الگویی جهت ارزیابی و انتخاب طرح‌های استقرار واحدهای صنعتی با استفاده از روش TOPSIS فازی

علی خاتمی فیروزآبادی[۱]، احمد جعفریان[۲،*]، امیر حسن‌زاده[۱]

[۱]دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی تهران، ایران

[۲]دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی تهران، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

چکیده

روش‌ها و الگوریتم‌های گوناگونی جهت استقرار واحدهای صنعتی توسط متخصصین و محققین تهیه و تنظیم گردیده‌اند، ولی نمی‌توان هیچ روشی را به طور قطع روش بهینه دانست. انتخاب روش یا الگوریتم مناسب در شرایط متفاوت کاری بس دشوار می‌باشد، زیرا معیارهای زیادی در این انتخاب اعم از کیفی و کمی دخیل می‌باشند که تصمیم‌گیری را دشوار می‌سازد. لذا این نوشتار به ارایه یک الگوی تصمیم‌گیری جهت انتخاب بهترین روش از بین روش‌ها و الگوریتم‌های دستی و کامپیوتری می‌پردازد. طرح‌های بهینه استقرار، ابتدا از بین طرح‌ها و روش‌هایی که به نظر متخصصین کارایی بیشتری در واحد صنعتی مربوطه دارند به دست می‌آید. همچنین معیارهایی که جهت انتخاب طرح بهینه در همان شرکت اهمیت بالاتری نسبت به دیگر معیارها دارند، به صورت متغیرهای زبانی، توسط آزمون فرض میانگین هر معیار به وسیله متخصصین همان واحد صنعتی انتخاب می‌گردند. در انتها توسط روش تصمیم گیری FTOPSIS، مناسب‌ترین روش با توجه به شرایط واحد صنعتی مورد نظر به دست می‌آید.

واژه‌های کلیدی: استقرار واحدهای صنعتی، طرح بهینه استقرار، مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه، TOPSIS، منطق فازی.

۱- مقدمه

استقرار واحدهای صنعتی یکی از مهم‌ترین مراحل در طراحی یک واحد صنعتی می‌باشد، زیرا استقرار تأثیر به سزایی بر هزینه‌های حمل و نقل[۲]، گسترش در آینده، ایمنی، زیبایی واحد صنعتی و دیگر عوامل دارد. با وجود این‌که روش‌های زیادی جهت استقرار بهینه واحدهای صنعتی تولید یا گسترش یافته‌اند، ولی هیچ یک را نمی‌توان به طور حتم روشی بهینه برای تمامی موارد دانست، از آن‌جا که شرایط واحدهای صنعتی با یکدیگر متفاوت است، معیارهای انتخاب نیز در این واحدها با یکدیگر متفاوت می‌باشد. اهمیت معیارها در هر واحد صنعتی، بسته به شرایط خاص همان واحد دارای وزن‌ها و اولویت‌هایی متفاوتی می‌باشد [۱۲]. لذا دشواری استقرار* در واحدهای صنعتی در این است که با توجه به شرایط موجود حاکم در آن مکان مناسب‌ترین روش یا الگوریتم را چگونه باید انتخاب کرد.

انتخاب شیوه استقرار مناسب، یکی از موضوعات مهم به منظور کمینه کردن هزینه و بیشینه کردن استفاده از منابع در شرکت‌هایی تولیدی می‌باشد. بسیاری از معیارهای مهمی مانند، هزینه سرمایه‌گذاری، منابع انسانی، در دسترس بودن مواد اولیه مورد نیاز و غیره در انتخاب یک طرح مناسب جهت چیدمان بخش‌ها و ماشین‌آلات باید مورد توجه قرار گیرد [۲۱]. بنابراین، انتخاب طرح استقرار می‌تواند به صورت مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره[1] نگریسته شود. از آن‌جا که بعضی از معیارهای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب طرح استقرار از قبیل مناسب بودن طرح انتهایی، انعطاف پذیری، در دسترس بودن کارگران با مهارت، راحتی روش برای کاربر و دیگر معیارها که در ادبیات تحقیق به آن‌ها اشاره شده است، به صورت کیفی می‌باشند. بهتر است جهت تبدیل این معیار ها از اعداد فازی استفاده گردد، و از آن‌جا که این معیارها به نوعی تعریف گردیده‌اند که معیار ها به هم وابسته نباشند، بهترین روشی که می‌توان در این الگو از آن استفاده کرد، روش TOPSIS فازی مناسب می‌باشد، TOPSIS یکی از روش‌های شناخته شده MCDM می‌باشد که بر این مفهوم استوار است، گزینه ایده‌آل نسبت به همه ویژگی‌های مورد نظر بهترین وضعیت را دارد، در حالیکه ایده‌آل منفی، گزینه‌ای است با بدترین ویژگی‌ها. نقاط بهینه در TOPSIS هم‌زمان نسبت به راه‌حل ایده‌آل منفی، دورترین و نسبت به راه حل ایده‌آل مثبت، نزدیک‌ترین باشد [۱۷]. اخیراً، TOPSIS به طور موفقیت آمیزی در زمینه‌های مدیریت منابع انسانی [۷]، تصمیمات تجاری [۳۷،۳۵،۳۸،۳۴]، حمل و نقل [۱۸]، طراحی محصول [۱۹] ،تولید [۳]، انتخاب تأمین کننده [۳۳]، کنترل کیفیت [۲۹]، تعیین محل [۳۱،۳۲] مورد استفاده قرار گرفته است. در طول فرآیند TOPSIS، درجه‌بندی عملکرد و وزن معیارها دارای ارزش‌های قطعی هستند. زمانی‌که ارزیابی داده‌های مربوط به هرکدام از

*- jafarian.ahmad@gmail.com

1- Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM)

