{Min}}, \frac{m_{ij} - u_j^{\min}}{\Delta_{Max}^{Min}}, \frac{l_{ij} - u_j^{\min}}{\Delta_{Max}^{Min}} \right),$$
$$i = 1, \ldots, n; j \in \Omega_u,$$
$$u_j^{Max} = Max\, u_{ij}, \qquad (۶)$$
$$l_j^{Min} = Min\, l_{ij},\ i = 1, \ldots, n;$$
$$\Delta_{Min}^{Max} = u_j^{Max} - l_j^{Min},$$
$$\Delta_{Max}^{Min} = l_j^{Min} - u_j^{Max},$$

سپس به محاسبه امتیازات چپ و راست می پردازیم:

$$(\mathrm{L_s})_{\tilde{\mathrm{k}}} = \sup_x[\mu_{\tilde{\mathrm{k}}}(\mathrm{x}) \wedge \mu_{\min}(\mathrm{x})] \quad (۷)$$

$$(R_{\mathrm{s}})_{\tilde{\mathrm{k}}} = \sup_x[\mu_{\tilde{\mathrm{k}}}(\mathrm{x}) \wedge \mu_{\max}(\mathrm{x})] \quad (۸)$$

$$(R_{\mathrm{s}})_{\mathrm{ij}} = \frac{(u_{\mathrm{ij}})_N}{1+(u_{\mathrm{ij}})_{\mathrm{N}} - (m_{\mathrm{ij}})_{\mathrm{N}}} \quad (۹)$$

حال فرض کنیم n آلترنتیو و m تصمیم شرطی داشته باشیم:

$$\tilde{\theta}_{\mathrm{ij}} = \frac{\tilde{\omega}_1\tilde{y}_{i1} + \tilde{\omega}_2\tilde{y}_{i2} + \ldots + \tilde{\omega}_m\tilde{y}_{im}}{\tilde{\omega}_1 + \tilde{\omega}_2 + \ldots + \tilde{\omega}_m} = \frac{\sum_{i=1}^{m}(\tilde{\omega}_{\mathrm{j}} * \tilde{\mathrm{y}}_{\mathrm{ij}})}{\sum_{j=1}^{m}\tilde{\omega}_j} \quad (۱۰)$$

در مرحله بعد به تشکیل ماتریسی پرداخته شده که شامل فواصل از امتیازات چپ و راست است:

$$((\mathrm{L}_S),(R_S))_{(\tilde{\mathrm{Y}})_N} = \begin{pmatrix} [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_{11} \ldots\ldots [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_{1m} \\ [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_{i1} \ldots\ldots [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_{im} \\ [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_{n1} \ldots\ldots [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_{nm} \end{pmatrix} \quad (۱۱)$$

$$((\mathrm{L}_S),(R_S))_{(\tilde{w})_N} = ([(\mathrm{L}_S),(R_S)]_1 \ldots \ldots [(\mathrm{L}_S),(R_S)]_m)$$

محاسبه FWA:

$$\theta_{\mathrm{i}} = \frac{\omega_1 r_{i1} + \omega_2 r_{i2} + \ldots + \omega_m r_{im}}{\omega_1 + \omega_2 + \ldots + \omega_m} = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\omega_{\mathrm{j}},{}^{*}r_{\mathrm{ij}})}{\sum_{j=1}^{m}\omega_j} \quad (۱۲)$$

$$,i=1,\ldots,n$$

$$(\mathrm{L}_S)_{\mathrm{j}} \le \omega_i \le (\mathrm{R}_S)_{\mathrm{j}}, j=1,\ldots,m$$

$$(\mathrm{L}_S)_{\mathrm{ij}} \le r_{ij} \le (\mathrm{R}_S)_{\mathrm{ij}}, j=1,\ldots,m \quad (۱۳)$$

$$(\theta_{\mathrm{i}})^L = Min = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\omega_{\mathrm{j}} * r_{\mathrm{ij}})}{\sum_{j=1}^{m}\omega_j}$$

