

مکان‌یابی تسهیلات صنعتی خودروسازی گروه بهمن با استفاده از روش

ZOLP و Fuzzy TOPSIS

حسین صفری^۱، جلال طالبی^۲

چکیده: در این مقاله برای حل مسئله جایابی یا انتخاب محل بهینه برای تسهیلات و ایستگاه‌های تولیدی شرکت‌های تابعه مجموعه صنعتی گروه بهمن از تلفیق دو مدل Fuzzy TOPSIS و برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح صفر و یک استفاده شده است. عوامل، معیارها و محدودیت‌های شناسایی شده در این مدل به دو دسته عوامل ذهنی و محدودیت‌های عینی تفکیک شده است. گزینه‌های مسئله از میان نقاط موجود و قابل استفاده در فضاهای گروه بهمن انتخاب و لیست شده‌اند. عوامل دسته اول (معیارهای ذهنی) از طریق پژوهش میدانی و نظرسنجی از کارشناسان و مسئولان ذی‌ربط به‌وسیله نظرسنجی استخراج شده و در قالب اعداد فازی مثلثی در مدل TOPSIS استفاده شده‌اند. ۱۰ گزینه مکان انتخاب شده در مطالعه‌ی میدانی از این طریق رتبه‌بندی شده‌اند. سپس مقادیر ضرایب نزدیکی و ضرایب تغییر هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل در دو تابع هدف با حالت بیشینه‌سازی و کمینه‌سازی یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک استفاده شده‌اند و محدودیت‌های دسته دوم (عینی) در قالب محدودیت‌های مدل گفته شده گنجانده شده‌اند. در نهایت پاسخ مدل صفر و یک مشخص‌کننده‌ی نقطه بهینه‌ی نهایی برای استقرار تسهیلات خواهند بود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت تسهیلات، مکان‌یابی، TOPSIS فازی، برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح صفر و یک.

۱. استادیار دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

۲. کارشناسی‌ارشد مدیریت دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۱/۲۸

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۸۹/۸/۱۱

نویسنده مسئول مقاله: حسین صفری

Email: hsaferi@ut.ac.ir

مقدمه

در اغلب واحدهای تولیدی و خدماتی کشور، هنوز دیدگاه سنتی مدیریت تولید و عملیات واحدهای مختلف حاکم بوده و واحدها هر کدام به تنهایی در راستای بهینه‌سازی منافع خود تصمیماتی را اتخاذ می‌کنند. که این امر در اکثر مواقع به افزایش هزینه‌های تولید و قیمت تمام شده محصول و در نتیجه کاهش قابل ملاحظه توان رقابتی شرکت‌ها منجر می‌شود. این مسئله در مورد "جایابی" تسهیلات خطوط تولیدی ملموس تر است [۲].

انتخاب مکان تسهیلات به دلایل زیر اهمیت دارد [۳]:

۱. ارتباط نقطه انتخاب شده با عواملی چون: امکانات موجود، طراحی سیستم‌های تأسیساتی، انرژی، محل‌های تردد، عوامل تکنولوژیکی، محدودیت‌های قانونی، اقتصادی و ... بنابراین یک انتخاب نامناسب می‌تواند به زیان‌های مالی منجر شود.
۲. تأثیر کاهشی بر هزینه‌های شرکت‌های تولیدی (حمل و نقل مواد اولیه، نیمه ساخته و نهایی، سربار و ...) و تأثیر افزایشی بر سود سازمان‌های خدماتی (نزدیکی به مشتریان، ایجاد بازار مناسب و ...).
۳. سرمایه‌گذاری کلان و بلندمدت آن هم در شرایط ریسک و عدم اطمینان به شدت متأثر از مسئله انتخاب مکان است.
۴. ایجاد یک چارچوب و محدودیت عملیاتی همیشگی در تولید که تغییر آن مشکل و هزینه‌بر و گاهی غیر ممکن می‌شود.

پیشینه و ادبیات موضوع

با به وجود آمدن انقلاب صنعتی و تخصصی شدن کار کارگران، مطالعه و بررسی طرح استقرار واحدهای تولیدی به مسئله‌ای اقتصادی برای صاحبان صنعت تبدیل شد. در این زمان بود که صاحبان صنعت متخصصان را برگزیدند تا مسایل طرح‌ریزی واحدهایشان را مطالعه نمایند و نتایج آن توجه به مکان‌یابی، نظم و چیدمان و گروه‌بندی ماشین‌آلات، مسیر جریان مواد و ... بود. بدین ترتیب اصول، روش‌ها و تکنیک‌هایی که تا امروز می‌شناسیم؛ به وجود آمدند [۱۶]. همچنین می‌توان مفهوم مکان‌یابی را "استقرار صحیح در مناسب‌ترین محل مناطق گوناگون یک کشور و نواحی مختلف یک شهر" عنوان کرد [۷]. از دیدگاه کلی سازمان به‌عنوان یک سیستم دارای اجزاء داده، عملیات، ستاده، محیط و

بازخور بوده که با محیط در حال تعامل است. بنابراین عوامل مؤثر در تعیین محل استقرار در دیدگاه سیستمی را می‌توان به شرح زیر بیان نمود [۵]:

- **داده:** منظور ورودی‌های سیستم است که اهم آن عبارتند از مواد اولیه، نیروی کار، هزینه حمل و نقل مواد، دستمزد و ...
- **سیستم عملیاتی:** شامل تکنولوژی مورد استفاده و مشخصات آن و آثار آن بر آلودگی محیط زیست.
- **ستاده:** منظور خروجی‌های سیستم است که عبارت است از مشخصات محصولات تولید شده از نظر سنگینی و حجم آن و نزدیکی محل کارخانه یا انبار به بازار فروش.
- **محیط:** شامل قوانین حقوقی و مالیاتی، رقبا و ... است.

به منظور حل مسایل جایابی با توجه به شرایط متفاوت موجود در فضای مسئله، مدل‌های بسیار متنوعی در کتب و پژوهش‌های انجام شده به چشم می‌خورد که می‌توان بعد از شناسایی ویژگی‌ها و عوامل مؤثر بر مسئله که مختصر به آن اشاره شد و حتی برای مکان صنعتی است یا تجاری و از این قبیل با استفاده یا ترکیبی از مدل‌های گفته شده اقدام به مسئله مربوط کرد که در ذیل اشاره‌ای به آن‌ها می‌شود:

دسته اول - مدل‌های نقطه‌یابی

یعنی مدل‌هایی که نقطه یا نقاط جدید را نسبت به نقاط فعلی موجود و از روی آن‌ها پیدا می‌کنند و به این صورت دسته‌بندی می‌شوند:

الف) روش‌های متعامد (پله‌ای، مستطیلی، قدر مطلق یا خطی شکسته): که خود شامل چندین روش است [۱۲]:

۱. مرکز جاذبه^۱: با کاربرد در مطالعات منطقه‌ای، برنامه‌ریزی حمل و نقل مواد خام به کارخانه، جایابی شهرک‌های مسکونی صنعتی.
۲. روش‌های میانه: با حداقل فاصله، حداکثر تراکم یا حداکثر پوشش برای تعیین مراکز خدماتی مشتریان.
۳. مدل تجمع اوزان: با کاربرد مشابه روش‌های میانه.