Archive of SID

www.SID.ir

موارد اشاره شده تحت تأثیرات ذهنی قرار می‌گیرد و اوزان به صورت زبانی مطرح می‌شود، داده‌های قطعی برای چنین وضعیت‌هایی مناسب نخواهد بود. بنابراین، یک نگرش واقع‌گرایانه ممکن است از ارزیابی زبانی به جای ارزش‌های عددی استفاده کند. لذا تصمیم‌گیرنده در یک محیط فازی اقدام به تصمیم گیری می‌کند. در چنین محیطی بعضی (یا همه) معیارها به صورت اعداد فازی نمایش داده می‌شود [۸]. مفهوم استفاده از اعداد فازی اولین بار توسط نگی[2] و چن و هوانگ[3] ارایه شده است و توسط چوانگ چو[4] توسعه یافته است. اخیراً، بعضی از محققین برای حل مسئله تعیین مکان ماشین‌آلات، بر روش‌های TOPSIS فازی تمرکز کرده‌اند [۳۶،۱۱،۱۲،۹]. این تحقیق شامل پنج بخش عمده می‌باشد. بخش بعد مربوط به ادبیات تحقیق بوده که شامل ادبیات روش استقرار و روش تاپسیس فازی می‌باشد. بخش سوم در مورد روش‌شناسی این تحقیق و مراحل طی شده که به صورت گام به گام ارایه شده است، می‌باشد. قسمت چهارم به پژوهش صورت گرفته در مورد مطالعه پرداخته و در نهایت بخش پنجم تحقیق، به نتیجه‌گیری و ارایه پیشنهادات برای تحقیقات آتی می‌پردازد.

۲- ادبیات تحقیق

۲-۱ *ادبیات روش استقرار*

جانمایی بهینه تسهیلات یکی از موضوعاتی است که اهمیت زیادی را در تحقیقات و مقالات به خود اختصاص داده است. جانمایی بهینه یکی از مراحل اولیه طراحی سیستم های تولیدی می باشد که نقش بسزایی در کاهش هزینه ها و افزایش بهره وری دارد[۳۶،۱۰]. تعداد زیادی روش و تکنیک جهت جانمایی بهینه واحدهای صنعتی تهیه شده است، روش‌های سیستماتیک جانمایی کامپیوتری[۱۵] و روش های دستی زیادی [۴] جهت استقرار واحدها به کار می روند، روش‌های کامپیوتری از قبیل روش CRAFT [۵]، الگوریتم COFAD [۲۸]، الگوریتم PLANET [۱۴،۴]، CORELAP [۲۰]، الگوریتم ALDEP [۲۶]، H63، HC63-66، FRAT و روش‌های دستی از قبیل روش جریان مستقیم، روش مارپیچ، الگویی، خط مستقیم، جدول بندی سفر و روشهای دیگری [۲۵] وجود دارند که از گذشته تا به حال در استقرار واحد های صنعتی به کار می روند. این روش ها با توجه به هدف و شرایط محیطی پیدایش آنها در تمامی مواد کاربرد ندارند، ممکن است در این روش ها کارایی خود را از دست بدهند [۱۰].

پس علاوه بر اینکه حل مسئله جانمایی خود با دشواری‌هایی رو به رو است، پیدا کردن روش ایده آل از بین روش ها و فنون موجود جهت مناسب ترین جانمایی نیز خود مشکل بزرگی است، لذا هدف این تحقیق انتخاب کاراترین روش استقرار متناسب با شرایط محیطی هر واحد صنعتی می باشد.لذا جهت یافتن مناسب ترین روش استقرار نیاز به بررسی کلیه معیارهایی که در واحد های صنعتی جهت جانمایی بخش ها اهمیت دارند می پردازیم. مهترین مشکل در جانمایی واحد های صنعتی یافتن ارتباط بهینه مکان تسهیلات و بخش‌ها با یکدیگر می‌باشد[۱۰،۴]. این ارتباطات که بستگی به ماهیت عملیاتی، ایمنی و ارتباطی دارد جهت بهبود امر تولید اهمیت بالایی دارد[۳]. تحقیقات نشان می دهد که بین ۲۰ با ۵۰ درصد کل هزینه های عملیاتی در کارخانه ها به هزینه های حمل و نقل و جانمایی مربوط می شود[۲۲،۲۸]. این هزینه که درصد زیادی از قیمت تمام شده محصول است[۱۱] در حدود ۱۵ تا ۷۰ در صد قیمت تمام شده را به خود اختصاص می دهد، در قدرت رقابتی شرکت و سود آوری آن نقش بسزایی دارد [۲۵]. همچنین معیار ایمنی قرار گیری بخش ها و ماشین آلات در طرح جانمایی اهیمت بالایی داشته و مواردی از قبیل امکان رساندن تجهیزات اطفا حریق در صورت بروز مشکل، عدم آسیب دیدگی پرسنل از فرایند های دیگر و امکان ایجاد مشکلات جسمی حرکتی برای پرسنل را شامل می گردد[۲]. طرح ایجاد شده باید قابلیت رشد در آینده را داشته باشد، طرح باید از نظر دیداری مناسب باشد، نظم کلی قسمت‌ها و ماشین آلات، نزدیک بودن شکل بخش ها به شکل های هندسی مربع یا مستطیل و عدم قطع جریان ها توسط یک دیگر در این معیار کیفی قرار می گیرند [۱۱]. از دیگر مواردی که در انتخاب روش استقرار موثرند، راحتی روش یا فن استقرار برای کاربر [۶]، میزان نیاز به ایجاد تغییرات در طرح نهایی توسط کاربرد و زمان حل روش می‌باشند [۴]. همچنین طرح استقرار باید توسط کارمندان پذیرفته و مقبولیت یابد، زیرا این مورد در کارایی و روحیه کارمندان تاثیر بسزایی دارد، شیوه چیمان بخش ها و ماشین آلات ممکن از موجب به انزوا رفتن (جزیره ای ماندن فرد) یا گروهی کارکردن کارمندان گردد، که توسط فاکتور کیفی میزان پذیرش طرح کارمندان بررسی می گردد[۱۲]. طرح نهایی ممکن است نیاز به کارگران با تجربه بالا که بتوانند چند ماشین را اداره کنند داشته باشد، لذا این شاخص یک شاخص منفی کیفی به حساب می آید. طرح نهایی باید از نظر دسترسی راحت ماشین آلات و بخش‌ها به مواد اولیه، منابع انرژی، راهرو های اصلی و غیره مورد بررسی قرار گیرد[۱۲]. همچنین باید از نظر انعطاف پذیری، (شامل تغییر در طرح محصول، جابجایی های آینده و تغییر ماشین آلات فرسوده) مورد بررسی قرار گیرد[۴]. این معیارها در واحدهای صنعتی مختلفی اهمیت-های متفاوتی دارند و به همین سبب یافتن معیارهای با اهمیت، باعث یافتن مناسب ترین روش استقرار می گردد.