$$s.t.$$

$$(\mathrm{L}_S)_{\mathrm{j}} \le \omega_j \le (\mathrm{R}_S)_{\mathrm{j}}, \quad (۱۴)$$

$$j=1,\ldots,m$$

$$(\mathrm{L}_S)_{\mathrm{ij}} \le r_{ij} \le (\mathrm{R}_S)_{\mathrm{ij}},$$

$$j=1,\ldots,m$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

$$(\theta_i)^U = Max = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\omega_j * r_{ij})}{\sum_{j=1}^{m}\omega_j}$$

$$s.t. \quad (L_S)_j \le \omega_j \le (R_S)_j, \quad j=1,\dots,m \quad (L_S)_{ij} \le r_{ij} \le (R_S)_{ij}, \quad j=1,\dots,m \qquad (۱۵)$$

$$(\theta_i)^L = Min = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\omega_j * (L_S)_{ij})}{\sum_{j=1}^{m}\omega_j} \qquad (۱۶)$$

$$s.t. \quad (L_S)_j \le \omega_j \le (R_S)_j, \quad j=1,\dots,m$$

$$(\theta_i)^U = Max = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\omega_j * (R_S)_{ij})}{\sum_{j=1}^{m}\omega_j} \qquad (۱۷)$$

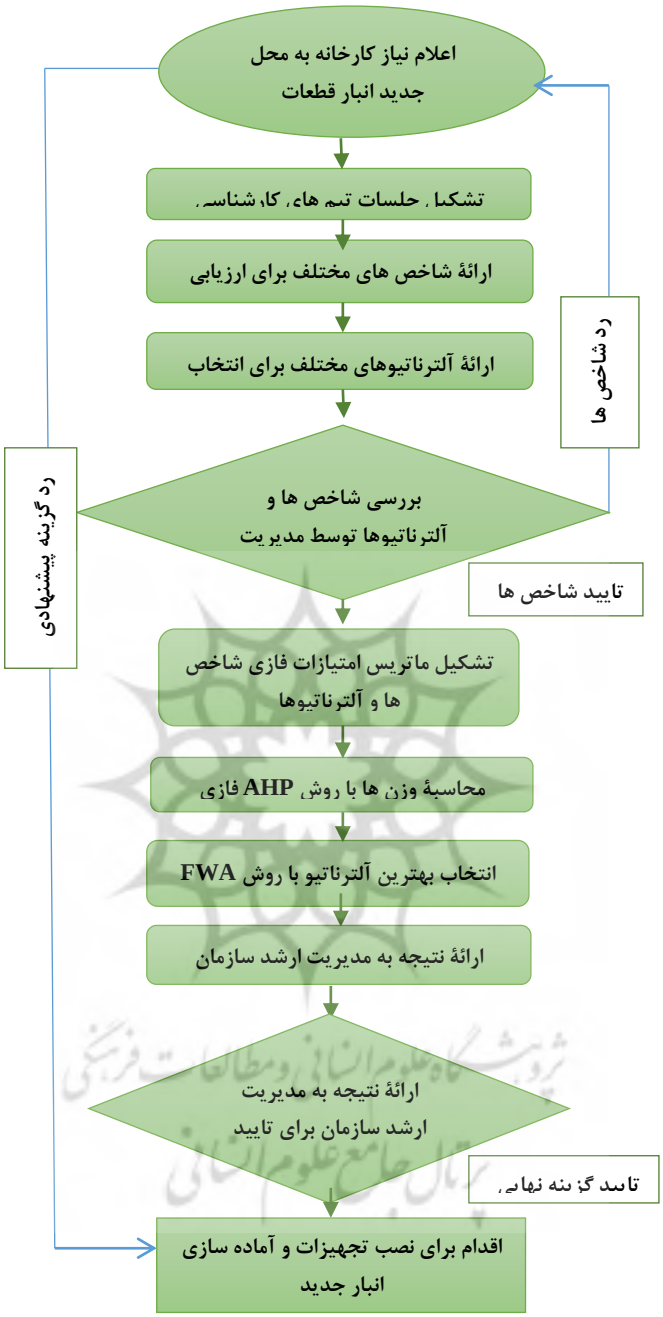
$$s.t. \quad (L_S)_j \le \omega_j \le (R_S)_j, \quad j=1,\dots,m$$