۴. روش‌های برنامه‌ریزی خطی، عدد صحیح صفر و یک و مختلط^۱: با کاربرد نقطه‌یابی احداث یک یا چند کارخانه یا ایستگاه‌های اتوبوس و غیره.

(ب) روش اقلیدسی (مستقیم یا هندسی): با محدودیت و بدون محدودیت شامل روش‌های تک متغیره مانند فیوناتچی و جستجوی طلایی^۲ و روش‌های چندمتغیره مبنی بر گرادیان و سیمپلکس با کاربرد جایابی نقاله‌ای، تجهیزات حمل و نقل هوایی، شبکه خطوط انتقال برق، طراحی خطوط لوله و ... [۱۸].

(ج) روش مجذور اقلیدسی (کوادراتیک): با کاربرد جایابی ماشین آتش‌نشانی یا آمبولانس نسبت به محل حادثه و ... [۲۰].

دسته دوم - مدل‌های انتخاب مکان یا نقطه بهینه از میان گزینه‌های پیشنهاد شده
در این مدل‌ها به‌طور عمومی گزینه‌های پیشنهاد شده برای انتخاب لیست می‌شوند سپس یکی از روش‌ها به کار گرفته می‌شوند. مدل‌های مهم در این دسته‌بندی عبارتند از:
الف) روش وزن‌دهی: با ارزش‌دهی به معیارهای کیفی و ضرب این ارزش‌های کمی شده در وزنشان و سپس مرتب کردن نزولی آن‌ها [۴].

(ب) روش براون جیبسون: با تقسیم معیارها به دو دسته ذهنی و عینی و استفاده از مقایسات زوجی بین معیارها [۳].

(ج) روش کارایی مساوات^۳: بر اساس قانون همه یا هیچ کس با کاربرد در بخش‌های عمومی و تسهیلات پزشکی و ... [۱۵].

(د) مدل‌های برنامه‌ریزی پویا: برای در نظر گرفتن کلیه پارامترها با هم و کاربرد در برنامه‌ریزی‌های دوره‌ای کوتاه‌مدت با ملاحظه تغییرات ظرفیت و مراکز تقاضا [۸].

(ه) اثر متقابل فضایی: با اولویت‌دهی مراکز جذب مشتریان و یکسان گرفتن سایر اولویت‌ها و انتخاب قابل دسترس‌ترین در مراکز جذب مشابه [۲۸].

(و) مدل تاکسونومی عددی: از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره^۴ که یک روش آماری برای تعیین محل در فضای N بعدی با تقسیم یک مجموعه به زیر مجموعه‌های همگن و در نهایت اولویت و درجه‌بندی گزینه‌ها [۲۵].

1. Mixed & Zero-One Integer Programming
2. Golden Search
3. Efficiency-Equity
4. Multi Criteria Decision Making

ز) روش TOPSIS¹ از روش‌های جبرانی تصمیم‌گیری چند شاخصه: یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها برای رتبه‌بندی مکان‌های پیشنهاد شده است [۲۹].

ح) برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک: با کاربرد انتخاب یک مکان مورد نیاز از میان گزینه‌ها با کاربرد در زمینه‌های مختلف خدماتی و صنعتی [۸].

به دلیل استفاده از دو مدل کاربردی اخیر یعنی TOPSIS و برنامه‌ریزی صفر و یک در این مقاله، به توضیح مختصری از آن‌ها پرداخته می‌شود.

روش پیشنهادی Fuzzy TOPSIS

تکنیک TOPSIS، توسط هوانگ و یون [۲۱] در سال ۱۹۸۱ ارایه شد. در این روش m گزینه به وسیله n شاخص ارزیابی می‌شوند. منطق اصولی این مدل "راه‌حل ایده‌آل مثبت" و "راه‌حل ایده‌آل منفی" را تعریف می‌کند [۶]. راه‌حل ایده‌آل مثبت راه‌حلی است که معیار سود را افزایش و معیار هزینه را کاهش می‌دهد. راه‌حل ایده‌آل منفی عکس مثبت عمل می‌کند. گزینه‌ی بهینه گزینه‌ای است که دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و در عین حال دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی باشد. به عبارتی در رتبه‌بندی گزینه‌ها به روش TOPSIS گزینه‌هایی که بیشترین تشابه را با ایده‌آل مثبت داشته باشند، رتبه بالاتری کسب می‌کنند [۱]. در این روش علاوه بر در نظر گرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایده‌آل مثبت، فاصله آن از نقطه ایده‌آل منفی هم در نظر گرفته می‌شود. فرض بر آن است که مطلوبیت هر شاخص، به‌طور یکنواخت افزایشی یا کاهش‌ی است. مزایای این روش در مقایسه با روش‌های مشابه مانند AHP آن است که اگر بعضی معیارهای تصمیم از نوع هزینه و هدف، کاهش آن باشد و بعضی دیگر از نوع سود و هدف، افزایش آن باشد. این روش به آسانی جواب ایده‌آل را که ترکیبی از بهترین مقادیر دستیابی به همه معیارها است، پیدا می‌کند.

در این مقاله یک رویکرد سیستماتیک از TOPSIS در محیط فازی معرفی می‌شود. این روش برای حل مسایل تصمیم‌گیری گروهی در محیط فازی بسیار مناسب است. در این حالت، اهمیت معیارهای مختلف و امتیازدهی معیارهای کیفی به‌صورت متغیرهای زبانی انجام می‌شوند. مراحل انجام این روش پیشنهادی به شرح زیر است:

1. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

گام اول - شناسایی معیارهای ارزیابی و متغیرهای زبانی مناسب^۱
 فرض کنید کمیته‌ای متشکل از k تصمیم‌گیرنده (D^1, D^2, \dots, D^k) مسئول ارزیابی m گزینه (A_1, A_2, \dots, A_m) بر اساس n معیار (C_1, C_2, \dots, C_n) هستند. معیارها به صورت هزینه (C) و منفعت (B) طبقه‌بندی می‌شوند. فرض کنید که [۱۹][۲۲][۲۳]:

$$x_{ij}^t = (a_{ij}^t, b_{ij}^t, c_{ij}^t); \quad x_{ij}^t \in R^+; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

یک عدد فازی مثلثی است و معادل با امتیاز تخصیص داده شده به گزینه A_i توسط تصمیم‌گیرنده D^t بر اساس معیار C_j است. به علاوه فرض کنید:

$$w_j^t = (e_j^t, f_j^t, g_j^t); \quad w_j^t \in R^+; \quad j = 1, 2, \dots, n; \quad t = 1, 2, \dots, k \quad (2)$$

یک عدد فازی مثلثی است که معادل با وزن تخصیص داده شده^۲ توسط تصمیم‌گیرنده D^t بر اساس معیار C_j باشد.