۲-۲ *ادبیات تاپسیس فازی*

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون[5] در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد گردید، این مدل یکی از پرکاربردترین مدل های تصمیم گیری چند شاخصه می باشد [۲۹]. در این روش تصمیم گیری فرض می شود که k تصمیم گیرنده به ارزیابی m گزینه تصمیم گیری یا آلترناتیو می پردازد که توسط n معیار مورد ارزیابی قرار می گیرند [۱۳]، این نوشتار از آنجا که بیشتر محققین استقرار واحد صنعتی در محاسبات خود از اعداد فازی مثلثی استفاده کرده و آن را مناسب دانسته اند [۸] از اعداد فازی به صورت مثلثی که در

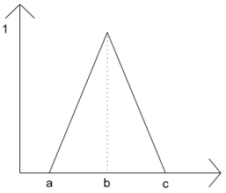
2- Negi
3- Chen & Hwang
4- TA-Chung Chu
5- Hwang and Yoon

Archive of SID

www.SID.ir

آن یک عدد فازی مثلثی $\tilde{A}$ می تواند به صورت (a, b, c) تعریف شود که در شکل ۱ نمایش داده شده است، استفاده کرده است.

$$\mu_{\tilde{A}(x)} = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \le x \le b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \le x \le c \\ 0 & x > a \end{cases}$$



شکل شماره (۱): شمای عدد فازی مثلثی [۸]

متغیرهای زبانی، متغیری است که ارزشها را به صورت بیانات لفظی ارائه می کند. مفهوم یک متغیر زبانی در وضعیتهای بسیار پیچیده و یا خوب تعریف نشده بسیار مفید اس[۸] و به صورت جدول ۱ تعریف می شود.

جدول شماره (۱): متغیرهای زبانی و اعداد فازی مثلثی متناظر آنها

متغیرهای کلامی برای وزن اهمیت هر معیار [۱۳،۱۱]		متغیرهای کلامی برای رتبه‌بندی [۳۱،۳۰]	
بسیار کم (VL)	(0,0,0.1)	بسیار کم (VL)	(0,0,0.1)
کم (L)	(0,0.1,0.3)	کم (L)	(0,0.1,0.3)
متوسط کم (ML)	(0.1,0.3,0.5)	متوسط کم (ML)	(0.1,0.3,0.5)
متوسط (M)	(0.3,0.5,0.7)	متوسط (M)	(0.3,0.5,0.7)
متوسط زیاد (MH)	(0.5,0.7,0.9)	متوسط زیاد (MH)	(0.5,0.7,0.9)
زیاد (H)	(0.7,0.9,1)	زیاد (H)	(0.7,0.9,1)
بسیار زیاد (VH)	(0.9,1,1)	بسیار زیاد (VH)	(0.9,1,1)

۲-۳ روش تصمیم‌گیری

در این قسمت، یک نگرش TOPSIS فازی ارائه شده است که به قرار زیر است:

I. یک مجموعه ای متشکل از k تصمیم گیرنده $E = \{D_1, D_2, \dots, D_k\}$.

II. یک مجموعه ای متشکل از m آلترناتیو $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$.

III. یک مجموعه ای متشکل از n معیار $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ که عملکرد گزینه ها را اندازه گیری می کند .

IV. یک مجموعه ای از درجه بندی عملکرد $A_i(i = 1,2, \dots, m)$ با توجه به معیار $C_j(j = 1,2, \dots, n)$ که عبارتست از: $X = \{X_{ij}, i = 1,2, \dots m, j = 1,2, \dots, n\}$

در این قسمت فرض بر این است که K تصمیم گیرنده داریم و درجه بندی فازی هر تصمیم گیرنده $D_k(k = 1,2, \dots, K)$ می‌تواند به صورت اعداد فازی مثلثی $\tilde{R}_k(k = 1,2, \dots, K)$ با تابع عضویت $\mu_{\tilde{R}_k}(x)$ نشان داده شود . به عبارتی درجه بندی فازی همه تصمیم گیرندگان ذیل تعریف می گردد.

$$\tilde{R} = (a, b, c), \quad k = 1,2,3, \dots, K \quad (۲)$$

که $a = min_k\{a_k\}$ ، $b = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{k} b_k$ و $c = max_k\{c_k\}$ از طرفی وزن فازی $(\tilde{w}_j)$ هر معیار می تواند بصورت ذیل تعریف شود.

$$\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}) \quad (۳)$$

بطوری که: $w_{j1} = min_k\{w_{jk1}\}$, $w_{j2} = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{K} w_{jk2}$ و $w_{j3} = max_k\{w_{jk3}\}$ بطور کلی یک مسئلهMCDM می‌تواند به صورت ماتریس زیر ارائه گردد.

$$D = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \text{و} \quad \tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n]$$

برای اجتناب از پیچیدگی عملیات ریاضی در فرایند تصمیم گیری، از یک تبدیل خطی برای تبدیل مقیاس معیارهای مختلف به یک مقیاس قابل مقایسه استفاده می شود. معیارها می تواند به دو معیار منفعت(بیشتر بودن آنها بهتر است) و هزینه[۶] ()تقسیم بندی شوند. بنابراین، ماترسی فازی نرمال شده می تواند به رابطه (۴) بیان شود.

$$R = [\tilde{r}_{ij}]_{m\times n} \quad (۴)$$

در این رابطه B و C به ترتیب مجموعه معیارهای منفعت و هزینه می باشد، بنابراین :

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right) j \in B \, , c_j^* = \max_i c_{ij} \quad \text{و} \quad \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right) j \in C \, , a_j^- = \min_i a_{ij}$$

با توجه به اهمیت متفاوت هر معیار، ماتریس فازی نرمال شده موزون ایجاد می شود .

