

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

علی خاتمی فیروزآبادی^۱، احمد جعفریان^{۲*}، امیر حسن‌زاده^۲

^۱دانشیار دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی تهران، ایران

^۲کارشناس ارشد دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبایی تهران، ایران (عهده‌دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۱، اصلاحیه: اسفند ۱۳۹۱، پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۲

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 ارائه 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 تصمیم‌گیری 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

تصمیم‌گیری چند معیاره^۱ 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 معیارها از اعداد فازی استفاده گردد، و از آن‌جا که این معیارها به نوعی تعریف گردیده‌اند که معیارها 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 راه‌حل ایده‌آل مثبت، نزدیک‌ترین باشد [۱۷]. اخیراً، TOPSIS به طور موفقیت آمیزی در زمینه‌های مدیریت منابع انسانی [۷]، تصمیمات تجاری [۳۴]، حمل و نقل [۱۸]، طراحی محصول [۱۹]، تولید [۲]، انتخاب تأمین‌کننده [۳۳]، کنترل کیفیت [۲۹]، تعیین محل [۳۲] مورد استفاده قرار گرفته است. در طول فرآیند TOPSIS، درجه‌بندی عملکرد و وزن معیارها دارای ارزش‌های قطعی هستند. زمانی که ارزیابی داده‌های مربوط به هر کدام از موارد اشاره شده

استقرار واحدهای صنعتی یکی از مهم‌ترین مراحل در طراحی یک واحد صنعتی می‌باشد، زیرا استقرار تأثیر به‌سزایی 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 هیچ‌یک 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

*- jafarian.ahmad@gmail.com

1- Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM)

یافتن ارتباط بهینه مکان تسهیلات و بخش‌ها با یکدیگر می‌باشد [۴،۱۰]. این ارتباطات که بستگی به ماهیت عملیاتی، ایمنی و ارتباطی دارد جهت بهبود امر تولید اهمیت بالایی دارد [۳]. تحقیقات نشان می‌دهد که بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کل هزینه‌های عملیاتی در کارخانه‌ها به هزینه‌های حمل و نقل و جانمایی مربوط می‌شود [۲۲،۲۸]. این هزینه که درصد زیادی از قیمت تمام شده محصول است [۱۱] در حدود ۱۵ تا ۷۰ درصد قیمت تمام شده را به خود اختصاص می‌دهد، در قدرت رقابتی شرکت و سودآوری آن نقش بسزایی دارد [۲۵]. همچنین معیار ایمنی قرارگیری بخش‌ها و ماشین‌آلات در طرح جانمایی اهمیت بالایی داشته و مواردی از قبیل امکان رساندن تجهیزات اطفا حریق در صورت بروز مشکل، عدم آسیب دیدگی پرسنل از فرایندهای دیگر و امکان ایجاد مشکلات جسمی حرکتی برای پرسنل را شامل می‌گردد [۲]. طرح ایجاد شده باید قابلیت رشد در آینده را داشته باشد، طرح باید از نظر دیداری مناسب باشد، نظم کلی قسمت‌ها و ماشین‌آلات، نزدیک بودن شکل بخش‌ها به شکل‌های هندسی مربع یا مستطیل و عدم قطع جریان‌ها توسط یک دیگر در این معیار کیفی قرار می‌گیرند [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 کاربر 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 بخش‌ها و ماشین‌آلات ممکن از موجب به انزوا رفتن (جزیره ای ماندن فرد) یا گروهی کارکردن کارمندان گردد، که توسط فاکتور کیفی میزان پذیرش طرح کارمندان بررسی می‌گردد [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 می‌آید. طرح نهایی باید از نظر دسترسی راحت ماشین‌آلات و بخش‌ها به مواد اولیه، منابع انرژی، راهروهای اصلی و غیره مورد بررسی قرار گیرد [۱۲]. همچنین باید از نظر انعطاف پذیری، (شامل تغییر در طرح محصول، جابجایی‌های آینده و تغییر ماشین‌آلات 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 مناسب‌ترین روش استقرار می‌گردد.