گام دوم - ایجاد ماتریس نرمال شده تصمیم‌گیری فازی^۳ (NFDM)
 با توجه به توضیح‌های گام قبلی، اهمیت یا وزن هر معیار و امتیازدهی گزینه‌ها بر مبنای هر معیار به صورت زیر محاسبه می‌شود [۱۵][۲۶][۲۷]:

$$x_{ij} = \frac{1}{k} (\times) [x_{ij}^1 (+) x_{ij}^2 (+) \dots (+) x_{ij}^k]; \quad (3)$$

$$a_{ij} = \sum_{t=1}^k a_{ij}^t / k; \quad b_{ij} = \sum_{t=1}^k b_{ij}^t / k; \quad c_{ij} = \sum_{t=1}^k c_{ij}^t / k$$

$$w_j = \frac{1}{k} (\times) [w_j^1 (+) w_j^2 (+) \dots (+) w_j^k]; \quad (4)$$

$$e_j = \sum_{t=1}^k e_j^t / k; \quad f_j = \sum_{t=1}^k f_j^t / k; \quad g_j^t = \sum_{t=1}^k g_j^t / k$$

1. Identifying the Evaluation Criteria and the Appropriate Linguistic Variables
2. Weight Assigned
3. Constructing The Normalized Fuzzy Decision Matrix (NFDM)

همان‌گونه که در قسمت بالا گفته شد، یک مسئله تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره فازی را می‌توان به صورت خلاصه در ماتریس تصمیم زیر نشان داد:

$$DM = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}; \tilde{W} = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

به منظور اطمینان از سازگاری^۱ بین میانگین امتیازات و میانگین اوزان باید آن‌ها را نرمال‌سازی^۲ نمود تا به مقیاس‌های قابل مقایسه تبدیل شوند. جهت جلوگیری از پیچیدگی فرمول مورد استفاده برای نرمال‌سازی در TOPSIS کلاسیک (نرم اقلیدسی)، در اینجا از مقیاس یا نرم خطی برای تبدیل مقیاس‌های مربوط به معیارهای مختلف استفاده می‌شود. در نتیجه ماتریس تصمیم فازی نرمال شده (\tilde{U}) محاسبه می‌شود [۱۶]. در ادامه این ماتریس به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$c_j^+ = \text{Max}_i c_{ij} \quad , \quad j \in B; \quad \tilde{u}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) \quad , \quad j \in B; \quad (5)$$

$$a_j^- = \text{Min}_i a_{ij} \quad , \quad j \in C; \quad \tilde{u}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \quad , \quad j \in C$$

با توجه به روش نرمال‌سازی بالا، بازه اعداد مثلثی فازی محدود به [۰, ۱] است.

گام سوم- ایجاد ماتریس تصمیم نرمال‌ایز وزندهی شده فازی^۳ (WNFDM)

با توجه به معادله زیر می‌توان ماتریس تصمیم فازی وزندهی شده نرمال را محاسبه کرد.

$$\tilde{V} = \tilde{U}(\times)\tilde{W} \quad (6)$$

گام چهارم- تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی فازی

می‌دانیم که \tilde{V}_{ij} ها اعداد فازی مثلثی مثبت نرمال شده هستند و محدوده آن‌ها در بازه بسته

[۰, ۱] است. سپس راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی فازی عبارتند از:

1. Compatibility
2. Normalization
3. Constructing The Weighted Normalized Fuzzy Decision Matrix (WNFDM)

$$S^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+), \tilde{v}_j^+ = (\text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^a, \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^b, \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^c) \quad (7)$$

$$S^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-), \tilde{v}_j^- = (\text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^a, \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^b, \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^c)$$

گام پنجم-رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها

در این مرحله دو روش برای رتبه‌بندی گزینه‌ها پیشنهاد می‌شود. روش اول- محاسبه ضریب نزدیکی^۱: در روش اول فاصله گزینه‌ها از S^+ و S^- به این صورت محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sum d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) \quad (8)$$

$$d_i^- = \sum d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (9)$$

که d_i^+ فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل مثبت و d_i^- فاصله هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل منفی است. در این مقاله از روش الماس یا دیاموند برای محاسبه فاصله هر گزینه از راه‌حل‌های ایده‌آل مثبت و منفی استفاده می‌شود [۲۴]. بنابراین خواهیم داشت:

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+) = \left\{ \left[\tilde{v}_{ij}^b - \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^b \right]^2 + \left[(\tilde{v}_{ij}^b - \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^b) - (\tilde{v}_{ij}^a - \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^a) \right]^2 + \left[(\tilde{v}_{ij}^b - \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^b) - (\tilde{v}_{ij}^c - \text{Max}_i \tilde{v}_{ij}^c) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

$$d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) = \left\{ \left[\tilde{v}_{ij}^b - \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^b \right]^2 + \left[(\tilde{v}_{ij}^b - \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^b) - (\tilde{v}_{ij}^a - \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^a) \right]^2 + \left[(\tilde{v}_{ij}^b - \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^b) - (\tilde{v}_{ij}^c - \text{Min}_i \tilde{v}_{ij}^c) \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

سپس برای رتبه‌بندی گزینه‌ها، ضریب نزدیکی آن‌ها بر اساس d_i^+ و d_i^- و به ترتیب زیر محاسبه می‌شود [۱۳][۱۴][۱۷].

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

واضح است که اگر گزینه A_i به S^+ یا راه‌حل ایده‌آل مثبت نزدیک‌تر و از S^- یا راه‌حل ایده‌آل منفی دورتر باشد، ضریب نزدیکی (CC_i) به سمت یک میل خواهد کرد. سپس بر اساس مقدار ضریب نزدیکی، می‌توان نسبت به رتبه‌بندی گزینه‌ها اقدام نمود. در واقع گزینه‌هایی که دارای ضریب نزدیکی بیشتری هستند، رتبه بالاتری نیز خواهند داشت.