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\times n} \; i, j = 1,2, \dots, m \quad \text{و} \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(0)\tilde{w}_j \quad (۵)$$

سپس راه حل های ایده آل مثبت فازی (A^*) و ایده آل منفی فازی (A^-) را می توان به صورت زیر تعریف کرد .

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad \text{و} \quad A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (۶ \text{و} ۷)$$

اگر $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$ و $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ دو عدد فازی مثلثی باشد، سپس فاصله بین آنها می تواند با استفاده از روش حداکثر ارتفاع محاسبه گردد[۸،۲۳].

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (۸)$$

در نتیجه فاصله هر آلترناتیو از A^* و A^- می تواند به صورت ذیل محاسبه گردد.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad i = 1,2, \dots, m \quad (۹)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad i = 1,2, \dots, m \quad (۱۰)$$

در پایان برای رتبه بندی همه چیدمان ها، از معیار ضریب نزدیکی[۷] استفاده می شود. این معیار، فواصل چیدمان ها را همزمان از راه‌حل‌های ایده آل مثبت و منفی فازی در نظر می گیرد و نزدیکترین فاصله نسبی به راه حل ایده آل مثبت فازی انتخاب می شود.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1,2, \dots, m \quad \text{و} \quad 0 \le CC_i \le 1 \quad (۱۱)$$

بمنظور تصمیم‌گیری، CC_iها را به ترتیب اولویت بندی می‌کنیم و هر گزینه ای که CC_i بیشتری داشت، انتخاب می‌کنیم.

۳- روش تحقیق

هدف اصلی تحقیق ارائه یک الگویی جهت انتخاب مناسب ترین شیوه استقرار با توجه به شرایط موجود واحد صنعتی می باشد. این تحقیق، تحقیقی است کاربردی که به صورت موردی در یکی از شرکتهای قطعه

6- Benefit & Cost Criteria
7- Closeness Coefficient

Archive of SID

www.SID.ir

ساز ایران خودروصورت گرفته است. تحقیق موردی شامل جستجوی جزئی و مفصل، معمولاً به همراه جمع‌آوری داده‌های بسیار دقیق در طول زمان در یک یا چند سازمان برای شناخت مورد خاص تحت مطالعه می‌باشد [۱۶]. مراحل طی شده در این نوشتار بدین شرح می باشند:

۱- انتخاب معیارهایی که نسبت به دیگر معیارها در یک واحد صنعتی مهم می باشند:

این مرحله به این دلیل انجام می گیرد که در هر واحد صنعتی معیارهای انتخاب روش استقرار با دیگر موارد متفاوت می باشد، در این مرحله با استفاده از آزمون فرض میانگین به بررسی معیارهایی که اهمیت بیشتری نسبت به دیگر معیارها در یک واحد صنعتی دارند، جهت انتخاب برای ورود به روش تصمیم گیری(مرحله سوم) اولویت بندی کرد. البته جهت بررسی معیارهای دارای اهمیت روش تحلیل عاملی بهتر می باشد ولی از انجا که تعداد نمونه (افراد پاسخ دهنده) در این روش بالا می باشد، و در واحد صنعتی امکان نمونه گیری زیاد وجود ندارد، در این راستا از روش آزمون فرض میانگین استفاده شده است[۲۴]. بهترین روش یافتن اهمیت معیارها، روش نظر سنجی از متخصصین استقرار، کارگران با سابقه، مهندسان حمل و نقل، سرپرستان انبار، متخصصین صنایع، واحد های ایمنی و بهداشت، واحد تضمین کیفیت و غیره می باشد که این افراد دیدی جامع تر نسبت به کلیه فاکتور ها دارند. البته افراد باید به صورتی انتخاب گرددکه از همه واحد ها به صورت حدودا یکسان انتخاب گردند وگرنه معیار های انتخاب شده به سمت فعالیت واحد به خصوصی اهمیت پیدا می کنند.

۲- در این مرحله به شناسایی روش های استقراری که در واحد صنعتی مورد مطالعه، کاربرد بیشتری دارند پرداخته می شود. انتخاب اولیه این روش ها توسط گروه متخصصین واحد صنعتی مربوطه انجام می گیرد. در ادامه با استفاده از نرم افزار و تکنیک دستی، به ترسیم جانمایی واحد صنعتی توسط هر یک از روش های استقرار پرداخته شده تا در مرحله بعد بهترین روش از بین روش های اولیه، انتخاب گردد.

۳- انتخاب مناسب ترین استقرار: اولویت بندی استقرار های بدست آمده در مرحله دوم از طریق روش TOPSIS فازی، با استفاده از معیارهایی که اهمیت بیشتری دارند (خروجی مرحله یک)، تعیین می گردد.

٤- مثال عددی

۴-۱ تجزیه و تحلیل آماری

این شرکت یکی از شرکت‌های قطعه ساز در صنعت خودرو که یکی از سازندگان برتر شرکت ایران خودرو است، می‌باشد، این واحد صنعتی شامل فرایندهای متفاوتی از قبیل تراشکاری، برشکاری، فرز، پرس، بازرسی و جوش می باشد. در ابتدا طبق مرحله اول الگوی ارائه شده، تعداد ۳۷ پرسشنامه در بین کارمندان شرکت مزبور توزیع شد، که این افراد شامل مهندسان، مدیران واحد تولیدی، سرپرستان خط، کارمندان قسمت توزیع و حمل و قسمت ایمنی و بهداشت می باشند. از بین ۳۷ پرسشنامه پخش شده ۳۲ پرسشنامه بازگشت. با توجه به این نرخ پاسخ برابر ۸۶٪ می‌باشد. روایی پرسشنامه با توجه به شاخص هایی از قبیل انعطاف پذیری، مناسب بودن طرح انتهایی، میزان پذیرش طرح توسط کارمندان و غیره که در مقالات معتبر بدست آمده است بررسی و تائید گردیده است. پرسشنامه شامل مجموعه شاخص هایی است که از ادبیات تحقیق استخراج شده اند، تهیه گردیده است. جهت پاسخ دهی به سوالات پرسشنامه از طیف لیکرت ۵ گزینه ای(بسیار زیاد۵، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم۱) استفاده شده است. بررسی پایایی پرسش نامه با استفاده از روش آلفای کورنباخ، به کمک نرم افزار *SPSS* بدست آمده است (α=۰/۷۴۸). حال در ادامه با توجه به اینکه گزینه متوسط عدد ۳ در نظر گرفته شده است و در این قسمت به دنبال معیار هایی که اهمیت آنها از میانگین بیشتر می باشند، هستیم، لذا از فرض آماری($H_0:\mu > 3$) استفاده شده است تا معیار های با اهمیت بالاتر از متوسط را انتخاب کنیم. آماره t در این آزمون دارای درجه آزادی $n-1$ در سطح خطای α=۰/۰۵ بوده و به کمک رابطه ۱۲محاسبه می شود(مومنی، ۱۳۷۸، ص ۶۵-۷۱).