۲-۲ ادبیات تاپسیس فازی

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون^۵ در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد گردید، این مدل یکی از پرکاربردترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌باشد [۲۹]. در این روش تصمیم‌گیری فرض می‌شود که k تصمیم‌گیرنده به ارزیابی m گزینه تصمیم‌گیری یا آلترناتیو می‌پردازد که توسط n معیار مورد ارزیابی قرار می‌گیرند [۱۳]. این نوشتار از آنجا که بیشتر محققین استقرار واحد صنعتی در محاسبات خود از اعداد فازی مثلثی استفاده کرده و آن را مناسب دانسته‌اند [۸] از اعداد فازی به صورت مثلثی که در

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 تصمیم‌گیری 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^۶ و چن و هوانگ^۳ ارائه شده است و توسط چوانگ^۴ چو^۴ 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 ارائه شده است، می‌باشد. قسمت چهارم به پژوهش صورت گرفته در مورد مطالعه پرداخته و در نهایت بخش پنجم تحقیق، به نتیجه‌گیری و ارائه 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 سیستم‌های تولیدی می‌باشد که نقش بسزایی در کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری دارد [۳۶،۱۰]. تعداد زیادی روش و تکنیک جهت جانمایی بهینه واحدهای صنعتی تهیه شده است، روش‌های سیستماتیک جانمایی کامپیوتری [۱۵] و روش‌های دستی زیادی [۴] جهت استقرار واحدها به کار می‌روند، روش‌های کامپیوتری از قبیل روش CRAFT [۵]، الگوریتم COFAD [۲۸]، الگوریتم PLANET [۱۴،۴]، CORELAP [۲۰]، الگوریتم ALDEP [۲۶]، FRAT، H63، HC63-66 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 واحد‌های صنعتی به کار می‌روند. این روش‌ها با توجه به هدف و شرایط محیطی پیدایش آنها در تمامی مواد کاربرد ندارند، ممکن است در این روش‌ها کارایی خود را از دست بدهند [۱۰].

پس علاوه بر اینکه حل مسئله جانمایی خود با دشواری‌هایی رو به رو است، پیدا کردن روش ایده‌آل از بین روش‌ها و فنون موجود جهت مناسب‌ترین جانمایی نیز خود مشکل بزرگی است، لذا هدف این تحقیق انتخاب کاراترین روش استقرار متناسب با شرایط محیطی هر واحد صنعتی می‌باشد. لذا جهت یافتن مناسب‌ترین روش استقرار نیاز به بررسی کلیه معیارهایی که در واحد‌های صنعتی جهت جانمایی بخش‌ها اهمیت دارند می‌پردازیم. مهمترین مشکل در جانمایی واحد‌های صنعتی

5- Hwang and Yoon

2- Negi

3- Chen & Hwang

4- TA-Chung Chu

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

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، ماتریس 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:

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

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

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

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

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

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 راه حل های ایده آل مثبت و منفی فازی در نظر می گیرد و نزدیکترین فاصله نسبی به راه حل ایده آل مثبت فازی انتخاب می شود.

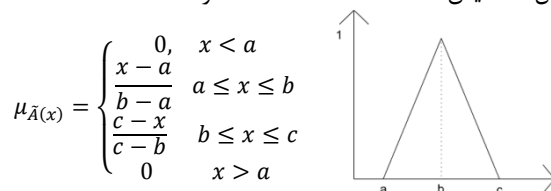
$$0 \leq CC_i \leq 1 \quad \text{و} \quad CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (۱۱)$$

بمنظور تصمیم گیری، CC_i ها را به ترتیب اولویت بندی می کنیم و هر گزینه ای که CC_i بیشتری داشت، انتخاب می کنیم.