روش دوم: محاسبه ضریب تغییر^۱

در روش دوم ابتدا با توجه به تمامی معیارها، مجموع هر گزینه بر اساس هر معیار از ماتریس تصمیم‌گیری وزندهی شده نرمال‌فازی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S_i^S = (S_i^{Sa}, S_i^{Sb}, S_i^{Sc}) = \left(\sum_{j=1}^n \tilde{v}_{ij}^a, \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{ij}^b, \sum_{j=1}^n \tilde{v}_{ij}^c \right) \quad (13)$$

بنابراین S_i^S یک عدد مثلثی فازی خواهد بود. به منظور انتخاب بهترین گزینه یا رتبه‌بندی گزینه‌ها، لازم است که یک عدد قطعی معادل ارزش هر عدد فازی استخراج نمود. بدین منظور روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است که هر کدام دارای مزایا و معایبی هستند [۱۲]. در مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، بسیاری از اعداد فازی را می‌توان با ترسیم منحنی‌های^۲ آن‌ها رتبه‌بندی کرد. اگر ترتیب این اعداد با شکل آن‌ها^۳ مشخص نشود، از روش‌های دیگری استفاده می‌شود. می‌توان اعداد را بر مبنای مقدار میانگین و انحراف معیار رتبه‌بندی نمود که از دیدگاه علم آمار، این کار برای مقایسه‌ی دو عدد فازی صحیح نیستند. علاوه بر این، با توجه به نظریه لی و لای [۱۰]، در صورتی که عددی مقدار میانگین بالا داشته باشد و پراکندگی آن پایین باشد، رتبه بالاتری می‌گیرد. اما برای مقدار میانگین بالا و پراکندگی بالا یا میانگین پایین و پراکندگی پایین رتبه‌بندی به آسانی امکان‌پذیر نیست [۱۱]. بنابراین یک شاخص مؤثر برای رتبه‌بندی تحت عنوان ضریب تغییر به صورت زیر پیشنهاد می‌شود:

$$\text{ضریب تغییر} = \frac{\text{انحراف استاندارد}}{\text{میانگین}} = \frac{\sigma}{\mu} ; \mu \neq 0, \sigma > 0 \quad (14)$$

1. Coefficient of Variation (CV)
2. Curves
3. Figures

برنامه‌ریزی عدد صحیح صفر و یک

کاربرد برنامه‌ریزی صفر و یک در پرداختن به تصمیم‌هایی از نوع بله یا خیر است. در چنین مواردی فقط با دو نوع انتخاب یعنی "بله" یا "نه" روبه‌رو هستیم به‌عنوان نمونه آیا پروژه مورد نظر را باید پیاده کرد یا خیر؟ آیا سرمایه‌گذاری مورد نظر را باید انجام داد یا خیر؟ آیا نقطه‌ی X مکان مناسبی جهت احداث ایستگاه تولیدی است یا خیر؟

هر تصمیمی که فقط دو انتخاب در پیش رو داشته باشد، می‌توان بر حسب متغیرهایی بیان کرد که فقط دو مقدار و یعنی صفر و یک را انتخاب کنند. از این زامین متغیر تصمیم از نوع بله یا نه را با X_j نشان می‌دهیم به طوری که: اگر تصمیم بله باشد آنگاه: $X_j = 1$ و اگر تصمیم نه باشد آنگاه: $X_j = 0$ خواهد بود. به چنین متغیرهایی، متغیرهای صفر و یک یا متغیرهای دو تایی^۱ گفته می‌شود [۹]. شکل عمومی برنامه‌ریزی عدد صحیح به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Min or Max } Z &= \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \\ \text{S.t } \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot x_j &\begin{cases} \geq \\ \leq \\ = \end{cases} b_i \quad (i=1, \dots, m) \end{aligned} \quad (15)$$

$$x_j \geq 0, \text{ integer}$$

در صورتی که $x_j = 0$ یا $x_j = 1$ باشد مدل فوق یک مدل برنامه‌ریزی صفر و یک خواهد بود [۸].

متدولوژی

در این قسمت به معرفی معیارها، عوامل و محدودیت‌ها و دسته‌بندی آن‌ها به ارایه یک مدل مناسب جهت انتخاب مکان بهینه تسهیلات تولیدی مثال موردی این پژوهش یعنی گروه صنعتی بهمن پرداخته خواهد شد. این مدل سعی دارد با در نظر گرفتن کلیه معیارهای کیفی و ذهنی و عوامل و محدودیت‌های تأثیرگذار، مکانی را انتخاب کند که بیشترین ارزش‌ها را از بین سایر گزینه‌ها داشته و علاوه بر آن محدودیت‌های کمی و عینی را نیز ارضاء کند.

کلیه عوامل، پارامترها و محدودیت‌های مؤثر در تصمیم‌گیری برای انتخاب مکان یک خط جدید رنگ، طی نظرسنجی و محاسبه با مدیران و کارشناسان بخش‌های مختلف و مربوط در کارخانه‌های گروه بهمن، شناسایی و بررسی شده و در نهایت ۱۶ عامل و معیار و محدودیت انتخاب و معرفی شده و برای آن‌ها دسته‌بندی دوگانه‌ای انجام شد، که دسته اول شامل معیارهای کیفی و ذهنی (یعنی ۱۰ عامل) و دسته دوم نیز شامل محدودیت‌های کمی و عینی (یعنی ۶ محدودیت) است. جهت تعیین تکنیک یا روش‌های جامع برای مکان‌یابی، بررسی‌ها و مطالعه‌های لازم روی مدل‌های مکان‌یابی برای هر دسته از عوامل انجام شد و این نتیجه حاصل شد که امکان استفاده از یک مدل و روش، به تنهایی وجود ندارد. بنابراین تکنیک‌ها و روش‌های مناسب با هر کدام به ترتیب ذیل معرفی می‌شود:

الف) شناسایی عوامل کیفی یا ذهنی و اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از *Fuzzy TOPSIS*

عوامل و معیارهای دسته اول کیفی و ذهنی در واقع عامل‌هایی هستند که در جذب امکانات و تسهیلات و دسترسی‌ها برای شرکت تولیدی مؤثر هستند و با جمع‌آوری اطلاعات از خبرگان با روش‌هایی که اشاره شد (یعنی مصاحبه، پرسشنامه و پژوهش میدانی) حاصل شده و پس از جمع‌بندی و حذف عوامل تکراری ۱۰ گزینه زیر به دست آمده است:

- ۱- امکان توسعه فضا در آینده؛
- ۲- دسترسی به تأمین کنندگان مواد، خدمات، نیروی کار و ...؛
- ۳- دسترسی به مشتری؛
- ۴- وجود امتیازات خاص (توسعه و تنوع فعالیت‌های گروه، سیاست‌های تشویقی دولت، کارآفرینی، تمرکز زدایی و ...)؛
- ۵- نداشتن محدودیت‌های زیست محیطی (دفع پسماند، آلودگی هوا و ...)؛
- ۶- عدم نیاز به اخذ مجوز ساخت (شهرداری و ...) برای مکان پیشنهاد شده؛
- ۷- نبود شرکت‌ها و تسهیلات مشابه در محل (کم بودن رقبا)؛
- ۸- سهولت حمل و نقل (داخل و خارج کارخانه) قبل و بعد از انجام فرآیند در مکان؛
- ۹- امکانات تأمین آب؛

۱۰- امکانات تأمین انرژی.