جدول شماره (۲): نتایج تست‌های آماری

معیارها	آماره آزمون	t	df	Sig. (دوطرفه)	حدود بالا و پایین محدوده ها با اطمینان ۹۵٪	
					حد پایین	حد بالا
مناسب بودن طرح انتهایی	3	.924	31	.363*	-.2265	.6015
دسترسی به مواد اولیه	3	-2.252	31	.032	-.7146	-.0354
زیبایی دیداری	3	.776	31	.444*	-.2544	.5669
انعطاف پذیری	3	-2.523	31	.017	-.7346	-.0779
معیار ایمنی	4	-.780	31	.442*	-.4520	.2020
میزان پذیرش طرح توسط کارمندان	3	-4.458	31	.000	-.9109	-.3391
راحتی روش برای کاربر	3	.403	31	.690*	-.2539	.3789
حمل و نقل	4	-1.094	31	.282*	-.4474	.1349
زمان حل روش	3	-3.105	30	.004	-.7487	-.1545
در دسترس بودن کارگران با مهارت	3	-2.675	31	.012	-.6609	-.0891
امکان گسترش در آینده	3	-3.088	31	.004	-.8302	-.1698
ارتباطات با سایر بخش ها	3	.626	31	.536*	-.2820	.5320

$$t = \frac{\bar{x}-\mu_0}{S_{\bar{x}}} \quad \text{و} \quad df = n-1 \quad \text{و} \quad \frac{\alpha}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025 \quad (۱۲)$$

در این رابطه $\bar{x}$ میانگین نمونه، $S_{\bar{x}}$ خطای معیار $\bar{x}$ بوده که به صورت $S_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ محاسبه می‌گردد. این آزمون برای تک تک سئوالات پرسشنامه انجام گرفته، نتیجه آن در جدول شماره ۲ آمده است. معیار تصمیم‌گیری در مورد فرضیات آماری در نرم افزار SPSS مقدار Sig یا

Archive of SID

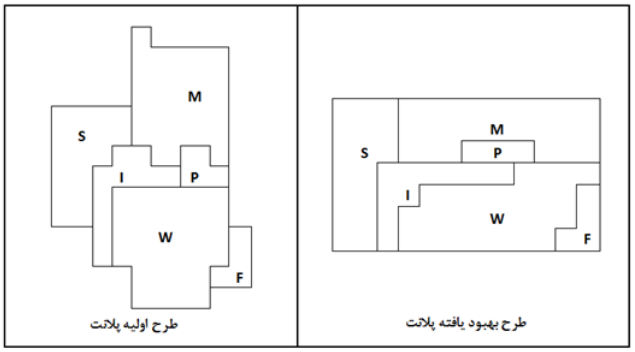
www.SID.ir

معنی‌داری[8] می‌باشد، هم‌چنین در آزمون فرض‌های انجام گرفته اگر مقدار آن از ۰/۰۵ بیشتر باشد فرض آماری H_0 رد نمی‌شود. همچنین برای بررسی اهمیت معیارهای مهم‌تر جهت استفاده در وزن‌دهی در مراحل بعدی، فرض آماری ($H_0: \mu > 4$) نیز انجام داده شده است، البته این فرض، فرض قبلی را نیز پوشش می‌دهد، لذا معیارهایی نیز که توسط فرض آماری با آماره $\mu > 4$ تایید می‌گردند درجدول شماره ۲ مشخص شده‌اند [۱].

در کل شش معیاری که از نظر پاسخ دهندگان در این واحد صنعتی اهمیت بیشتری نسبت به سایرین داشته اند، با توجه به آزمون فرض میانگین انجام گرفته عبارتند از مناسب بودن طرح انتهایی، زیبایی دیداری، معیار ایمنی، حمل و نقل و ارتباط با سایر بخش ها. این معیارها جهت رتبه بندی طرح های استقرار توسط روش *TOPSIS* فازی در این واحد صنعتی به کار می روند.

۴-۲ *انتخاب روش‌های استقرار بهینه*

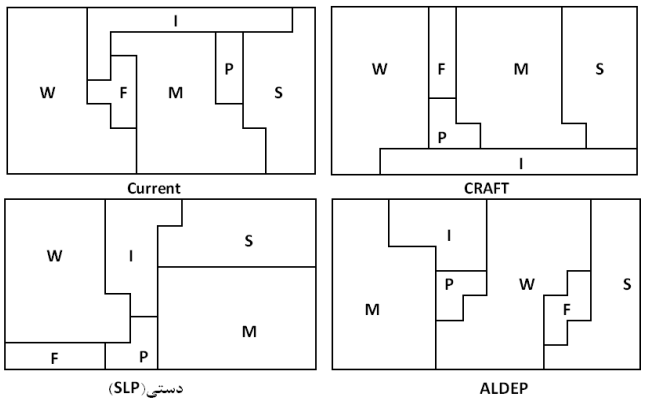
طرح های استقراری که از نظر متخصصین واحد مربوطه مناسب تر بوده و کارایی بیشتری داشته اند انتخاب گردیده اند. طرح های اولیه چه به صورت کامپیوتری و چه به صورت دستی نیاز به تغییراتی جهت کاربردی شدن دارند، در این مثال جهت استقرار یک واحد صنعتی از چندین الگوریتم دستی و کامپیوتری استفاده شده است که نتایج آن در زیر آورده شده است. بعضی طرح ها پس از ترسیم نیاز به یک تغییراتی جهت قابل استفاده شدن را دارد، (ایجاد تغییرات در طرح ها خود یک معیار منفی می باشد)، که شکل ۲، نشان دهنده یک جانمایی انجام شده به وسیله الگوریتم PLANET با تغییرات ایجاد شده در طرح نهایی آن را نشان می دهد.