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

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.



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 است [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 رتبه بندی [۳۱، ۳۰]
(VL) بسیار کم	(0,0,0.1)
(L) کم	(0,0.1,0.3)
(ML) متوسط کم	(0.1,0.3,0.5)
(M) متوسط	(0.3,0.5,0.7)
(MH) متوسط زیاد	(0.5,0.7,0.9)
(H) زیاد	(0.7,0.9,1)
(VH) بسیار زیاد	(0.9,1,1)

۳-۲ روش تصمیم گیری

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: $X_{ij} = \{x_{ij}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n\}$
- در این قسمت فرض بر این است که K تصمیم گیرنده داریم و درجه بندی فازی هر تصمیم گیرنده $D_k (k = 1, 2, \dots, K)$ می تواند 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.

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

بطوری که $b = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_k$ 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 $w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}$ ، $w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}$ و $w_{j3} = \max_k \{w_{jk3}\}$ بطور کلی یک مسئله MCDM می تواند به صورت ماتریس زیر ارائه گردد.

6- Benefit & Cost Criteria
7- Closeness Coefficient

شده ۳۲ پرسشنامه بازگشت. با توجه به این نرخ پاسخ برابر ۸۶٪ می‌باشد. روایی پرسشنامه با توجه به شاخص‌هایی از قبیل انعطاف پذیری، مناسب بودن طرح انتهایی، میزان پذیرش طرح توسط کارمندان و غیره که در مقالات معتبر بدست آمده است بررسی و تأیید گردیده است. پرسشنامه شامل مجموعه شاخص‌هایی است که از ادبیات تحقیق استخراج شده‌اند، تهیه گردیده است. جهت پاسخ دهی به سوالات پرسشنامه از طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای (بسیار زیاد، زیاد، متوسط، کم، بسیار کم) استفاده شده است. بررسی پایایی پرسش‌نامه با استفاده از روش آلفای کورنباخ، به کمک نرم افزار SPSS بدست آمده است ($\alpha=0.748$). حال در ادامه با توجه به اینکه گزینه متوسط عدد ۳ در نظر گرفته شده است و در این قسمت به دنبال معیار‌هایی که اهمیت آنها از میانگین بیشتر می‌باشند، هستیم، لذا از فرض آماری ($H_0: \mu > 3$) استفاده شده است تا معیار‌های با اهمیت بالاتر از متوسط را انتخاب کنیم. آماره t در این آزمون دارای درجه آزادی $n-1$ در سطح خطای $\alpha=0.05$ بوده و به کمک رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود (مومنی، ۱۳۷۸، ص ۶۵-۷۱).

جدول شماره (۲): نتایج تست‌های آماری

معیارها	آماره آزمون	t	df	Sig. (دوطرفه)	حدود بالا و پایین محدوده‌ها 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 بخش‌ها	3	.626	31	.536*	-.2820	.5320

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S_{\bar{x}}} \quad \text{و} \quad df = n - 1 \quad \text{و} \quad \frac{\alpha}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025 \quad (12)$$

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 سوالات پرسشنامه انجام گرفته، نتیجه آن در جدول شماره ۲ آمده است. معیار تصمیم‌گیری در مورد فرضیات آماری در نرم افزار SPSS مقدار Sig یا

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 می‌باشند:

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

این مرحله به این دلیل انجام می‌گیرد که در هر واحد صنعتی معیارهای انتخاب روش استقرار با دیگر موارد متفاوت می‌باشد، 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 تصمیم‌گیری (مرحله سوم) اولویت بندی کرد. البته جهت بررسی معیارهای دارای اهمیت روش تحلیل عاملی بهتر می‌باشد ولی از آنجا که تعداد نمونه (افراد پاسخ دهنده) در این روش بالا می‌باشد، و در واحد صنعتی امکان نمونه‌گیری 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، واحد‌های ایمنی و بهداشت، واحد تضمین کیفیت و غیره می‌باشد که این افراد دیدی جامع تر نسبت به کلیه فاکتور ها دارند. البته افراد باید به صورتی انتخاب گردد که از همه واحد‌ها به صورت حدوداً یکسان انتخاب گردند و گرنه معیار های انتخاب شده به سمت فعالیت واحد به خصوصی اهمیت پیدا می‌کنند.