در نهایت رتبه‌بندی نهایی عبارت است از:

$$((\theta_i))_{Average} = \frac{(\theta_i)^U + (\theta_i)^L}{2}, \quad i=,\dots,n \qquad (۱۸)$$

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

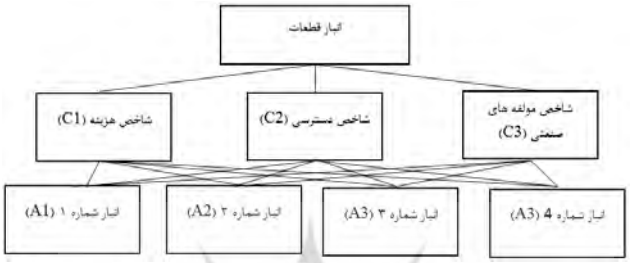
مراحل انجام پژوهش



۳- نتایج و بحث

در سال‌های اخیر توجه به بومی‌سازی و خودکفایی در کشور افزایش یافته است. لذا تلاش بر این است که انتقال تکنولوژی به کشور با سرعت بیشتری صورت گیرد. به همین منظور یکی از کارخانه‌های تولید لوازم خانگی واقع در بزرگراه فتح تهران که با مساحتی در حدود پنج هزار مترمربع و حدود سیصد نفر نیروی انسانی در حال فعالیت در زمینه‌ی تولید محصولات و لوازم خانگی می‌باشد، تصمیم به بومی‌سازی برخی از قطعاتی که تا قبل از این به صورت ساخته شده به کشور وارد می‌شد، گرفته است. به همین دلیل، بایستی تغییراتی در ساختار کارخانه به منظور استفاده برای مکان‌های جدید صورت گیرد. در همین راستا مکان‌هایی از کارخانه به منظور انتخاب برای انبار جدید که محل انباشت قطعات و مواد اولیه می باشد بایستی انتخاب گردد. از آنجایی که در

این انتخاب معیارهای مختلفی باید مورد بررسی قرار گیرد، از این مدل برای انتخاب مکان مذکور استفاده شده است. در این پژوهش برای مکان‌یابی انبار کارخانه در ابتدا به منظور شناسایی بهتر، شاخص‌هایی به کمک جلسات متعدد در تیم‌های کارشناسی و مدیریتی شناسایی شد. شاخص‌های اصلی مکان‌یابی عبارتند از: هزینه، دسترسی و مولفه‌های صنعتی. هر یک از این شاخص‌های اصلی خود دارای شاخص‌های فرعی می باشد که به ترتیب عبارتند از: شاخص هزینه شامل هزینه لیفتراک مورد نیاز برای جابه‌جایی، هزینه نیروی انسانی به منظور جابه‌جایی، هزینه ضایعات قطعات در حین انتقال؛ شاخص دسترسی شامل دسترسی به سالن تولید، دسترسی به درب ورودی کارخانه، دسترسی به انبارهای دیگر در کارخانه؛ شاخص مولفه‌های صنعتی شامل شرایط مناسب در صورت امکان توسعه صنعتی کارخانه در آینده، امکان تجهیز کردن انبار به قفسات با توجه به شرایط موجود، داشتن امکانات عمومی و زیر بنایی. در شکل شماره‌ی ۱ تمامی شاخص‌های اصلی و فرعی به صورت کلی نشان داده شده است.