نظر به ذهنی و کیفی بودن ماهیت عوامل یاد شده یعنی وجود امکانات، تسهیلات و دسترسی به پارامترهای مختلف و الزام در انتخاب یکی از گزینه‌ها یا به بیانی انتخابی بودن ماهیت مسئله، از میان روش‌های مختلف اشاره شده، مدل TOPSIS با به کارگیری مقادیر کیفی یا متغیرهای زبانی یا به بیانی داده‌های فازی مناسب تشخیص داده شده و استفاده شده است.

ب) شناسایی محدودیت‌های عینی یا کمی و تعریف مدل نهایی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی صفر و یک

در عوامل دسته دوم بحث محدودیت‌های کمی و عینی یعنی محدودیت‌های قابل اندازه‌گیری مانند مسافت و مساحت و حجم و ظرفیت تولید و میزان سرمایه‌گذاری و مدت زمان اجرای پروژه مطرح می‌شود که بخش دوم مسئله را به استفاده از مبحث فازی بی‌نیاز می‌کند. محدودیت‌های کمی و عینی این مسئله عبارتند از:

۱- ابعاد لازم برای خط رنگ مورد نیاز طبق اعلام‌های انجام شده برابر با ۵۰۰ متر مربع مساحت و به ارتفاع یازده متر است. همچنین فضای هر یک از ۱۰ مکان پیشنهاد شده مشخص است.

۲- فاصله بین ایستگاه‌های قبل و بعد تولید نباید بیش از ۱۱۰۰ متر مربع باشد.

۳- فضای انبارش هر کدام از مکان‌های پیشنهاد شده (طبق درصد اطمینان تأمین فضا برای تغذیه و تخلیه خط رنگ) حداقل باید ۱۰۰۰ متر مربع باشد.

۴- ظرفیت خروجی خط رنگ مزبور با توجه به دمای استاندارد ۹۰ درجه سانتیگراد و مدت پخت استاندارد ۴۵ دقیقه و پیوستگی ایستگاه‌های آن (صیقل‌کاری، تمیزکاری و گردگیری، پاشش رنگ، گاززدایی و کوره) و با توجه طول خط و طبق رابطه $d=v.t$ می‌تواند سرعت و ظرفیت متغیر داشته باشد. اما نباید از تولید روزانه ۹۰ دستگاه قطعات خودرو کمتر باشد.

۵- میزان توان سرمایه‌گذاری برای این پروژه از طرف شرکت حداکثر ۴۵۰۰ میلیون ریال اعلام شده است.

۶- مدت اجرای پروژه نیز نباید بیش از ۸ ماه باشد.

نکته اساسی در این بخش ترکیب و ایجاد ارتباط بین مدل عوامل دسته اول و عوامل دسته دوم است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مقادیر ضرایب نزدیکی به‌دست آمده از مدل عوامل دسته اول یعنی TOPSIS به‌منظور حداکثرسازی میزان ارزش‌های گزینه انتخابی، وارد تابع هدف مدل برنامه‌ریزی صفر و یک شده و سپس عوامل تأثیرگذار دوم یعنی محدودیت‌های عینی و کمی، مانند ابعاد، ظرفیت، هزینه و زمان اجرا، محدودیت‌های مدل صفر و یک را تشکیل دهند.

به‌کارگیری مدل و مطالعه‌ی موردی

جهت حل مسئله جایابی تسهیلات صنعتی گروه بهمن به بررسی و مطالعه‌ی موردی استقرار یک خط جدید رنگ مورد نیاز پرداخته شده است و برای این منظور مکان‌ها و فضاهای موجود در کارخانجات مجموعه گروه مورد بررسی و بازدید و ارزیابی و همچنین نظرسنجی و استعلام از کارشناسان و مدیران مربوط قرار گرفتند و مکان‌های زیر برای این مسئله پیشنهاد شدند.

- ۱ - ضلع غربی سالن پرس (شمال رستوران شرکت شاسی ساز) - جاده قدیم کرج؛
- ۲ - انبار جنوبی خط رنگ شرکت شاسی ساز (محل انبار فعلی قطعات نیمه ساخته شاسی ساز) - جاده قدیم کرج؛
- ۳ - ضلع شرقی شرکت آکام فلز (فضای انبار تخصیص داده شده به شرکت شاسی ساز) - جاده قدیم کرج؛
- ۴ - خط پرچکاری فعلی شاسی ساز جاده قدیم کرج - جاده قدیم کرج؛
- ۵ - فضای میانی سالن سابق بهمن دیزل (انبار قطعات فلزی بهمن موتور) - جاده قدیم کرج؛
- ۶ - فضای شمالی سالن سابق بهمن دیزل (جنوب و غرب آزمایشگاه بهمن موتور) - جاده قدیم کرج؛
- ۷ - سوله قطعه‌سازی (انبار سابق قطعات نیمه ساخته شرکت شاسی ساز) - جاده قدیم کرج؛
- ۸ - سوله خالی شرکت کلاهدوز (ضلع غربی شرکت شاسی ساز) - جاده قدیم کرج؛
- ۹ - سوله خالی ضلع شرقی مرکز خدمات پس از فروش - جاده مخصوص کرج؛

۱۰ - فضای خالی جنب خط رنگ شرکت بهمن دیزل - شهرک صنعتی البرز قزوین.

الف) استفاده از مدل *TOPSIS Fuzzy*

در مرحله نخست *TOPSIS Fuzzy* استفاده شده است. در ادامه بر اساس مراحل این تکنیک، شیوه تحلیل داده‌ها بیان می‌شود.