شکل شماره (۲): طرح استقرار انجام شده بوسیله الگوریتم پلانت

در ادامه در همان واحد صنعتی جهت بررسی دیگر الگوریتم ها، از شیوه های دستی و کامپیوتری دیگری استفاده شده است که نتایج آن در شکل ۳ آمده است، البته از آنجا که هدف این تحقیق رتبه بندی و انتخاب طرح نهایی مناسب می باشد. از توضیح روش های رسم این نرم افزار ها و الگوریتم ها صرف نظر شده است.

در این قسمت سعی شده که از انواع الگوریتم های موجود چند نمونه آورده شود، این طرح ها توسط الگوریتم‌های ALDEP، CRAFT، بهبود استقرار فعلی (Current) با توجه به بهبود جانمایی و بهبود حمل و نقل فعلی و روش دستی مارپیچ استفاده شده است. البته حائز اهیمت است که اگر شیوه های ورودی به طرح استقرار کارایی لازم را نداشته باشند، امکان انتخاب روش مناسب توسط این شیوه وجود ندارد، زیرا با توجه به مطالعه دقیق فاکتورها، فرض بر این است که این شیوه های استقرار از بین مناسب ترین شیوه ها انتخاب گردیده اند، لذا طرح های انتخابی جهت ورود به طرح استقرار باید به درسی و دقت و متناسب با واحد صنعتی مورد نظر انتخاب گردند.



شکل شماره (۳): نتایج استقرارهای انجام شده توسط روش‌های کامپیوتری و دستی

۴-۳ *اولویت‌بندی طرح‌های استقرار*

پنج طرح استقرار منتخب که عبارتند از: روش کرفت A_1، روش آلدپ A_2، روش بهبود یافته فعلی A_3، روش دستی مارپیچ A_4 و روش پلانت A_5 می باشند، جهت تعیین بهترین شیوه استقرار انتخاب گردیده است. این طرح های هر یک از جنبه های دارای نقاط قوت و ضعف می باشند، جهت اولویت بندی طرح ها از شش معیار کلامی (ایمنی C_1، مناسب بودن طرح انتهایی C_2، ارتباط با سایر بخش ها C_3، زیبایی دیداری C_4، حمل و نقل C_5 و راحتی برای کاربران C_6) استفاده می گردد.

جدول شماره (۳): وزن اهمیت محدویت‌ها

محدودیت‌ها	تصمیم گیرنده‌ها			میانگین وزن‌ها
	D_3	D_2	D_1	
C_1	M	ML	ML	(0.03, 0.17,0.37)
C_2	H	H	H	(0.50, 0.70, 0.90)
C_3	H	VH	VH	(0.63, 0.83, 0.97)
C_4	L	ML	L	(0.00, 0.03, 0.17)
C_5	H	MH	VH	(0.50, 0.70, 0.87)
C_6	VH	H	H	(0.57, 0.77, 0.93)

8- Significance or P-value

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره (٤): رتبه‌بندی تصمیم گیرنده‌ها در مورد همه محدودیت‌ها به گزینه‌ها

آلترناتیوها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5^-	C_6
	D1, D2, D3	D1, D2, D3	D1, D2, D3	D1, D2, D3	D1, D2, D3	D1, D2, D3
A_1	P, P, MP	MP, P, MP	G, G, VG	F,F,F	L, L, ML	G, G, MG
A_2	MP MP, F,	G, G, MG	MG, MG, MG,	VP,P,VP	ML, L, ML	MG, F, MG
A_3	VG, VG, VG	VG, G, VG	G, MG, MG,	F, MP, MG	M, M, ML	F,F,F
A_4	P, P, p	P, P, MP	VG, VG, VG	MG, MG, MG	M, ML, M	P,P,VP
A_5	F, F, MP	F,F,F	VG, G, VG	G, MG, G	H, MH, H	MP,MP,P

جدول شماره (۵): ماتریس تصمیم‌گیری فازی و وزن‌های فازی آن‌ها

آلترناتیوها	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5^-	C_6
LV	(0.03, 0.17, 0.37)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.63, 0.83, 0.97)	(0, 0.03, 0.17)	(0.5,0.7,0.87)	(0.57, 0.77, 0.93)
A_1	(0.33, 1.67, 3.67)	(0.7, 2.33, 4.33)	(7.67, 9.33, 10)	(3, 5, 7)	(0.33, 1.67, 3.67)	(6.33, 8.33, 9.67)
A_2	(1.67, 3.67, 5.67)	(6.3, 8.33, 9.67)	(5, 7, 9)	(0, 0.33, 1.67)	(0.67, 2.33, 4.33)	(4.33, 6.33, 8.33)
A_3	(9, 10, 10)	(8.3, 9.67, 10)	(5.67, 7.67, 9.33)	(4.33, 6.33, 8.33)	(2.33, 4.33, 6.33)	(3, 5, 7)
A_4	(0, 1,3)	(0.3, 1.67, 3.67)	(9, 10, 10)	(5, 7, 9)	(2.33, 4.33, 6.33)	(0, 0.67, 2.33)
A_5	(2.33, 4.33, 6.33)	(3, 5, 7)	(8.33, 9.67, 10)	(6.33, 8.33, 9.67)	(6.33, 8.33, 9.67)	(0.67, 2.33, 4.33)

تنها معیار C_5 معیار منفی بوده و کمتر بودن آن مطلوب می باشد. در ادامه از سه نفر از افراد با تجربه و خبره که دارای تخصص در زمینه روش های استقرار و لجستیک داخلی بوده اند (D_1،D_2 و D_3) در تعیین میزان وزن دهی به اهمیت معیار ها استفاده شده است که نتیجه آن در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین افراد خبره جهت تعیین وزن دهی به معیارها نتایج میانگین فرضیات آماری را نیز در نظر گرفته اند.

میزان نرخ هر معیار را برای هر طرح استقرار از نظر سه خبره استفاده شده که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. البته معیار C_5 جنبه منفی دارد و عکس معیار های دیگر می باشد، جهت تعیین میزان ارزش این معیار برای آلترناتیوهای تصمیم گیری از شاخصهای(L=(0, 0, 1)، VL=(0, 1, 3)، ML=(1, 3, 5)، M=(3, 5, 7)، MH=(5, 7, 9)، H=(7, 9, 10) و VH= (9, 10, 10) استفاده شده است[۱۱].

جهت حل مسئله فوق توسط روش TOPSIS فازی یک نرم افزار توسط برنامه Excel تهیه شده است و نتایج هرمرحله از حل نرم افزار در زیر ارائه شده است. در این مرحله نتایج ارائه شده در جدول ۴ را که نشان دهنده نظرات تصمیم‌گیرنده ها در مورد همه محدودیت ها به گزینه ها به صورت متغیر های کلامی بوده را به اعداد فازی به صورت میانگین نظرات تبدیل کرده و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

ماتریس تصمیم گیری نرمالیزه شده و سپس، از حاصلضرب وزن معیارها در ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده ماتریس تصمیم گیری وزن بندی نرمال طبق رابطه ۵ محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده است.

سپس گزینه های ایده آل مثبت و منفی طبق رابطه های ۶ و ۷ محاسبه و نتایج آن در جدول ۷ ارائه گردیده است.

جدول شماره (۸): فاصله گزینه‌ها از نقاط مثبت و منفی و وزن نهایی و اولویت گزینه‌ها

آلترناتیوها	d^+	d^-	$d^+ + d^-$	وزن	رتبه
A_1	2.4612	2.0418	4.503	0.453	1
A_2	2.4366	1.9247	4.361	0.441	2
A_3	2.4180	1.9099	4.328	0.441	3
A_4	3.0992	1.0449	4.144	0.252	5
A_5	2.8054	1.4162	4.222	0.335	4

در مرحله بعد فاصله بین آلترناتیو ها و آیده آل های مثبت و منفی طبق روابط ۸ و ۹ و ۱۰ محاسبه گردیده و نتایج آن در جدول ۸ ارائه گردیده است. در پایان جهت رتبه بندی کردن همه چیدمان ها، از معیار نزدیکی طبق رابطه ۱۱ استفاده شده و سپس وزن های نهایی بدست آمده و نتایج آن در جدول ۸ ارائه گردیده است، هر آلترناتیوی که بیشترین وزن را داشت، به عنوان بهترین شیوه استقرار در واحد صنعتی مورد نظر انتخاب می گردد. اولویت بندی نهایی آلترناتیوها به صورت A1> A2> A3> A5> A4 می باشد. پس استقرار منصوب به روش کرفت در این مثال بهترین انتخاب می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول شماره(٦): ماتریس تصمیم‌گیری وزن بندی شده نرمال

آلترناتیوها	C_2	C_1	C_3	C_4	C_5^-	C_6
A_1	(0.03, 0.16, 0.39)	(0.00,0.03,0.13)	(0.49,0.78,0.97)	(0,0.02,0.12)	(0.05, 0.14, 0.87)	(0.37,0.66,0.93)
A_2	(0.32, 0.58, 0.87)	(0.01,0.06,0.21)	(0.32,0.58,0.87)	(0,0.00,0.03)	(0.04, 0.10, 0.43)	(0.25,0.50,0.80)
A_3	(0.42, 0.68, 0.90)	(0.03,0.17,0.37)	(0.36,0.64,0.90)	(0,0.02,0.14)	(0.03, 0.05, 0.12)	(0.18,0.40,0.68)
A_4	(0.02, 0.12, 0.33)	(0.00,0.02,0.11)	(0.57,0.83,0.97)	(0,0.02,0.16)	(0.03, 0.05, 0.12)	(0.00,0.05,0.23)
A_5	(0.15, 0.35, 0.63)	(0.01,0.07,0.23)	(0.53,0.81,0.97)	(0,0.03,0.17)	(0.02, 0.03, 0.05)	(0.04,0.19,0.42)

جدول شماره (۷): ایده‌آل‌های مثبت و منفی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5^-	C_6
A*	(0.37, 0.37, 0.37)	(0.90, 0.90, 0.90)	(0.97, 0.97, 0.97)	(0.17, 0.17, 0.17)	(0.87, 0.87, 0.87)	(0.93, 0.93, 0.93)
A-	(0.00, 0.00, 0.00)	(0.02, 0.02, 0.02)	(0.32, 0.32, 0.32)	(0.00, 0.00, 0.00)	(0.02, 0.02, 0.02)	(0.00, 0.00, 0.00)

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای تحقیقات آتی

یکی از فعالیت‌هایی که نقش بسزایی در هزینه ها، قیمت تمام شده و توان رقابتی شرکت ایفا می‌کند، شیوه مناسب استقرار واحد صنعتی می باشد، از طرف دیگر شیوه ها و فنون زیادی جهت استقرار وجود دارند که نمی توان یک گزینه را در همه شرایط مناسب دانست. لذا با توجه به الگوی ارائه شده در این نوشتار می توان تمام فاکتور های مورد نیاز را در واحد صنعتی بررسی و توسط روش TOPSIS فازی بهترین شیوه را انتخاب کرد. از آنجا که در استقرار واحدهای صنعتی جوانب بسیاری مورد بررسی قرار می گیرند، لذا بهتر است جهت افزایش دقت کار، انجام فرایند تصمیم گیری به صورت گروهی باشد، همچنین با توجه به زبانی بودن معیارها نیاز است شرایط به صورت عدم قطعیت در نظر گرفته شود، لذا استفاده از روش های تصمیم گیری گروهی در شرایط فازی روشی کارا در این مورد می باشد. همچنین می توان از الگوی ارائه شده جهت حل مسائل مشابه استفاده کرد. اگر روش های اولیه که جهت بررسی انتخاب می گردند، به طور مناسب انتخاب نگردند، جانمایی نهایی نیز مناسب نخواهد بود، این مورد را می توان از معایب این روش دانست. آنچه لازم به ذکر است، تحقیقات آتی در این زمینه (که شرایط اولیه توسط این مقاله فراهم شده است) می تواند، فاکتورهای بیشتری را جهت بررسی دقیق تر در حل مدل تصمیم گیری لحاظ نمایند.

٦- منابع و مآخذ

[۱] مومنی، منصور، تحلیل آماری با استفاده از SPSS، نشر کتاب نو، ۱۳۸۷.

[2] Aiello, G., Enea, M., Galante, G. (2006). A multi-objective approach to facility layout problem by genetic search algorithm and Electre method. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol 22, pp: 447–455.

[3] American Institute of Chemical Engineers (AIOCE), (2003). Guidelines for facility sitting and layout Center for Chemical Process Safety, New York, The American Institute of Chemical Engineers,

[4] Apple, M. (1978). Plant layout and material handing. Ronald Press Co, 3th Edition.

[5] Armour, G.C., Bua, E.S., Vollman, T.E. (1964). Allocating facilities with CRAFT», Harvard Business Review, 42, 136-159,

[6] Bausbacher, E.D., Hunt, R. (1993). Process plant layout and piping design, PTR prentice-Hall, Inc.

[7] Chen, M.F., Tzeng, G.H.(2004) Combining gray relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host, Mathematical and Computer Modelling, 40, no.13,.

[8] Chen, S. J., Hwang, C. L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application, Springer-Verlag, Berlin Heidelber,.

[9] Chen, C. T. (2001). A fuzzy approach to select location of the distribution center», Fuzzy Sets System, 118. pp, 65–73.

[10] Chwif, L. R., Pereira B., Marcos, M., Lucas A. (1998). A solution to the facility layout problem using simulated annealing. Computers in Industry.Vol. 36,pp 125–132.

[11] Chung, Chu- TA. (2002). Facility Location Selection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decisions», International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems vol, 10, No. 6. pp: 687-70.

[12] Chu, T.C, (2002). Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach». International Journal Adv Manufacture Technology. Vol 20: pp 859–864,.

[13] Chu, T.C; Lin, Y.C. (2003). A Fuzzy TOPSIS Method for Robot Selection», International Journal Adv Manufacture Technology, 21, 284–290,.

[14] Deisenroth M.P., Apple J.M. (1972). A computerized plant layout analysis and evaluation technique (PLANET),.

[15] Fikri, D. 1999Fuzzy development of crisp activity relationship charts for facilities layout. Computers & Industrial Engineering, Vol 36, pp 1-16,.

[16] Hartly, j. F. Qualitative Methods in Organizational Research». Chapter 12, 1999.

[17] Hwang, C.L. Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making: methods and applications, Springer, Berlin Heidelberg New York.

[18] Janic, M. (2003). Multicriteria evaluation of high-speed rail. Transrapid maglev and air passenger transport in Europe, Transportation Planning and Technology, Vol 26, pp. 491–512.

[19] Kwong, C. K., Tam, S. M. (2002) Case-based reasoning approach to concurrent design of low power transformers», Journal of Materials Processing Technology Vol.128. pp: 136–141.

[20] Lee, R. C., Moore, J. M. (1967). CORELAP: computerized relationship layout planning». Journal of Industrial Engineering. Vol.18,pp 1994-2000,

[21] Liang, G.S., Wang, M.J. (1991) A fuzzy multi-criteria decision-making method for facility site Selection», International Journal Prof Res. Vol. 29, pp: 2313-2330.

[22] McKendall, J. r. Alan, Shang, J. R. (2006) Hybrid ant systems for the dynamic facility layout problem», Computers & Operations Research.vol 33, pp: 790–803.

Archive of SID

www.SID.ir

[23] Negi, D. S. (1989) Fuzzy Analysis and Optimization», Ph.D. Thesis, Department of Industrial Engineering (Kansas State University).
[24] Pallat, J. (2004) SPSS Survival Manual. Amazon Publisher, SPSS Inc, SPSS Base 13User Guide.
[25] Schmidt, T. H., Kijster, M., Holtkiitter, T., Nipper, N. (1998) Conceptual Plant Layout», Computers them. Engng, 22, 499-504,.
[26] Seehof, J. M., Evans, W.O. (1967) Automated layout design program, Journal of Industrial Engineering,Vol 18,pp: 690-695,.
[27] Tompkins, J. A., Reed, R. (1976) an applied model for the facilities design problem». International Journal of Production Research.Vol. 14, pp: 559-583.
[28] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Tanchoco J., Trevino J. (1996) Facilities planning. NewYork: Wiley, pp. 137–285.
[29] Rao Venkata, R.(2007) Decision making in the manufacturing environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods», Springer series in advanced manufacturing, Springer,.
[30] Wang Tien-Chin, Chang, T. (2007) Application of TOPSIS in evaluating initial training aircraft under a fuzzy environment. Expert Systems with Applications,Vol 33,pp 870–880.
[31] Yong, D. (2006) Plant location selection based on fuzzy TOPSIS, International Journal Adv Manufacture Technology, 28, 839–844,.
[32] Yoon, K., Hwang, C. L. (1985). Manufacturing plant location analysis by multiple attribute decision making: single-plant strategy». ÷ Journal Prod Res. Vol 23,pp: 345–359.
[33] Chen, C.T., Lin, C.T., Huang, S.F. (2006) A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. Int. J. Production Economics 102 . 289–301
[34] Kelemenis, A., Ergazakis, K., Askounis, D. (2011) Support managers' selection using an extension of fuzzy TOPSIS. Expert Systems with Applications 38: 2774–2782.
[35] Yu, X., Guo, S., Guo, J., Huang, X. (2011) Rank B2C e-commerce websites in e-alliance based on AHP and fuzzy TOPSIS. Expert Systems with Applications 38 :3550–3557
[36] Yang, T., Hung, C.C. (2007) Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 23: 126–137
[37] Sun, C.C., Lin, G.T.R. (2009) Using fuzzy TOPSIS method for evaluating the competitive advantages of shopping websites. Expert Systems with Applications 36: 11764–11771
[38] Torlak, G., Mehmet, S., Sanal, M., Zaim, S. (2011). Analyzing business competition by using fuzzy TOPSIS method: An example of Turkish domestic airline industry. Expert Systems with Applications 38: 3396–3406.

Archive of SID

www.SID.ir