شکل شماره(۱): نمودار سلسله‌مراتبی مساله

اعداد مربوط به متغیرهای زبانی مورد استفاده در این پژوهش در جدول شمارهٔ یک آمده است:

جدول شماره(۲): متغیرهای زبانی

مفاهیم ضمنی	اعداد فازی	معکوس اعداد فازی
خیلی کم	(۰،۰،۱)	(۰،۰،۱)
کم	(۰،۱،۳)	(۱، ۰/۳۳، ۰)
تقریبا کم	(۵، ۳، ۱)	(۱، ۰/۳۳، ۰/۲)
متوسط	(۷، ۵، ۳)	(۰/۳۳، ۰/۲، ۰/۱۴)
تقریبا زیاد	(۹، ۷، ۵)	(۰/۲، ۰/۱۴، ۰/۱۱)
زیاد	(۱۰، ۹، ۷)	(۰/۱۴، ۰/۱۱، ۰/۱)
خیلی زیاد	(۱۰، ۱۰، ۹)	(۰/۱۱، ۰/۱، ۰/۱)

برای مقایسه درجهٔ اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر ماتریس مقایسات زوجی در جدول شمارهٔ ۳ آمده است:

جدول شماره (۳): ماتریس مقایسات زوجی معیارها

	C1	C2	C3	S (i)
C1	(۳ ،۵ ،۷)	(۵ ،۷ ،۹)	(۱۰ ،۱۰ ،۹)	(۰/۳۴ ،۰/۵۵ ،۰/۹۱)
C2	(۰/۱۱ ،۰/۱۴ ،۰/۲)	(۳ ،۵ ،۷)	(۵ ،۷ ،۹)	(۰/۱۶ ،۰/۳ ،۰/۵۷)
C3	(۰/۱ ،۰/۱ ،۰/۱۱)	(۰/۱۴ ،۰/۲ ،۰/۱۱)	(۳ ،۵ ،۷)	۰/۰۶ ،۰/۱۳ ،۰/۲۵)

ماتریس مقایسهِی آلترناتیوهای مختلف از لحاظ معیار هزینه در جدول شمارهٔ ۴ آمده است:

جدول شماره(۴): ماتریس مقایسات زوجی آلترناتیوها در معیار هزینه

	A1	A2	A3	A4	S (i)
A1	(۳ ،۵ ،۷)	(۰،۱،۳)	(۱ ،۳ ،۵)	(۳ ،۵ ،۷)	(۰/۰۹ ،۰/۲۶ ،۰/۶۵)
A2	(۰ ،۰/۳۳ ،۱)	(۳ ،۵ ،۷)	(۵ ،۷ ،۹)	(۷ ،۹ ،۱۰)	(۰/۲ ،۰/۴ ،۰/۷۷)

A3	(۰/۲ ،۰/۳۳ ،۰/۱)	(۰/۲ ،۰ ،۰/۱۱/۱۴)	(۷ ،۵ ،۳)	(۹ ،۷ ،۵)	(۰/۵۱ ،۰/۲۳ ،۰/۱۱)
A4	(۰/۳۳ ،۰ ،۰/۱۴/۲)	(۰/۱۴ ،۰ ،۰/۱/۱۱)	(۰/۲ ،۰ ،۰/۱۱/۱۴)	(۷ ،۵ ،۳)	(۰/۲۳ ،۰/۱ ،۰/۰۴)

ماتریس مقایسهٔ آلترناتیوهای مختلف از لحاظ معیار دسترسی در جدول شمارهٔ ۵ آمده است:

جدول شماره(۵): ماتریس مقایسات زوجی آلترناتیوها در معیار دسترسی

	A1	A2	A3	A4	S (i)
A1	(۷ ،۵ ،۳)	(۱۰ ،۱۰ ،۹)	(۱۰ ،۹ ،۷)	(۱۰ ،۹ ،۷)	(۰/۷ ،۰/۴۶ ،۰/۳)
A2	(۰/۱۱ ،۰ ،۰/۱/۱)	(۷ ،۵ ،۳)	(۰/۲ ،۰/۱۴ ،۰/۱۱)	(۰/۱۴ ،۰/۱۱ ،۰/۱)	(۰/۱۴ ،۰/۰۷ ،۰/۰۴)
A3	(۰/۱۴ ،۰/۱۱ ،۰/۱)	(۹ ،۷ ،۵)	(۷ ،۵ ،۳)	(۹ ،۷ ،۵)	(۰/۴۸ ،۰/۲۷/۰ ،۰/۱۵)
A4	(۰/۱۴ ،۰/۱۱ ،۰/۱)	(۱۰ ،۹ ،۷)	(۰/۲ ،۰/۱۴ ،۰/۱۱)	(۷ ،۵ ،۳)	(۰/۳۳ ،۰/۲ ،۰/۱۱)

ماتریس مقایسهٔ آلترناتیوهای مختلف از لحاظ معیار مولفه های صنعتی در جدول شمارهٔ ۶ آمده است:

جدول شماره(۶): ماتریس مقایسات زوجی آلترناتیوها در معیار مولفه های صنعتی

	A1	A2	A3	A4	S (i)
A1	(۷ ،۵ ،۳)	(۰/۲ ،۰/۱۴ ،۰/۱۱)	(۹ ،۷ ،۵)	(۱۰ ،۹ ،۷)	(۰/۵۴ ،۰/۳۳ ،۰/۲)
A2	(۹ ،۷ ،۵)	(۷ ،۵ ،۳)	(۹ ،۷ ،۵)	(۱۰ ،۹ ،۷)	(۰/۷۲ ،۰/۴۱ ،۰/۲۱)
A3	(۰/۲ ،۰/۱۴ ،۰/۱۱)	(۰/۲ ،۰/۱۴ ،۰/۱۱)	(۷ ،۵ ،۳)	(۹ ،۷ ،۵)	(۰/۳۴ ،۰/۱۰/۱۸)
A4	(۰/۱۱ ،۰/۱ ،۰/۱)	(۰/۱۴ ،۰/۱ ،۰/۱)	(۰/۲ ،۰/۱۴ ،۰/۱۱)	(۷ ،۵ ،۳)	(۰/۱۵ ،۰/۰۸ ،۰/۰۴)

محاسبه امتیازات شاخص ها در جدول شماره ۷ آمده است:

جدول شماره(۷): محاسبات امتیازات شاخص ها

	وزن فازی	وزن نرمال شده	امتیازات چپ و راست
C1	(۰/۳۴ ،۰/۵۵ ،۰/۹۱)	(۰ ،۰/۴۲ ،۰/۶۷)	(۰/۲۹ ،۰/۵۴)
C2	(۰/۱۶ ،۰/۳ ،۰/۵۷)	(۰/۱۲ ،۰/۲۸ ،۰/۶)	(۰/۲۴ ،۰/۴۵)
C3	(۰/۰۶ ،۰/۱۳ ،۰/۲۵)	(۰ ،۰/۰۸ ،۰/۲۲)	(۰/۰۷ ،۰/۱۹)

در جدول شماره ۸ به محاسبه امتیازات آلترناتیوها در هر شاخص پرداخته می شود:

جدول شماره(۸): امتیازات آلترناتیوها

شاخص ها	آلترنا تیوها	وزن فازی	وزن نرمال شده	امتیازات چپ و راست
C1	A1	(۰/۰۹ ،۰/۲۶ ،۰/۶۵)	(۰/۱۶ ،۰/۷ ،۰/۹۳)	(۰/۴۵ ،۰/۷۶)
	A2	(۰/۲ ،۰/۴ ،۰/۷۷)	(۰ ،۰/۵ ،۰/۷۸)	(۰/۳۳ ،۰/۶)
	A3	(۰/۱۱ ،۰/۲۳ ،۰/۵۱)	(۰/۳۵ ،۰/۷۴ ،۰/۹)	(۰/۵۳ ،۰/۷۷)
	A4	(۰/۰۴ ،۰/۱ ،۰/۲۳)	(۰/۷۴ ،۰/۹۲ ،۱)	(۰/۷۸ ،۰/۹۳)
C2	A1	(۰/۳ ،۰/۴۶ ،۰/۷)	(۰/۳۹ ،۰/۶۴ ،۱)	(۰/۵۱ ،۰/۷۳)