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

۴- مثال عددی

۴-۱ تجزیه و تحلیل آماری

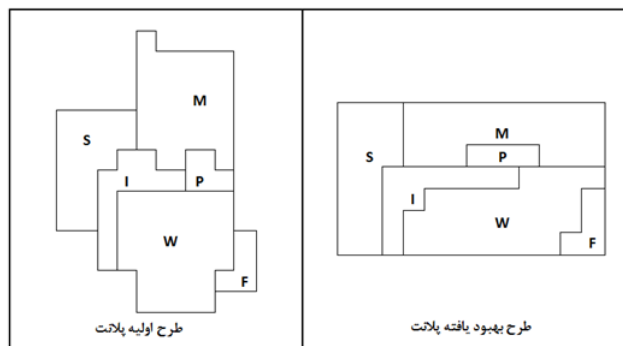
این شرکت یکی از شرکت‌های قطعه ساز در صنعت خودرو که یکی از سازندگان برتر شرکت ایران خودرو است، می‌باشد، این واحد صنعتی شامل فرایندهای متفاوتی از قبیل تراشکاری، برشکاری، فرز، پرس، بازرسی و جوش می‌باشد. در ابتدا طبق مرحله اول الگوی ارائه شده، تعداد ۳۷ پرسشنامه در بین کارمندان شرکت مزبور توزیع شد، که این افراد شامل مهندسان، مدیران واحد تولیدی، سرپرستان خط، کارمندان قسمت توزیع و حمل و قسمت ایمنی و بهداشت می‌باشند. از بین ۳۷ پرسشنامه پخش

معنی داری^۱ می باشد، هم چنین در آزمون فرض های انجام گرفته اگر مقدار آن از ۰/۰۵ بیشتر باشد فرض آماری H_0 رد نمی شود. همچنین برای بررسی اهمیت معیارهای مهم تر جهت استفاده در وزن دهی در مراحل بعدی، فرض آماری $(H_0: \mu > 4)$ نیز انجام داده شده است، البته این فرض، فرض قبلی را نیز پوشش می دهد، لذا معیارهایی نیز که توسط فرض آماری با آماره $\mu > 4$ تایید می گردند در جدول شماره ۲ مشخص شده اند [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 روش های 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.

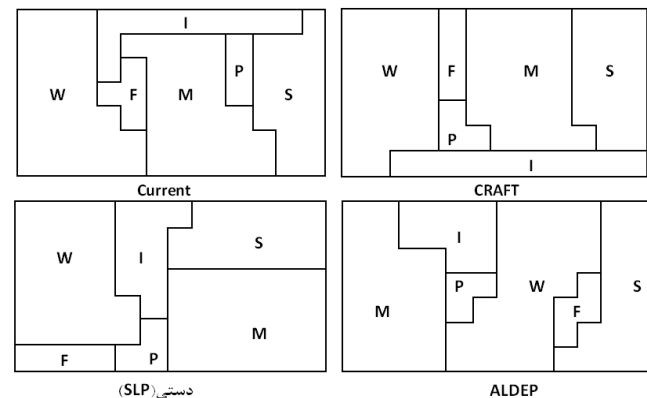


شکل شماره (۲): طرح استقرار انجام شده بوسیله الگوریتم پلانت

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 افزارها 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 الگوریتم های CRAFT، ALDEP، بهبود

8- Significance or P-value



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

۴-۳ اولویت بندی طرح های استقرار

پنج طرح استقرار منتخب که عبارتند از: روش گرفت A_1 ، روش آلدپ A_2 ، روش بهبود یافته فعلی A_3 ، روش دستی مارپیچ A_4 و روش پلانیت 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 محدودیت ها

محدودیت ها	تصمیم گیرنده ها			میانگین وزن ها
	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)

جدول شماره (۴): رتبه‌بندی تصمیم‌گیرنده‌ها 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 C₅ معیار منفی بوده و کمتر بودن آن مطلوب می باشد. در ادامه از سه نفر از افراد با تجربه و خیره که دارای تخصص در زمینه روش های استقرار و لجستیک داخلی بوده اند (D₁, D₂, D₃) در تعیین میزان وزن دهی به اهمیت معیارها 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 C₅ جنبه منفی دارد و عکس معیارهای دیگر می باشد، جهت تعیین میزان ارزش این معیار برای آلترناتیوهای تصمیم‌گیری از شاخصهای (VL=(0, 0, 1), L=(0, 1, 3), MH=(5, 7, 9), M=(3, 5, 7), ML=(1, 3, 5), H=(7, 9, 10), و VH=(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 هر مرحله از حل نرم افزار در زیر ارائه شده است. در این مرحله نتایج ارائه شده در جدول ۴ را که نشان دهنده نظرات تصمیم‌گیرنده‌ها در مورد همه محدودیت‌ها به گزینه‌ها به صورت متغیرهای کلامی بوده را به اعداد فازی به صورت میانگین نظرات تبدیل کرده و نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده است.

ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده و سپس، از حاصلضرب وزن معیارها در ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه شده ماتریس تصمیم‌گیری وزن بندی نرمال طبق رابطه ۵ محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده 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 آلترناتیو‌ها و ایده آل‌های 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 چیدمان‌ها، از معیار نزدیکی طبق رابطه ۱۱ استفاده شده و سپس وزن‌های 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 گرفت در این مثال بهترین انتخاب می باشد.

جدول شماره (۶): 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 هزینه‌ها، قیمت تمام شده و توان رقابتی شرکت ایفا می‌کند، شیوه مناسب استقرار واحد صنعتی می‌باشد، از طرف دیگر شیوه‌ها و فنون زیادی جهت استقرار وجود دارند که نمی‌توان یک گزینه را در همه شرایط مناسب دانست. لذا با توجه به الگوی ارائه شده در این نوشتار می‌توان تمام فاکتورهای 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 می‌گیرند، لذا بهتر است جهت افزایش دقت کار، انجام فرایند تصمیم‌گیری 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 روش‌های تصمیم‌گیری گروهی در شرایط فازی روشی کارا در این مورد می‌باشد. همچنین می‌توان از الگوی ارائه شده جهت حل مسائل مشابه استفاده کرد. اگر روش‌های اولیه که جهت بررسی انتخاب می‌گردند، به طور مناسب انتخاب نگردند، جانمایی‌هایی نیز مناسب نخواهد بود، این مورد را می‌توان از معایب این روش دانست. آنچه لازم به ذکر است، تحقیقات آتی در این زمینه (که شرایط اولیه توسط این مقاله فراهم شده است) می‌تواند، فاکتورهای بیشتری را جهت بررسی دقیق‌تر در حل مدل تصمیم‌گیری لحاظ نمایند.

۶- منابع و مآخذ

- [۱] مومنی، منصور (۱۳۸۷)، تحلیل آماری با استفاده از SPSS، نشر کتاب نو.
- [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 Heidelberg,.
- [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. (1999) **Fuzzy development of crisp activity relationship charts for facilities layout. Computers & Industrial Engineering**, Vol 36, pp 1-16,.
- [16] Hartly, j. F.(1999) **Qualitative Methods in Organizational Research**». Chapter 12.
- [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.

- [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 13 User Guide.
- [25] Schmidt, T. H., Kijster, M., Holtkitter, 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. New York: 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.