گام اول: شناسایی و امتیازدهی به معیارها و همچنین تخصیص امتیاز به هر گزینه بر اساس معیارها

از میان عوامل اشاره شده در بخش متدولوژی ۱۰ عامل اول، همان عوامل ذهنی یا قضاوتی اشاره شده هستند که برای استفاده در مدل نیاز به انجام نظر سنجی دارد که در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول مقیاس لیکرت هفت تایی با استفاده از متغیرهای زبانی $S = \{VL, L, ML, M, MH, H, VH\}$ استفاده شده است. همچنین وزن معیارها در قالب یک طیف هفت تایی $W = \{VP, P, MP, F, MG, G, VG\}$ تعریف شد.

گام دوم: ایجاد ماتریس نرمال شده تصمیم‌گیری فازی: از روابط ۳ و ۴ به منظور محاسبه ماتریس‌های نرمال شده استفاده شده است. جدول (۱)، وزن معیارها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. اوزان معیارها

معیار (C)	C	وزن (W)		
		۰/۶۳	۰/۸۳	۰/۹۵
امکان توسعه فضا در آینده	C1	۰/۶۳	۰/۸۳	۰/۹۵
دسترسی به تامین کنندگان مواد، خدمات، نیروی کار و ...	C2	۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۷۸
دسترسی به مشتری	C3	۰/۵۵	۰/۷۳	۰/۸۸
وجود امتیازات خاص	C4	۰/۴۲	۰/۶۲	۰/۷۸
نداشتن محدودیتهای زیست محیطی	C5	۰/۵۳	۰/۷۱	۰/۸۴
عدم نیاز به اخذ مجوز ساخت برای مکان پیشنهاد شده	C6	۰/۶۳	۰/۷۸	۰/۸۷
نبود شرکت‌ها و تسهیلات مشابه در محل	C7	۰/۳۸	۰/۵۶	۰/۷۳
سهولت حمل و نقل قبل و بعد از انجام فرآیند در مکان پیشنهاد شده	C8	۰/۷۲	۰/۸۹	۰/۹۸
امکانات تامین آب	C9	۰/۴۳	۰/۶۱	۰/۷۷
امکانات تامین انرژی	C10	۰/۴۳	۰/۶۰	۰/۷۵

گام سوم: ایجاد ماتریس تصمیم نرمال وزن‌دهی شده فازی: بر اساس روابط ۵ و ۶ محاسبات مربوط انجام شده است.

گام چهارم: تعیین راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی فازی: در این گام نیز راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی فازی با استفاده از رابطه ۷ محاسبه می‌شود. نتایج محاسبات به ترتیب جدول زیر است.

جدول ۲. مقادیر راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی

ایده‌آل	مقادیر راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی											
	C1			C2			C3					
(S+)	۰/۳۲	۰/۵۶	۰/۷۹	۰/۲۵	۰/۴۸	۰/۷۳	۰/۳۳	۰/۵۷	۰/۸۲			
(S-)	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۴۶	۰/۱۳	۰/۲۸	۰/۵۰	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۳۱			
ایده‌آل	مقادیر راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی											
	C4			C5			C6					
(S+)	۰/۳۰	۰/۵۴	۰/۷۵	۰/۲۹	۰/۵۳	۰/۷۷	۰/۳۲	۰/۵۴	۰/۷۳			
(S-)	۰/۰۹	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۴۵	۰/۰۷	۰/۲۰	۰/۳۶			
ایده‌آل	مقادیر راه‌های ایده‌آل مثبت و منفی											
	C7			C8			C9			C10		
(S+)	۰/۲۱	۰/۴۲	۰/۶۷	۰/۴۷	۰/۷۶	۰/۹۸	۰/۲۲	۰/۴۴	۰/۷۰	۰/۲۹	۰/۵۰	۰/۷۲
(S-)	۰/۱۵	۰/۳۱	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۴۳	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۴۷	۰/۱۵	۰/۳۱	۰/۵۳

گام پنجم: در گام نهایی باید به رتبه‌بندی گزینه‌ها پرداخت که دو روش برای رتبه‌بندی پیشنهاد شده است. در روش اول از ضریب نزدیکی استفاده می‌شود. در این روش برای محاسبه d_i^+ و d_i^- از روابط ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ و ضریب نزدیکی از رابطه ۱۲ استفاده می‌شود. بر اساس شاخص CC، وضعیت گزینه‌های مختلف به ترتیب جدول زیر است.

جدول ۳. فواصل ایده آل مثبت و منفی گزینه‌ها و ضرایب نزدیکی آن‌ها

رتبه	CC_i	d_i^-	d_i^+	گزینه پیشنهادی
۱	۰/۶۶۱۵	۰/۸۴	۰/۴۳	A1
۴	۰/۵۵۷۴	۰/۶۵	۰/۵۲	A2
۵	۰/۵۵۶۶	۰/۶۵	۰/۵۱	A3
۷	۰/۵۲۱۳	۰/۶۲	۰/۵۷	A4
۶	۰/۵۴۴۰	۰/۶۲	۰/۵۲	A5
۳	۰/۵۸۴۳	۰/۶۹	۰/۴۹	A6
۲	۰/۶۲۳۲	۰/۷۲	۰/۴۳	A7
۹	۰/۴۱۱۶	۰/۴۶	۰/۶۵	A8
۱۰	۰/۳۹۸۰	۰/۴۵	۰/۶۸	A9
۸	۰/۴۱۳۵	۰/۵۵	۰/۷۸	A10

بنابراین بیشترین مقدار یعنی ۰/۶۶۱۵ مشخص کننده جواب مسئله است. یعنی از میان ۱۰ گزینه موجود و بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های کمی، "گزینه یک" خواهد بود. اما در روش دوم از ضریب تغییر استفاده می‌شود. در این روش همان مقادیر به دست آمده از گام سوم یعنی \tilde{V} ها برای هر گزینه و معیار در روابط میانگین و انحراف استاندارد "لی و لای" قرار گرفته و در نهایت ضریب تغییر هر یک از آن‌ها طبق رابطه ۱۴ محاسبه می‌شود. نتایج به شرح جدول زیر است.

جدول ۴. میانگین و انحراف استاندارد و ضریب تغییر گزینه‌ها

رتبه	ضریب تغییر	انحراف معیار	میانگین	حاصل جمع	گزینه پیشنهادی
۴	۰/۱۰۸۶	۰/۵۰	۴/۵۶	۶/۸۴	A1
۶	۰/۱۱۱۷	۰/۴۸	۴/۲۷	۶/۵۲	A2
۳	۰/۱۰۵۰	۰/۴۴	۴/۲۱	۶/۳۷	A3
۹	۰/۱۱۴۱	۰/۴۶	۴/۰۴	۶/۲۷	A4
۸	۰/۱۱۲۶	۰/۴۷	۴/۱۹	۶/۴۴	A5
۲	۰/۱۰۱۶	۰/۴۴	۴/۲۹	۶/۴۳	A6
۵	۰/۱۱۱۵	۰/۵۱	۴/۵۳	۶/۸۳	A7
۱۰	۰/۱۱۴۹	۰/۴۲	۳/۶۳	۵/۷۷	A8
۷	۰/۱۱۱۹	۰/۴۲	۳/۷۴	۵/۸۸	A9
۱	۰/۰۹۸۱	۰/۳۷	۳/۷۹	۵/۸۰	A10

همچنین در این حالت یا روش دوم مشاهده می‌شود که بهترین گزینه دارای کمترین مقدار CV ها یا مقدار ۰/۰۹۸۱ است که در واقع "گزینه دهم" است.

ب) استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح صفر و یک

در این مرحله مقادیر کمی به دست آمده از TOPSIS به عنوان ضرایب تابع هدف مدل ZOILP تلقی شده و نیز شش محدودیت عینی و کمی گفته شده را به عنوان محدودیت‌های مدل استفاده قرار می‌شود.

حالت اول- ایجاد مدل ZOLP با استفاده از نتایج روش اول و تشکیل تابع هدف

پیشینه‌سازی

در این حالت مقادیر CC از روش اول گام پنجم مرحله قبل، به عنوان ضرایب تابع هدف با حالت پیشینه‌سازی استفاده می‌شوند و گسترش آن به شکل زیر خواهد شد:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & 0/6615x_1 + 0/5574x_2 + 0/5566x_3 + 0/5213x_4 + 0/544x_5 \\ & 0/5843x_6 + 0/6232x_7 + 0/4116x_8 + 0/398x_9 + 0/4135x_{10} \end{aligned}$$

حالت دوم- ایجاد مدل ZOLP با استفاده از نتایج روش دوم و تشکیل تابع هدف

کمینه‌سازی

در این حالت مقادیر CV از روش دوم گام پنجم مرحله قبل، به عنوان ضرایب تابع هدف با حالت کمینه‌سازی استفاده می‌شوند و بسط آن به شکل زیر خواهد شد:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & 0/1089x_1 + 0/1117x_2 + 0/105x_3 + 0/1141x_4 + 0/1126x_5 \\ & 0/1016x_6 + 0/1115x_7 + 0/1149x_8 + 0/1119x_9 + 0/981x_{10} \end{aligned}$$

وضعیت محدودیت‌ها نیز به شرح زیر است.

$$\sum_{i=1}^m V_i x_i \geq 50 \times 11 \quad \text{i: اندیس مکان پیشنهاد شده}$$

Wi: وزن به دست آمده از معیارهای قبلی (داده های TOPSIS)

$$\sum_{i=1}^m D_i x_i \leq 1100 \quad \text{Xi: مکان پیشنهاد شده i ام}$$

Vi: حجم مکان i ام

$$\sum_{i=1}^m A_i x_i \geq 1000 \quad \text{Di: فاصله مکان i ام از ایستگاه‌های قبل و بعد فرآیند رنگ}$$

$$\sum_{i=1}^m P_i x_i \geq 90 \quad \text{Ai: مساحت قابل اطمینان انبار مکان i ام از ایستگاه‌های قبل و بعد فرآیند رنگ}$$

$$\sum_{i=1}^m C_i x_i \leq 4500 \quad \text{Pi: ظرفیت تولیدی مکان } i \text{ ام پس از نصب و راه‌اندازی}$$

$$\sum_{i=1}^m T_i x_i \leq 8 \quad \text{Ci: هزینه اجرا (نصب و راه‌اندازی) خط رنگ در مکان پیشنهاد شده } i \text{ ام}$$

$$\text{Ti: زمان اجرا خط رنگ در مکان } i \text{ ام}$$

مسئله بالا در هر دو حالت تابع هدف توسط نرم‌افزار WINQSB حل شده و نتایج آن‌ها به ترتیب جدول‌های زیر است.

جدول ۵. خروجی‌های نرم برای مدل با تابع هدف ماکسیمم با ضرایب CC

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution
۱	X1	صفر	۰/۶۶۱۵	صفر
۲	X2	صفر	۰/۵۵۷۴	صفر
۳	X3	صفر	۰/۵۵۶۶	صفر
۴	X4	صفر	۰/۵۲۱۳	صفر
۵	X5	صفر	۰/۵۴۴	صفر
۶	X6	صفر	۰/۵۸۴۳	صفر
۷	X7	یک	۰/۶۲۳۲	۰/۶۲۳۲
۸	X8	صفر	۰/۴۱۱۶	صفر
۹	X9	صفر	۰/۳۹۸	صفر
۱۰	X10	صفر	۰/۴۱۳۵	صفر

جدول ۶. خروجی‌های نرم‌افزار برای مدل با تابع هدف مینیمم با ضرایب CV

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution
۱	X1	صفر	۰/۱۰۸۶	صفر
۲	X2	صفر	۰/۱۱۱۷	صفر
۳	X3	صفر	۰/۱۰۵	صفر
۴	X4	صفر	۰/۱۱۴۱	صفر
۵	X5	صفر	۰/۱۱۲۶	صفر
۶	X6	صفر	۰/۱۰۱۶	صفر
۷	X7	یک	۰/۱۱۱۵	۰/۱۱۱۵
۸	X8	صفر	۰/۱۱۴۹	صفر
۹	X9	صفر	۰/۱۱۱۹	صفر
۱۰	X10	صفر	۰/۰۹۸۱	صفر

بنابراین در هر دو حالت X_7 برابر با یک و سایر متغیرها معادل صفر است. همان گونه که از نتایج هر دو حالت بالا قابل مشاهده است، شرکت با در نظر گرفتن شش محدودیت گفته شده و حق انتخاب حداکثر یک مکان (با توجه به نیاز شرکت و به تبع آن صفر و یک شدن مدل L.P) مجاز به انتخاب "گزینه شماره هفت" است. یعنی با انتخاب این گزینه به عوامل مؤثر در مکان‌یابی، بیشترین اهمیت قایل شده و با رعایت محدودیت‌های عینی، کمترین هزینه‌های ثابت و متغیر در حین تولید صرف خواهد شد.

نتیجه‌گیری

همانگونه که از نتایج بالا قابل مشاهده است، شرکت با در نظر گرفتن شش محدودیت گفت هشده و حق انتخاب حداکثر یک مکان (با توجه به نیاز شرکت و به تبع آن صفر و یک شدن مدل LP) مجاز به انتخاب مکان پیشنهاد شده شماره "هفت" است. یعنی با انتخاب این گزینه به عوامل مؤثر در مکان‌یابی، بیشترین اهمیت قائل شده و با رعایت محدودیت‌های عینی، کمترین هزینه‌های ثابت و متغیر در حین تولید صرف خواهد شد. به عبارتی بهترین مکان برای انتخاب و خریداری و استقرار و راه‌اندازی و بهره‌برداری از خط جدید رنگ، گزینه شماره ۷- سوله قطعه‌سازی (انبار سابق قطعات نیمه ساخته شرکت شاسی ساز واقع در جاده قدیم کرج) خواهد بود.

نکته قابل اشاره این است که اولویت‌های پیشنهادی نتایج مدل TOPSIS با داده‌های فازی یعنی معیارهای کیفی و ذهنی این اجازه را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که در صورت نداشتن محدودیت بتواند به ترتیب نتایج TOPSIS یعنی رتبه‌بندی‌های اشاره شده هر دو روش گام پنجم (یعنی گزینه شماره "یک" از روش اول یا اولویت‌های بعدی و از روش دوم نیز گزینه "دهم" یا اولویت‌های بعدی) را انتخاب نماید. به بیانی دیگر پاسخی را باید انتخاب نمود که به نظرات کلی و جمعی خبرگان و تصمیم‌گیرندگان نزدیک‌تر باشد. اما وجود برخی محدودیت‌های واقعی در اجرا و احداث مکان تولیدی جدید (یعنی شش محدودیت گفته شده) تصمیم‌گیرندگان را مجاب به انتخاب متغیر با جواب "یک" در مدل برنامه صفر و یک، یعنی گزینه شماره "هفت" این مسئله می‌نماید.

نکته جالب توجه این است که نتیجه حاصل از محاسبات با نظرات اکثر تصمیم‌گیرندگان و مدیران منطبق بود و بسیاری از مصاحبه‌شوندگان قبل از نظرسنجی و

ارایه اطلاعات جهت طراحی مدل مکان یابی در این مطالعه و به دست آوردن جواب، پیشنهاد انتخاب گزینه شماره هفت را مطرح نموده بودند و به کارگیری روش مزبور، مدیران را از صحت و کاربردی بودن آن مطمئن ساخت.

منابع

۱. اصغرپور محمدجواد (۱۳۸۵). تصمیم‌گیری چند معیاره، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
۲. انتظاری هروی عبدالرسول (۱۳۸۳). طرح‌ریزی واحدهای صنعتی، تهران، نشر جام جم، دانشگاه امام حسین (ع).
۳. جعفرنژاد احمد (۱۳۸۵). مدیریت تولید و عملیات نوین، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت.
۴. زنجیرانی رضا، داوری سهیل (۱۳۸۵). طراحی سیستم‌های صنعتی (مکان‌یابی تسهیلات)، تهران، دانشکده مهندسی صنایع دانشگاه امیرکبیر.
۵. صادقی شکوفه (۱۳۸۷). جایابی بهینه مراکز توزیع در فرآیند بازاریابی شرکت تالیا با استفاده از روش‌های ریاضی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت.
۶. مؤمنی منصور (۱۳۸۵). مباحث نوین تحقیق در عملیات، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت.
۷. مهربانی کوشکی علی (۱۳۸۰). مکان‌یابی صنایع با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره در نیروگاه برق، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مدیریت.
۸. مهرگان محمدرضا (۱۳۸۳). پژوهش عملیاتی و کاربردهای آن، تهران، نشر کتاب دانشگاهی.
۹. هیلیر فردریک س. و جرالدد ج. لیبرمن (۱۳۸۱). تحقیق در عملیات (برنامه‌ریزی ریاضی)، ترجمه مدرس یزدی و آصف وزیری، نشر تندر.
10. C.H. Cheng (1998). A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method, *Fuzzy Sets and Systems*; 95: 307- 317.
11. Chang P.T, Lee E.S. (1994). Ranking of fuzzy sets based on the concept of existence, *Computers mathematics application*; 27(9/10): 1-21.
12. Chen S-J, Hwang C-L (1992). Fuzzy multiple attribute decision making methods and applications, *Lecture notes in economics and mathematical Systems*, Springer, New York.

13. Chen C.T (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, fuzzy sets and systems; 114: 1-9.
14. Cheng C.H (1998). A new approach for ranking fuzzy numbers by distance method, Fuzzy sets and systems; 95: 307- 317.
15. Cheol-Jou, Cho (1998). An equity efficiency trade-of model for the optimum location of medical care facilities Pergamon; 32(2): 99-112.
16. Chu T. C (2002). Selecting plant location via a fuzzy TOPSIS approach, International journal of manufacturing technology; 20: 859-864.
17. Chu Ta-Chung (2002). Facility location selection using fuzzy TOPSIS under group decisions, journal of uncertainty; 10(6): 687-701.
18. Diamond P (1988). Fuzzy least squares, Information sciences; 46: 141-157.
19. Dubis D, Prade H (1978). Operations on fuzzy numbers, International journal of systems science; 9: 613-626.
20. Francis R.L, Mc Ginnis L.F, White J.A (1998). Facility layout & location. An analytical approach, Pearson Education POD.
21. Hwang, Ching-Lai and Yoon, Kwangsun (1980). Lecture notes in economics and mathematical systems. Springer Verlag Berlin Heidelberg.
22. Kaufmann A, Gupta M.M (1985). Introduction to fuzzy arithmetic: Theory and applications, Van Nostrand Reinhold, New York.
23. Lee E.S, Li R.L (1988). Comparison of fuzzy numbers based on the probability measure of fuzzy events, Computer mathematics application; 15: 887-896.
24. P. Diamond (1988). Fuzzy least squares, Information Scences; 46: 141-157.
25. Triantaphyllou Evangelos (2005). Multi-criteria decision making methods: A comparative study, Department of industrial & manufacturing systems engineering, Louisiana State University, ISBN, 0-7923-6607-7.
26. Van Laarhoven, P.J.M, Pedryez Q (1983). A fuzzy extension of Satty's priority theory, Fuzzy Sets and Systems 11: 229-241.
27. Ying-Ming Wang, Taha M.S. Elhag (2006). Fuzzy TOPSIS method based on alpha level sets with an application to bridge risk assessment", Expert Systems with Applications; 31(2): 309-319.

28. Zimmermann H.J. (2000). An application-oriented view of modeling uncertainty, *European journal of operational research*; 122: 190-198.
29. Zwick R, Carlstein E, Budescu D.V. (1987). Measures of similarity among fuzzy concepts: A comparative analysis, *Int. J. Approximate reasoning*; 1: 221-242.