	A2	(۰/۰۴ ،۰/۰۷ ،۰/۱۴)	(۰ ،۰/۰۴ ،۰/۱۵)	(۰/۰۴ ،۰/۱۳)
	A3	(۰/۱۵ ،۰/۲۷ ،۰/۴۸)	(۰/۱۷ ،۰/۳۵ ،۰/۶۷)	(۰/۳ ،۰/۵)
	A4	(۰/۱۲ ،۰/۲ ،۰/۳۳)	(۰/۱۲ ،۰/۲۴ ،۰/۴۴)	(۰/۲۱ ،۰/۳۷)
C3	A1	(۰/۲ ،۰/۳۳ ،۰/۵۴)	(۰/۲۳ ،۰/۴۳ ،۰/۷۳)	(۰/۳۶ ،۰/۵۶)
	A2	(۰/۲۳ ،۰/۴۱ ،۰/۷۲)	(۰/۲۸ ،۰/۵۴ ،۱)	(۰/۴۳ ،۰/۶۸)
	A3	(۰/۱ ،۰/۱۸ ،۰/۳۴)	(۰/۰۹ ،۰/۰،۲/۴۴)	(۰/۱۸ ،۰/۳۵
	A4	(۰/۰۴ ،۰/۰۸ ،۰/۱۵)	(۰ ،۰/۰۶ ،۰/۱۶)	(۰/۰۶ ،۰/۱۴)

در نهایت در جدول شماره ۹ به رتبه بندی نهایی گزینه‌ها پرداخته می‌شود:

جدول شماره(۹): رتبه بندی آلترناتیوها

آلترناتیو	FWA Value	Average FWA Value	Rank & Priority
A1	(۰/۴۶ ،۰/۷۲)	۰/۵۹	۱
A2	(۰/۲۲ ،۰/۴۳)	۰/۳۲۵	۴
A3	(۰/۳۹ ،۰/۶)	۰/۴۹۵	۳
A4	(۰/۴۶ ،۰/۵۹)	۰/۵۲۵	۲

همانطور که در جدول دیده می‌شود انبار شماره یک به عنوان بهترین گزینه و انبار شماره دو به عنوان بدترین گزینه برای انبار مورد نظر انتخاب گردید. انبار شماره یک در شاخص‌های مورد بررسی نسبت به آلترناتیوهای مختلف برتری دارد و لذا به عنوان بهترین محل به مدیریت کارخانه اعلام گردیده و پس از تایید ایشان این انبار در اختیار پیمانکاران قرار گرفت تا تجهیزات مورد نیاز آن را آماده‌سازی نمایند.

امروزه به دلیل پیچیدگی نیازهای بشری و به تبع آن، پیچیدگی روزافزون نظام‌های (سیستم‌های) شهری، بدون داشتن نگرش نظام‌مند و تعریف معیارهای دقیق، استفاده از زمین شهری و مکان‌یابی فعالیت‌ها براساس آن، پاسخ‌گویی مناسب به این نیازها مقدور نخواهد بود. در این خصوص مکان‌یابی کارخانه‌ها به ویژه در کشورهای در حال توسعه که احداث و گسترش مکان‌های صنعتی در آن به طور چشم‌گیری دیده می‌شود مورد توجه قرار می‌گیرد. از طرف دیگر بسیاری از صنایع در این کشورها سعی در ایجاد تغییرات و به‌روز سازی تکنولوژی و یا گسترش آن هستند و لذا در این تحقیق به بحث مکان‌یابی یک بخش از کارخانه پرداخته شد و به طور موردی مکان‌یابی انبار کارخانه که به دلیل انباشت سرمایه کارخانه، یکی از بخش‌های بسیار مهم یک واحد صنعتی به شمار می‌رود مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. در کارخانه مورد بررسی بومی‌سازی تکنولوژی موجب گردید تا انبار قطعات قبلی جای خود را به نصب تجهیزات و دستگاه‌های جدید داده و در واقع به عنوان سوله تولید مورد استفاده قرار گیرد و لذا به منظور صرفه‌جویی در هزینه‌های بلند مدت تصمیم به گسترش مساحت اطراف کارخانه گرفته شده و پس از آن طی جلسات متعدد تیم‌های کارشناسی معیارهای مهم برای بهترین انتخاب و همچنین مکان‌های مختلفی که می تواند مورد استفاده قرار بگیرد مطرح گردید. پس از آن به بررسی و مقایسه شاخص‌ها و آلترناتیوهای مختلف پرداخته شد تا ماتریس مقایسات زوجی بین آنها شکل گیرد که با استفاده از مدل ارائه شده در این تحقیق نتیجه نهایی که انتخاب مکان جدید انبار قطعات می باشد به دست آمد. این نتیجه به مدیران کارخانه ارائه گردید و در نهایت طرح مذکور توسط مدیران ارشد سازمان پذیرفته شده و به منظور بهره‌برداری از آن و نصب تجهیزات مورد نیاز، آماده‌سازی گردید. لازم به ذکر است به منظور کاهش خطا در انتخاب‌ها و تعیین اولویت‌ها از اعداد فازی استفاده شده است که موجب رسیدن به پاسخ دقیق‌تر گردد.

٤- منابع

1. Esmaielpour, R. (2015). risk ranking of customer relation management with combination mOdel of fuzzy multi criteria decision making techniques. Operation research and applications magazine
2. Ahadi, H., Ghazanfarirad, F.(2010). Propose a hybrid model of fuzzy multi-criteria decision-making methods for determining the location of specialized industrial park rail. Operation reserarch and applications magazine
3. Jabal Ameli, M. (2008) propose a locating assigning model for sensitive facilities - industrial engineering and production management magazine.
4. Ziari, K. (2011). Locating buried solid waste by using AHP model. Journal of Geography and Environmental Studies.
5. Sepehri, M. (2012) Model reintegration ambulances location is found. International Journal of Industrial Engineering & Production Management.
6. Mohammadi Soleimani, M. (2013). A model of the managers of industry organizations, industry, mine and trade using the HP fuzzy.
7. Alavipoor. F.S. (2016). A geographic information system for gas power plant location using analytical hierarchy process and fuzzy logic, Global J. Environ. Sci. Manage 2(2) 197-207.
8. Charnetski. J.R, Multiple criteria decision making with partial information: a site selection problem, in: Space Location-Regional Development, Pion, London, 1976, 51˚ 62Article
9. Chang. P.T & Hung. K.C. (2004). Applying the Fuzzy-Weighted-Average Approach to Evaluate Network Security Systems, Computers and Mathematics with Applications 49 (2005), 1797-1814.
10. Fortenberry. J.C & Mitra. A, A multiple criteria approach to the location˚allocation problem, Computer and Industrial Engineering 10 (1986), 77˚87.
11. Hakimi. S.L, Optimal locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph, Operations Research 12 (1964), 450˚459.
12. Liu. F. (2008). Aggregation Using the Fuzzy Weighted Average as Computed by the Karnik˚Mendel Algorithms, Ieee Transactions On Fuzzy Systems 16.
13. Mokhtarian. M.N. (2011). A new fuzzy weighted average (FWA) method based on left and right scores: An application for determining a suitable location for a gas oil.
14. Shaverdi. M. (2014). Application of Fuzzy AHP Approach for Financial Performance Evaluation of Iranian Petrochemical Sector, Procardia Computer Science 31(2014), 995 ˚ 1004
15. Lee. H & Park. D, An efficient algorithm for fuzzy weighted average, Fuzzy Sets and Systems 87 (1997), 39-45.
16. Chang Chu. T & Nguyen. P.A.H, A Centroid Based Fuzzy Weighted Average for Ranking Alternatives (2014).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی