کاربرد روش TOPSIS[1] در حالت فازی برای رتبه بندی مراکز تحقیقاتی به منظور تخصیص منابع

نویسندگان: دکتر علیرضا علی احمدی *
مهندس محمدرضا خوش لفظ **

چکیده

در این مقاله با استفاده از روش TOPSIS در حالت فازی برای تعیین اولویت‌های استراتژیک مراکز تحقیقاتی در راستای تخصیص منابع مبادرت به تعیین اولویت نموده‌ایم. ابتدا براساس تحقیقات و مصاحبه با خبرگان و کارشناسان پس از شناسایی معیارها، درجه اهمیت آنها تعیین گردیده است. سپس انتخاب گزینه‌ها با توجه به تحقیقات دفاعی درکشور و مراکزی که در این امر به عنوان مرجع می‌باشند انجام شده است. آنگاه توسط روش TOPSIS و فرمول‌های مربوطه و جداولی که شرح آن در اصل مقاله مطرح خواهد شد معین نموده‌ایم که بیشترین بودجه و امکانات درکشور به ترتیب با توجه به تعیین اولویت به چه مراکزی بهتر است اختصاص یابد. همچنین بهترین انتخاب را پیشنهاد نموده‌ایم. در این راستا از معیارهای کیفی و کمی می توان استفاده نمود، در نتیجه از روش فازی برای تبدیل معیارهای بیانی و کیفی به معیارهای کمّی قابل سنجش استفاده نموده‌ایم. این روش تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه کیفی و کمّی را می‌توان برای تعیین اولویت تخصیص بودجه ارزی و ریالی برای مراکز تحقیقات دولتی تحت پوشش وزارت فرهنگ و آموزش عالی نیز تعمیم داد.

واژه‌های کلیدی: تئوری فازی، برنامه‌ریزی تحقیقات، بودجه‌بندی تحقیقات دفاعی TOPSIS, MADM, MCDM، بودجه بندی مراکز تحقیقات دولتی.

۱- روش **TOPSIS** روشی‌برای‌بیشترین‌نزدیکی به جواب ایده‌آل **Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution**

*- عضو هیأت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران **- کارشناس ارشد سیستم و بهره‌وری

سرآغاز

خوشبختی و سعادت هر ملتی به کار و تلاش همه اقشار جامعه وابسته بوده و نگرش برنامه‌ریزی می‌تواند در تمام ابعاد باعث افزایش کیفیت فعالیت‌ها و تلاش‌ها در بخش‌های مختلف اجتماعی و اقتصادی گردد. امروزه برنامه‌ریزی به‌عنوان یک فرهنگ در کار و زندگی مطرح است و بهبود آن باعث شکل‌گیری صحیح فعالیت‌ها و اثرات آن کاهش تورم، افزایش سطح رفاه عمومی، افزایش سطح اشتغال، افزایش توان رقابت سیاسی و اقتصادی و مانند اینها خواهد شد.

برای تدوین هر برنامه مدیریتی، به داشتن معیار و میزان نیاز است و ما می‌کوشیم تا از ترکیب و تلفیق روشهای تجزیه و تحلیل علمی بهره جسته و معیار قابل قبولی را به‌وجود آوریم.

در این مقاله سعی داریم با تعیین هدف و مشخص کردن معیارهای استراتژیک برای انتخاب و اولویت بندی گزینه‌های استراتژیک با به کارگیری روش تاپسیس **TOPSIS**، اولویت مراکز تحقیقاتی کشور را در زمینه دفاعی تعیین کنیم تا بیشترین امکانات و بودجه تحقیقات دفاعی کشور را در جهت پژوهش تحقیقات و خودکفایی در این مراکز متمرکز نماییم و با تجزیه، تحلیل و ارزیابی هر یک از مراکز تحقیقاتی در حوزه مورد نظر، بهترین مرکز را که با معیارهای تعیین شده کمی و کیفی بیشترین امتیازها را کسب می‌کند، انتخاب نماییم تا به‌عنوان قطب تحقیقات دفاعی کشور به‌طور مؤثرتر مورد شناسایی و بهره برداری قرار گیرد.

برای طی مراحل مختلف، ابتدا به تعیین هدف پرداخته سپس معیارهای سنجش آن‌را مشخص نموده و با معرفی گزینه‌های مختلف با توجه به مراحل روش **TOPSIS** بهترین گزینه استراتژیک را انتخاب می‌نماییم.

بیان مسأله

در این مقاله هدف ما اولویت بندی مراکز تحقیقاتی دفاعی کشور به‌منظور تخصیص امکانات و بودجه‌وشناسایی قطب‌های تحقیقات دفاعی کشور در راستای توسعه و ارتقای فعالیت‌های دفاعی کشور با استفاده از منابع و امکانات موجود است.

معیارهای استراتژیک

طبق بررسی‌ها و مصاحبه‌های انجام شده با مدیران و کارشناسان امر، نتیجه گیری شد که مهمترین معیارهای استراتژیک در امر تخصیص بودجه‌برای تحقیقات دفاعی معیارهای زیر می‌باشند:

۱- حجم و کیفیت نیروی انسانی متخصص در دسترس هر مرکز و همچنین اختراعات، مقالات و کتب چاپ شده آنان.

۲- میزان دسترسی به مرکز اطلاعات روز (شبکه های اطلاعات جهانی) در زمینه های مورد نظر.

۳- مبلغ هزینه پروژه های تحقیقاتی انجام شده و همچنین برآورد هزینه و طرحهای در دست اقدام.

۴- امکانات موجود مرکز شامل: آزمایشگاه‌ها، کارگاه‌ها، واحدهای طراحی و نمونه سازی، تجهیزات شبه تولیدی برای دستیابی به دانش فنی

تولید صنعتی، واحد تست و کتابخانه و آرشیو فنی و اطلاع رسانی.
۵ـ عوامل فرهنگی - اجتماعی - سیاسی.
۶- وجود مشوقهای دولتی.
۷- مدیریت اثر بخش.

گزینه‌های استراتژیک برای اولویت بندی در تخصیص منابع و تعیین قطبهای تحقیقاتی

در انتخاب گزینه‌ها سعی شده تا بیشتر به امور تحقیقات دفاعی و مؤسسات مربوط به آن پرداخته شود و نیز موسساتی که در امر تحقیقات استراتژیک نظامی کشور به عنوان مرجع می‌باشند، مد نظر قرار گیرند.
مراکز تحقیقاتی به‌صورت کد به‌شرح زیر می‌باشند:
۱- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۴
۲- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۵
۳- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۶
۴- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۷
۵- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۸
۶- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۹
۷- مرکز تحقیقاتی ۰۱۳۰
همچنین به‌علت اینکه موضوع مربوط به مراکز تحقیقات دفاعی است، موسسات را به‌صورت کدبندی شده می آوریم و به جای اسم هر موسسه، کد آن را نام می‌بریم.

معرفی الگوریتم TOPSIS و کاربردهای آن در تصمیم‌گیری‌های استراتژیک

به طور خلاصه روش TOPSIS ماتریس تصمیم‌گیری $m^* n$ زیر را که شامل m گزینه با n معیار می‌باشد، مورد ارزیابی قرار می‌دهد:

$$D=\begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_i \\ A_m \end{array}\begin{array}{c} \begin{array}{cccccc} x_1 & x_2 & \cdots & x_j & \cdots & x_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{in} \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

که در آن A_i معرف i امین گزینه استراتژیک مورد نظر و x_{ij} معرف مقدار عددی گزینه استراتژیک i ام با توجه به معیارj ام می‌باشد و x_j معرف معیار j ام می‌باشد.

TOPSIS فرض می‌کند که هر معیار در ماتریس تصمیم‌گیری مطلوبیت افزایشی یا کاهشی یکنواخت دارد. به‌عبارتی دیگر مقادیر بزرگتر معیارها، اولویت بالاتر را برای معیارهای از نوع سود و اولویت پایین‌تر را برای معیارهای از نوع هزینه در بر دارد. به‌علاوه هر مقدار که به روش غیر عددی (مثلا" توسط واژه های بیانی در حالت فازی) بیان می‌شود، می‌تواند با روشهای مناسب به شرحی که خواهد آمد به عدد تبدیل گردد.

از آنجا که نمی‌توان فرض نمود که همه معیارها اهمیت یکسان دارند. هر روش مجموعه‌ای از وزن‌ها را از تصمیم گیرنده دریافت می‌کند (w) و به هر معیار وزن مناسب می‌دهد و برای تسهیل در ارائه روش پیشنهاد شده قدمهای زیر به‌صورت متوالی بیان می‌گردند.

قدم ۱: ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری یکنواخت شده

این فرایند تلاش می‌کند که واحد سنجش معیارهای گوناگون تصمیم‌گیری را در ماتریس تصمیم از بین برده و به اعداد هم واحد تبدیل کند. که اعداد حاصله مقایسه بین معیارها را ممکن می‌کند. یک روش یکنواخت کردن به شرح زیر است:

که در آن X_{ij} مقدار عددی گزینه استراتژیک iام در سنجش با معیار jام می‌باشد.

روش یکنواخت کردن مقادیر مشخصه‌های تصمیم‌گیری بنا به نوشته‌های محققانی مثل "ساعتی" و "هوانگ" و "اِآندرسن" از نوع یکنواخت کردن برداری می‌باشد.

مقدار یکنواخت شده گزینه iام در سنجش با معیار jام برابر است با: $r_{ij}=\frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(X_{ij})^2}}$ (i=1تا m , j=1تا n)

$$R=\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1j} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2j} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{i1} & r_{i2} & \cdots & r_{ij} & \cdots & r_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mj} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

R= ماتریس یکنواخت شده تصمیم

قدم ۲: ایجاد ماتریس تصمیم‌گیری یکنواخت شده وزنی

در این قدم مجموعه‌ای وزنی از $W=(W_1\ W_2\ \ldots\ W_j\ \ldots\ W_n)$ با فرض آنکه $\sum_{j=1}^{n}W_j=1$ باشد از سوی تصمیم گیرنده به ماتریس تصمیم تطبیق داده می‌شود. این ماتریس را می‌توان با ضرب کردن هر ستون ماتریس R(یکنواخت شده) در وزن مربوطه‌اش (W_j) محاسبه نمود. بنابراین ماتریس تصمیم‌گیری یکنواخت شده وزنی V برابر خواهد بود با:

$$V=\begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & \cdots & v_{1j} & \cdots & v_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{i1} & v_{i2} & \cdots & v_{ij} & \cdots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ v_{m1} & v_{m2} & \cdots & v_{mj} & \cdots & v_{mn} \end{bmatrix}$$

$$=\begin{bmatrix} w_1r_{11} & w_2r_{12} & \cdots & w_jr_{1j} & \cdots & w_nr_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_1r_{i1} & w_2r_{i2} & \cdots & w_jr_{ij} & \cdots & w_nr_{in} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ w_1r_{m1} & w_2r_{m1} & \cdots & w_jr_{mj} & \cdots & w_nr_{mn} \end{bmatrix}$$

قدم ۳: تعیین جواب ایده‌ال و همچنین برترین جواب

فرض کنید که دو گزینه فرضی به‌صورت زیرشوند: $v_j(min), V_j(max)$ تعریف

$$V_j(max)=\{(max\, v_{ij}\ /j\in J),(min\, v_{ij}/\ J\in J')\ ,$$
$$i=1,2,\ldots,m\}=\{v_1^*,v_2^*,\ldots,v_j^*,\ldots,v_n^*\}$$

$$V_j(min)=\{(min\ v_{ij}/j\in J),(max\ v_{ij}/J\in J')\ ,$$
$$i=1,2,\ldots,m\}=\{v_1^-,v_2^-,v_j^-,\ldots,v_n^-\}$$

که در آن :

$J=\{\ j=1,2,\ldots,n\ |$ مربوط به معیار از نوع سود باشد $j\}$

$J'=\{\ j=1,2,\ldots,n\ |$ مربوط به معیار از نوع هزینه باشد $j\}$

مشخص است که دو گزینه ایجاد شده $V_j(min)$, $V_j(max)$ به‌ترتیب نشان دهنده گزینه بابیشترین اولویت (جواب ایده‌ال) و گزینه باکمترین اولویت[1] (بدترین جواب) هستند.

قدم ۴: محاسبه معیار فاصله از جواب‌های ایده‌ال

فاصله بین هر گزینه را می‌توان با فاصله اقلیدسی n بعدی اندازه گیری نمود. فاصله هر گزینه از جواب ایده‌ال خودش از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$S_{i(max)}=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij}-V_{j(max)})^2},\ i=1,2,...,m$$

فاصله گزینه iام با ماهیت سود از جواب ایده‌آل خودش

و به‌طور مشابه فاصله از بدترین جواب در همان ستون از رابطه زیر به‌دست می آید:

$$S_{i(min)}=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij}-v_{j(min)})^2},\ i=1,2,...,m$$

فاصله گزینه iام با ماهیت هزینه از جواب ایده‌آل خودش

قدم ۵: محاسبه نزدیکی نسبی تا جواب ایده‌ال

نزدیکی نسبی V_j نسبت به $V_j(max)$ به‌صورت زیر تعریف می شوند.

$$C_i=\frac{S_i(min)}{S_i(min)+S_i(max)},\quad o<C_i<1, i=1,2,...,m$$

واضح است که $C_i = 1$ است اگر $V_j = V_j(max)$ و $C = 0$ است اگر $V_j = V_j(min)$ یک‌گزینه V_j به جواب $V_j(max)$ نزدیکتر است، اگر C_i آن گزینه به عدد ۱ نزدیکتر باشد.

قدم ۶: مرتب کردن گزینه‌ها به‌ترتیب بزرگی C_i نشان دهنده ترتیب‌اولویت در انتخاب گزینه‌های استراتژیک است.

اگر محدودیت منابع برای تخصیص به گزینه‌های استراتژیک وجود داشته باشد، آنگاه از گزینه استراتژیک با اولویت بالاتر تخصیص منابع را آغاز نموده و به‌ترتیب تخصیص منابع براساس گزینه‌های استراتژیک که اولویتهای بعدی را از این طریق به‌خود اختصاص داده‌اند، ادامه می‌یابد تا منبع مورد نظر به‌اتمام‌برسد. بدیهی‌است‌هرچه C_i بزرگتر باشدبرای‌انتخاب‌دارای‌اولویت‌بیشتری‌است.

کاربرد روش TOPSIS در سیستم فازی با توجه به معیارهای کیفی

TOPSIS یک روش تصمیم‌گیری قوی با استفاده از معیارهای کمّی و کیفی برای اولویت بندی به‌وسیلهٔ شباهت به جواب ایده آل می‌باشد. بر این اساس که گزینه استراتژیک انتخاب شده باید کوتاهترین فاصله را از جواب ایده‌آل داشته باشد. این روش هنگامی مفید است که اولویت بندی استراتژی‌ها با چندین فاکتور کمّی و کیفی روبرو باشد. از مزایای این روش در مقایسه با روش‌های مشابه مانند A.H.P[2] آن است که: اگر بعضی از معیارهای تصمیم‌گیری از نوع هزینه بوده و هدف

۲- روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی Analytical Hirarchy Process

کاهش آنها باشد و بعضی معیارهای مربوطه از نوع سود بوده و هدف افزایش آنها باشد، این روش به آسانی جواب ایده‌آل را که ترکیبی از بهترین مقادیر دستیابی همه معیارها می‌باشد، پیدا می‌کند. همچنین بدترین جواب را که ترکیبی از بدترین مقادیر قابل دستیابی همه معیارها می‌باشد، می‌یابد. TOPSIS فواصل را هم از بهترین جواب ایده آل و هم از بدترین جواب ، با گرفتن نزدیکی نسبی به جواب بهینه، به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد. همچنین همپوشی پاره ای از معیارها در این روش در منطق برنامه و نتیجه گیری خللی به‌وجود نمی‌آورد. TOPSIS اطلاعات معیارها را در نظر می‌گیرد به‌نحوی که مجموعه‌ای از وزنها نیز برای معیارها مورد نیاز است. جواب، وابسته به طرح وزنی است که به‌وسیلهٔ تصمیم گیرنده داده می‌شود. خوشبختانه بعضی از روشهای قابل اطمینان برای ارزیابی وزنها شناسایی شده اند که مطلوبیت روش TOPSIS را افزایش خواهد داد.

– همانگونه که قبلاً گفته شد، بسیاری از معیارها در مسأله مورد نظر به‌صورت کمی در اختیار نبود، و برای اینکه بتوان نتایج سنجش معیارها درخصوص گزینه‌ها را از حالت بیانی و غیر عددی به‌واژه‌های عددی تبدیل کرد، می‌توان ازاعداد فازی در روش TOPSIS به‌شرح زیر بهره گیری کرد:

کاربرد اعداد فازی در روش TOPSIS برای انتخاب گزینه‌های استراتژیک با توجه به معیارهای بیانی حاصله از معیارهای کیفی

مجموعه اعداد فازی، گروهی از اعداد هستند که دارای کاربرد زیادی در ریاضیات نوین می‌باشند. یک عدد فازی ممکن است به‌صورت مثلثی یا ذوزنقه‌ای بیان شوند. در حالت اول عدد مربوطه را به‌شکل $\tilde{M}=(m,\alpha,\beta)$ نمایش می‌دهند که مفهوم آن این است که عدد مورد نظر می‌تواند بین $m-\alpha$ تا $M+\beta$ تغییر کند. در حالت دوم عدد مربوطه را به‌شکل $M=(m_1,m_2,\alpha,\beta)$ نمایش می‌دهند که منظور از آن این است که عدد مورد نظر می‌تواند بین $m_1-\alpha$ تا $m_2+\beta$ تغییر کند.

ما در اینجا فقط به دو کاربرد اعداد فازی که می‌توانند در تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه مورد استفاده واقع شوند اشاره می‌کنیم:

۱– بسیاری مواقع پیش می‌آید که اعداد سود یا هزینه مربوطه به یک معیار در ماتریس تصمیم به‌صورت یک عدد فازی می‌باشند. یعنی اینکه یک مقدار ثابت نبوده بلکه در یک دامنه قابل تغییر می‌باشند.

در این حالت لازم است این اعداد را به یک عدد حقیقی تبدیل کنیم. برای این کار به شرح زیر عمل خواهیم کرد:

فرض کنید عدد مورد نظر به‌صورت مثلثی $\tilde{M}=(m,\alpha,\beta)$ بیان شده باشد. ابتدا امتیاز سمت راست این عدد را به‌صورت $\mu_R(m)=1\pm\frac{1}{1-\alpha}$ محاسبه می‌کنیم. سپس امتیاز سمت چپ عدد مورد نظر را به‌صورت $\mu_L(m)=1\pm\frac{1}{1-\beta}$ محاسبه می‌کنیم و در نهایت امتیاز متوسط عدد مورد نظر را که معادل عدد حقیقی می‌باشد به‌صورت $\mu_T(m)=\frac{\mu_R(m)+1-\mu_L(m)^L}{2}$ محاسبه می‌کنیم. و به

این ترتیب می‌توان یک عدد فازی را به معادل عدد حقیقی مربوطه تبدیل کرد.

۲- در بعضی از مواقع پیش خواهد آمد که بعضی از معیارهای تصمیم‌گیری به‌صورت کیفی بوده و قابل بیان به شکل یک عدد نمی‌باشد ولی می‌توان آنها را به‌صورت واژه‌های بیانی نظیر خیلی زیاد، زیاد، کم، متوسط و .... بیان نمود. در این حالت به‌منظور تبدیل معیارهای کیفی به کمی و یافتن عدد متناسب با واژه مورد نظر می‌توان از نمودارهای فازی استفاده کرد. یک نمونه از این نمودارها در ضمیمه I آمده است.

برای استفاده از این نمودارها ابتدا باید دامنه واژه بیانی را تعیین کرده و براساس آن نمودار مناسب را انتخاب نمود. مثلاً" برای یافتن معادل واژه‌ای که می‌تواند هفت حالت‌مختلف داشته‌باشد (مقیاس لیکرت هفت حالته) استفاده از نمودار با مقیاس ۷ می‌تواند مناسب باشد (ضمیمه I). پس از انتخاب نمودار مربوطه ملاحظه می‌شود که هر واژه را می‌توان با یک عدد فازی نمایش داد مثلاً" واژه خیلی زیاد در نمودار مثلثی با مقیاس ۷ به‌صورت (۰/۸،۰/۱،۰/۱) خواهد بود. آنگاه این عدد فازی را به عدد حقیقی معادل تبدیل می‌کنیم و بنابراین می‌توان واژه های بیانی را به اعداد حقیقی معادل تبدیل کرده و معیارهای کیفی را به کمی تبدیل کنیم.

یکنواخت کردن داده‌ها

با توجه به اینکه معیارهای مختلف در یک مسأله دارای واحدهای یکسانی نیستند، بنابراین جهت از بین بردن واحد اعداد داخل ماتریس تصمیم و تبدیل آنها به اعداد هم واحد داده های ماتریس را یکنواخت می‌کنیم. در زیر دو روش برای یکنواخت کردن بیان می گردند:

۱- برای یکنواخت کردن وزنها از $\frac{w_j}{\sum_j w_j}$ استفاده می‌شود که در آن w_j ها می‌توانند مقادیر وزنی به‌صورت یک سطر باشند و این روش به‌عنوان "روش‌بردار ویژه" برای یکنواخت کردن شناخته می‌شود و بیشتر برای یکنواخت کردن وزن‌ها به کار می‌رود که حتماً" باید جمع آنها یک باشد.

۲- برای یکنواخت کردن مشخصه‌های تصمیم از $\frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_i (a_{ij})^2}}$ استفاده می‌شود که در آن a_{ij} می‌تواند مقادیر مشخصه‌های داخل ماتریس تصمیم باشد که در این حالت هیچ الزامی وجود ندارد که جمع داده‌ها حتماً" یک باشد. و روش یکنواخت کردن، روش یکنواخت کردن برداری نامیده می‌شود.

برای یکنواخت کردن ستونی از ماتریس تصمیم که حاوی اعداد فازی می باشد نیز می‌توانیم به شرح زیر عمل کنیم:

همه مقادیر m_i, α_i, β_i را بر $\sqrt{\sum_i (m_i)^2}$ تقسیم می‌کنیم، نتیجهٔ حاصل یک عدد فازی یکنواخت شده خواهد بود.

تبدیل واژه‌های بیانی معیارهای کیفی به اعداد حقیقی و نمودارهای مربوطه

برای تبدیل واژه های بیانی معیارهای کیفی به

اعداد حقیقی در نمودار ضمیمه I که هفت حالت مختلف را می‌پوشاند: ابتدا این واژه‌ها را به اعداد فازی تبدیل می‌نماییم و سپس عدد فازی به‌دست آمده را به عدد حقیقی تبدیل می‌کنیم. به‌عنوان مثال برای تبدیل واژه" به عدد حقیقی به‌ترتیب زیر عمل می‌کنیم (مثلاً در نمودار هفت حالته نوع مثلثی)

$$\tilde{M}=(m,\alpha,\beta)=(۰/۸,۰/۱,۰/۱)$$

$$\mu_L(m)=۱-\frac{۱}{۱+\beta}\quad (m)=۱-\frac{۱}{۱+۰/۱}\quad (۰/۸)=۰/۲۷$$

$$\mu_R(m)=۱-\frac{۱}{۱+\alpha}\quad (۱-m)=۱-\frac{۱}{۱+۰/۱}\quad (۱-۰/۸)=۰/۸۲$$

$$\mu_{\gamma\cdot}(m)=\frac{\mu_R(m)+۱-\mu_L(m)}{۲}=\frac{۰/۸۲+۱-۰/۲۷}{۲}$$

همچنین برای تبدیل واژه "کم" به عدد حقیقی به‌ترتیب زیر عمل می‌کنیم (مثلاً در نمودار ذوزنقه‌ای):

$$\tilde{M}=(m_۱,m_۲,\alpha,\beta)=(۰/۳,۰/۴,۰/۱,۰/۱)$$

$$\mu_R(m)=۱-\frac{۱}{۱+\alpha}\quad (۱-m)=۱-\frac{۱}{۱+۰/۱}\quad (۱-۰/۳)=۰/۳۶۳$$

$$\mu_L(m_۲)=۱-\frac{۱}{۱+۰/۱}\quad (۱-m)=۱-\frac{۱}{۱+۰/۱}\quad (۰/۴)=۰/۶۳۶$$

$$\mu_T(m)=۰/۳۶۳+(۱-۰/۶۳۶)/۲=۰/۳۷$$

نتایج به‌دست آمده از محاسبه مقادیر حقیقی واژه های بیانی در نمودار هفت حالته از تبدیلات فازی برای تحقیق های میدانی اول و دوم این بررسی در قالب جدول شماره ۱ بیان می گردند.

مقادیر حقیقی به‌دست آمده، جهت تشکیل جدول اطلاعات مسأله هنگام حل به کمک روش TOPSIS مورد نیاز می باشند.

تعیین اولویت تخصیص منابع مراکز تحقیقات دفاعی کشور(مطالعه موردی)

در این قسمت مسأله تحقیق میدانی برای نظر خواهی و جمع آوری اطلاعات در خصوص مسأله اولویت بندی مراکز تحقیقات دفاعی کشور برای تخصیص بودجه و منابع مورد بررسی قرار می گیرد. سپس مراحل حل آورده می‌شود. برای این کار مطالعاتی دو کار تحقیق میدانی به‌منظور نظرخواهی از دست‌اندرکاران موضوع به شرحی که خواهد آمد پیرامون تعدادی از مراکز تحقیقات دفاعی کشور انجام شده است.

مراحل حل مسأله به کمک روش TOPSIS

از آنجا که در این تصمیم‌گیری استراتژیک، برای اولویت بندی علاوه بر معیارهای کمی با معیارهای کیفی نیز سر و کار داریم ، لذا ترجیحا" باید از مدلهای تصمیم‌گیری چند معیاره بهره گرفت و از آنجا که روش TOPSIS یکی از روشهای MADM[۳] است که می‌تواند معیارهای کیفی را همزمان با معیارهای کمی در تصمیم‌گیری دخالت دهد و به دنبال جوابی است که بیشترین نزدیکی را به جواب ایده آل دارد، بنابراین از این روش در حالت فازی (برای تبدیل واژه های بیانی به اعداد حقیقی) استفاده شده است و اینک مراحل اجرای این مطالعه موردی عبارتند از:

الف - جمع آوری یافته های تحقیق و تشکیل جدول اطلاعات مسأله

در این تحقیق ابتدا با مصاحبه با دست اندرکاران معیارهای اصلی برای تخصیص بودجه، مراکز تحقیقاتی شناسایی شده و سپس با کمک

۳ـ تصمیم‌گیری با شاخصهای چندگانه **Multy Atrebute Dcision Macking**

نظرخواهی از صاحب نظران، وزن هفت معیار با اهمیت‌تر تعیین گردیده است.

تشکیل جدول اطلاعات اولیه TOPSIS به نحو زیر انجام می پذیرد:

۱- ضرایب اهمیت معیارها (داده های مربوط به سطر اول جدول شماره ۲) چنین به‌دست می‌آیند که برای هر یک از ۷ معیار برگزیده شده در تحقیق میدانی اول فراوانی های مشاهده شده را در مقادیر متناظر واژه های بیانی آن حاصل از جدول شماره ۱ ضرب می‌کنیم و سپس آنها را جمع و بر تعداد پاسخ دهندگان یعنی ۵۰ نفر تقسیم می‌کنیم. برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز پیرامون هر یک از ۷ معیار اولویت‌دار برای هر یک از مراکز تحقیقات دفاعی مورد بررسی، به نظر خواهی دیگری از متخصصان فنی در خصوص معیارهای کیفی پرداختیم. معیارهای کمی با ماهیت هزینه را نیز با توجه به عملکرد هزینه‌های تحقیقاتی آنها و طرحهای تحقیقاتی آتی این مراکز از دست اندرکاران مربوطه اخذ نمودیم.

۲- داده های مربوط به ۵ ستون در جدول شماره ۲ (معیارهای کیفی) چنین به‌دست می‌آیند که برای هر یک از هفت مرکز تحقیقاتی نتایج نظر خواهی حاصله از تحقیق میدانی دوم را در مقادیر متناظر واژه های بیانی آن حاصل از جدول شماره ۱ ضرب نموده و سپس جمع آنها را به مقدار پاسخ دهندگان یعنی ۵۰ تقسیم می‌کنیم.

همچنین اطلاعات جمع‌آوری شده پیرامون فاکتور کمی (با ماهیت هزینه) را به این جدول منتقل می‌نماییم. (معیار سوم) باید توجه نمود که یافته های ستون مربوط به عوامل کمی از نوع هزینه می‌باشند و در واقع ارقام بزرگتر نشان دهنده رجحان کمتر است.

ب - یکنواخت کردن اطلاعات تصمیم‌گیری

از آنجا که قبلا در جدول ۲ واژه های بیانی را به اعداد حقیقی تبدیل نموده‌ایم، اکنون کلیه داده های جدول اطلاعات به‌صورت اعداد حقیقی هستند و فقط باید یکنواخت شوند و این عمل به کمک فرمول‌های زیر انجام می‌گیرد. عمل نرمالیز کردن برای ردیف ضرایب وزنی به کمک فرمول $\frac{w_j}{\sum w_j}$ و نیز برای کلیه ستونهای جدول ۲ به کمک فرمول $r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i (x_{ij})^2}}$ انجام می‌شود تا r_{ij} مقادیر جدول۳ به‌دست آید. نمونه محاسبات در پیوست II مقاله آمده است.

ج - تهیه ماتریس تصمیم‌گیری وزنی

برای تهیه ماتریس تصمیم وزن داده شده، در جدول یکنواخت شدهٔ شماره ۳ کافی است داده‌های هر ستون را در ضرایب وزنی مربوط به همان ستون ضرب نماییم و دیگر نیازی به نوشتن خود ضرایب وزنی نخواهد بود تا جدول ۴ به‌دست آید. (یعنی $V_{ij}=r_{ij}\ w_j$).

نمونه محاسبات در ضمیمه III مقاله آمده است.

د - تعیین اولویت گزینه‌ها برای تخصیص منابع

تاکنون قدم‌های ۱و۲ الگوریتم به اجرا در آمده و بقیه قدم‌های الگوریتم به شرح زیر می باشد:

۱- طبق قدم سوم الگوریتم $V_j(min), V_j(max)$ را

به‌عنوان بهترین جواب ایده‌آل و بدترین جواب محاسبه می‌کنیم.

۲- پارامترهای $S_{i(min)}, S_{i(max)}$ را به‌عنوان فاصله حالت‌های مختلف از جواب ایده‌آل محاسبه می‌کنیم. (قدم چهارم الگوریتم)

نمونه محاسبات برای قدمهای ۳و۴ در ضمیمهٔ IV مقاله‌آورده شده است. و نتیجه محاسبات در بخشي از جدول ۵ آمده است.

$S_i(max)=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}[v_{ij}-v_j(max)]^2}$, $i=1$ تا n

فاصله گزینه iام با ماهیت سود از جواب ایده‌آل خودش

$S_i(min)=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}[V_{ij}-V_j(min)]^2}$ $i=1$ تا n

فاصله گزینه iام باماهیت هزینه از جواب ایده‌آل خودش

۳- سپس C_i را به‌عنوان نسبت نزدیکی حالت‌های مختلف به جواب ایده‌آل محاسبه می‌کنیم .(قدم پنجم الگوریتم) بدیهی است که هر چه C_i بزرگتر باشد، گزینه استراتژیک iام برای انتخاب دارای اولویت بیشتر می‌باشد. (قدم ششم الگوریتم)

$$C_i=\frac{S_i(min)}{S_i(min)+S_i(max)} \Rightarrow C_1=\frac{S_1(min)}{S_1(min)+S_1(max)}$$

$$=\frac{۰/۳۵۲}{۰/۳۵۲+۰/۰۶۸}=۰/۴۸۶$$

حال به‌کمک جدول ۴ به محاسبه جواب مسأله مورد تحقیق می‌پردازیم. می‌دانیم که در این جدول معیارهای ۱و۲و۴و۵و۶و۷ از نوع سود می‌باشند. بنابراین V(max) به‌عنوان بهترین جواب ایده‌آل، شامل بیشترین مقدار در ستونهای ۱و۲و۴و۵و۶و۷ و کمترین مقدار در ستون ۳ می‌باشد.

$V(max)=(۰/۱۰۴,۰/۸۸,۰/۳۹,۰/۵۹,۰/۵۲,۰/۶۵,۰/۹۶)$

همچنین معیار ۳ از نوع هزینه می‌باشند بنابراین V(min) به‌عنوان بدترین جواب شامل کمترین در ستونهای ۱و۲و۴و۵و۶و۷ و بیشترین در ستون ۳ می‌باشد و خواهیم داشت:

$V(min)=(۰/۳۴,۰/۲۴,۰/۴۷,۰/۲۰,۰/۲۷,۰/۲۴,۰/۴۷)$

نتیجه محاسبات مربوط به $S_i(max)$ و $S_i(min)$ و C_i برای این مسأله در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

همانگونه که در قدم ششم الگوریتم آمد Ci بزرگتر دارای اولویت بیشتر برای تخصیص منابع می‌باشد.

بنابراین با توجه به جدول فوق اولویت انتخاب به ترتیب زیر است:

اولویت ۱- مرکز تحقیقات ۰۱۳۰

اولویت ۲- مرکز تحقیقات ۰۱۲۹

اولویت ۳- مرکز تحقیقات ۰۱۲۵

اولویت ۴- مرکز تحقیقات ۰۱۲۴

اولویت ۵- مرکز تحقیقات ۰۱۲۶

اولویت ۶- مرکز تحقیقات ۰۱۲۷

اولویت ۷- مرکز تحقیقات ۰۱۲۸

همچنانکه در ضمن حل مسأله تخصیص بودجه مراکز تحقیقات دفاعی ملاحظه گردید روش TOPSIS ضمن یافتن استراتژی برتر سایر استراتژی‌ها را نیز به ترتیب اولویت مرتب می‌کند. با توجه به سهولت استفاده از این روش و تجمع

معیارهای متضاد در آن روش می‌تواند کاربرد زیادی داشته باشد و از جمله می‌توان این روش را برای تخصیص اعتبارات پژوهشی به مراکز تحقیقاتی و دستگاه‌های اجرایی استفاده کننده از اعتبارات تحقیقاتی در کشور مورد استفاده قرار داد.

منابع و مآخذ

۱) اصغرپور، محمد جواد، *تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه*، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۷ ، تهران.

۲) علی‌احمدی، علیرضا، *مدیریت تحقیق تا توسعه تکنولوژی*، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۷۷، تهران.

۳) موحدی، محمد مهدی، *نقش عوامل تولید در انتخاب شاخه های صنعتی مناسب ایران*، پایان نامه دکتری به راهنمایی دکتر آریا نژاد، دانشگاه آزاد اسلامی ، ۱۳۷۶، تهران.

۴) اسماعیل حوری، امیرحسین، *جایابی صنایع تبدیلی چرم*، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمائی دکتر علی‌احمدی دانشگاه علم و صنعت ایران ، ۱۳۷۵ تهران.

۵) صغیرزاده، مرتضی، *جایابی صنایع تبدیلی زعفران با استفاده از روش TOPSIS در حالت فازی*، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر علی‌احمدی دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۷۵، تهران.

۶) انصاری ، امیرعلی، *تصمیم‌گیری به روش TOPSIS*، سمینار کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر آریانژاد دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۷۵، تهران.

۷) روشی برای تصمیم‌گیری با شاخص‌های چندگانه براساس سطح مطلوب - دانشگاه تربیت مدرس - بی تا. تهران.

8) Joulai Y. & Lai Hwang c., *Fuzzy Mathematical Programming*, 1992.

9) Joulai Y. & Lai Hwang c., *Fuzzy Mathematical Programming*, 1992.

10) Zadeh L.A. & Gaines B.R., *Fuzzy sets & Decision Analysis*, 1996.

۱۱- همچنین از اطلاعات مراکز تحقیقاتی مورد بررسی استفاده گردیده و از اظهار نظر اندیشمندان و متخصصان دست‌اندرکار فعالیت‌های تحقیقات دفاعی برای تشکیل ماتریس تصمیم استفاده شده است که از همکاری یکایک آنان تقدیر می‌شود.

جدول شماره ۱: مقادیر حقیقی واژه های بیانی در نمودار هفت حالته مثلثی پس از تبدیلات فازی

ناچیز	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	فوق العاده زیاد
خیلی مخالفم	تقریبا مخالفم	کمی مخالفم	ممتنع هستم	موافقم	خیلی موافقم	فوق‌العاده‌موافقم
۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۳۷	۰/۵۰	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۹۵

جدول شماره ۲: جدول اطلاعات مسأله (پس از تبدیل واژه های بیانی به اعداد حقیقی) ماتریس D

ضریب‌وزنی	۰/۸۳	۰/۶۲	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۷۵
معیارها مراکزتحقیقاتی	نیروهای‌متخصص، اختراعات،مقالات‌وکتب	دسترسی‌به‌شبکه‌های اطلاع‌رسانی	هزینه‌پروژه،هاو طرحهای‌تحقیقاتی	امکانات‌آزمایشگاه و کارگاهها	عوامل‌فرهنگی، اجتماعی‌وسیاسی	مشوقهای دولتی	مدیریت اثربخش
۱- مرکزتحقیقاتی ۰۱۲۴	۵۹۶/۵	۰/۴۴	۴۳/۳۹	۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۵	۰/۵۱
۲- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۵	۴۶۸/۷	۰/۶۶	۴۴/۵	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۸۰
۳- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۶	۶۴۵/۳	۰/۳۴	۵۱/۵	۰/۶۱	۰/۴۱	/۶۳	۰/۵۰
۴- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۷	۴۸۶/۳	۰/۴۷	۴۸/۹۲	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۶۸	۰/۶۳
۵- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۸	۲۵۰/۶	۰/۲۳	۵۲/۸۱	۰/۸۵	۰/۴۵	۰/۸۷	۰/۴۰
۶- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۹	۷۴۷/۵	۰/۸۴	۴۹/۲	۰/۲۸	۰/۶۱	۰/۳۴	۰/۸۲
۷- مرکز تحقیقاتی ۰۱۳۰	۷۶۸/۳	۰/۷۴	۵۱/۰۵	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۵۱

جدول شماره ۳: جدول اطلاعات مسأله تصمیم‌گیری به‌صورت یکنواخت شده (ماتریس R)

ضریب وزنی	۰/۲۱۲	۰/۱۵۸	۰/۱۱۵	۰/۱۱۰	۰/۰۹۲	۰/۱۲۲	۰/۱۹۱
معیارها / مراکز تحقیقاتی	نیروهای متخصص، اختراعات، مقالات و کتب	دسترسی به شبکه‌های اطلاع‌رسانی	هزینه پروژه‌ها و طرحهای تحقیقاتی	امکانات آزمایشگاه، و کارگاهها	عوامل فرهنگی، اجتماعی و سیاسی	مشوقهای دولتی	مدیریت اثربخش
۱- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۴	۰/۳۸۱	۰/۲۹۲	۰/۳۳۶	۰/۴۳۱	۰/۳۰۹	۰/۳۸۲	۰/۳۱۴
۲- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۵	۰/۲۹۹	۰/۴۳۸	۰/۳۲۲	۰/۲۰۳	۰/۳۲۲	۰/۲۶۵	۰/۲۹۲
۳- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۶	۰/۴۱۲	۰/۲۲۶	۰/۳۹۸	۰/۳۸۷	۰/۲۹۵	۰/۳۷۱	۰/۳۰۸
۴- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۷	۰/۳۱۰	۰/۳۱۲	۰/۳۷۸	۰/۳۳۰	۰/۳۰۲	۰/۴۰۰	۰/۳۱۸
۵- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۷	۰/۱۶۰	۰/۱۵۳	۰/۴۰۸	۰/۵۳۹	۰/۳۲۴	۰/۵۱۲	۰/۲۴۶
۶- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۹	۰/۴۷۷	۰/۵۵۷	۰/۳۸۰	۰/۱۷۸	۰/۴۳۹	۰/۲۰۰	۰/۵۰۵
۷- مرکز تحقیقاتی ۰۱۳۰	۰/۴۹۰	۰/۴۹۱	۰/۳۹۵	۰/۴۳۸	۰/۵۶۹	۰/۴۲۹	۰/۳۱۴

جدول شماره ۴: ماتریس تعمیم وزن داده شده (ماتریس V)

معیارها / مراکز تحقیقاتی	نیروهای متخصص، اختراعات، مقالات و کتب	دسترسی به شبکه‌های اطلاع‌رسانی	هزینه پروژه‌ها و طرحهای تحقیقاتی	امکانات آزمایشگاه و کارگاهها	عوامل فرهنگی، اجتماعی و سیاسی	مشوقهای دولتی	مدیریت اثر بخش
۱- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۴	۰/۰۸۱	۰/۰۴۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۴۷	۰/۰۶۰
۲- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۵	۰/۰۶۳	۰/۰۶۹	۰/۰۴۰	۰/۰۲۲	۰/۰۳۰	۰/۰۳۲	۰/۰۹۲
۳- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۶	۰/۰۸۷	۰/۰۳۶	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳	۰/۰۲۷	۰/۰۴۵	۰/۰۵۹
۴- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۷	۰/۰۶۶	۰/۰۴۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۶	۰/۰۲۸	۰/۰۴۹	۰/۰۷۲
۵- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۸	۰/۰۳۴	۰/۰۲۴	۰/۰۴۷	۰/۰۵۹	۰/۰۳۰	۰/۰۶۵	۰/۰۴۷
۶- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۹	۰/۱۰۱	۰/۰۸۸	۰/۰۴۴	۰/۰۲۰	۰/۰۴۰	۰/۰۲۴	۰/۰۹۶
۷- مرکز تحقیقاتی ۰۱۳۰	۰/۱۰۴	۰/۰۷۸	۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	۰/۰۶۰

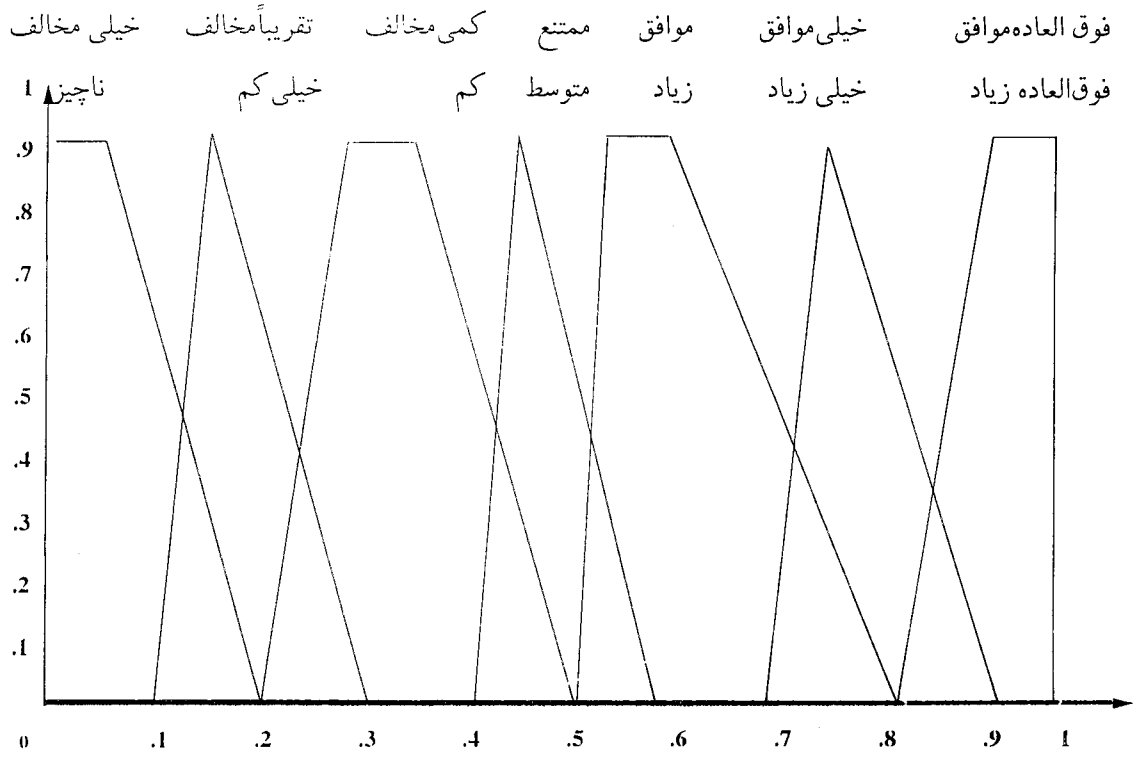
جدول شماره ۵: جدول نمائی TOPSIS

مراکز تحقیقاتی	$S_i(max)$	$S_i(min)$	C_i
۱- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۴	۰/۰۶۸	۰/۰۶۴	۰/۴۸۶
۲- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۵	۰/۰۷۰	۰/۰۷۲	۰/۵۰۷
۳- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۶	۰/۰۷۴	۰/۰۶۴	۰/۴۶۴
۴- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۷	۰/۰۶۹	۰/۰۵۰	۰/۴۱۹
۵- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۸	۰/۱۰۹	۰/۰۵۵	۰/۳۳۵
۶- مرکز تحقیقاتی ۰۱۲۹	۰/۰۵۶	۰/۱۰۶	۰/۶۵۵
۷- مرکز تحقیقاتی ۰۱۳۰	۰/۰۴۰	۰/۱۰۱	۰/۷۱۶

ضمیمه I

سیستم فازی

مقیاس ۷ حالته جهت تبدیل معیارهای کیفی به کمی



ضمیمه II

۱ـ نمونه محاسبات فرمول‌های مربوط به محاسبات تبدیل جدول‌شماره ۲ به جدول شماره ۳:

الف ـ سطر اول:تعیین وزن عوامل به کمک رابطه $\frac{W_j}{\sum_{j=1}^{7} w_j}$ که در آن:

$$W_j=(W_1,W_2,...,W_7)=(۰/۸۳,۰/۶۲,...,۰/۷۲)$$

$$\sum W_j = W_1+W_2+...+W_7=۰/۸۳+۰/۶۲+...+۰/۷۵=۳/۹۲$$

$$\frac{W_j}{\sum_{j=1}^{7} w_j} =(۰/۲۱۲,۰/۱۵۸,...,۰/۱۹۱)$$

ب ـ در مابقی ستونها برای یکنواخت کردن مقادیر مشخصه‌های تعمیم از فرمول زیر استفاده کرده‌ایم:

$$r_{ij}=\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m}(x_{ij})^2}}$$

و حال خواهیم داشت:برای مثال j=1

$$\sum_{i=1}^{m}(x_{ij})^2=(x_{11})^2+(x_{21})^2+...+(x_{71})^2=(۵۹۶.۵)^2+(۴۶۸.۷)^2+...+(۷۶۸.۳)^2$$

و همچنین X_{ij} ها عبارتند از:

$$x_{ij}=(x_{11},x_{21},...,x_{71})=(۵۹۶/۵,۴۶۸/۷,...,۷۶۸/۳)$$

$$\Rightarrow r_{11}=۰/۳۸۱,r_{21}=۰/۲۹۹,...,r_{71}=۰/۴۹۰$$

ضمیمه III

نمونه محاسبات فرمول‌های مربوط به محاسبات تبدیل جدول شماره ۳ به جدول شماره ۴:

از ضرب هر x_{ij} در w_j مقدار v_{ij} مربوط به آن ستون به‌دست می‌آیند، یعنی: $V_{ij}=r_{ij} \times W_j$

به‌طور مثال:

$$r_{11}\times w_1=۵۹۶/۵\times ۰/۸۳,\ldots r_{17}\times w_7=۰/۵۱\times ۰/۷۵$$

$$r_{21}\times w_1=۴۶۸/۷\times ۰/۸۳,\ldots r_{27}\times w_7=۰/۸۰\times ۰/۷۵$$

$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$

$$r_{71}\times w_1=۷۶۸/۳\times ۰/۸۳,\ldots r_{77}\times w_7=۰/۵۱\times ۰/۷۵$$

ضمیمه IV

$$S_1(max)=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}[v_{1j}-v_j(max)]^2}=\sqrt{[v_{11}-v_1(max)]^2+[v_{12}-v_2(max)]^2+\ldots+[v_{17}-v_7(max)]^2}=$$

به‌طور مثال برای $S_1(max)$

$$\Rightarrow\sqrt{(۰/۰۶-۰/۰۹۶)^2+(۰/۰۴۷-۰/۰۶۰)^2+(۰/۰۲۸-۰/۰۵۲)^2+(۰/۰۴۷-۰/۰۵۹)^2+(۰/۰۳۹-۰/۰۴۷)^2+(۰/۰۴۶-۰/۰۸۸)^2+(۰/۰۸۱-۰/۱۰۴)^2}=۰/۰۶$$

$$S_i=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}[v_{ij}-v_j(min)]^2}$$

$$S_1(min)=\sqrt{\sum_{j=1}^{7}[v_{1j}-v_j(min)]^2}=\sqrt{[v_{11}-v_1(min)]^2+[v_{12}-v_2(min)]^2+\ldots,[v_{17}-v_7(min)]^2}$$

به‌طور مثال برای $S_1(min)$

$$\Rightarrow\sqrt{(۰/۰۶-۰/۰۴۷)^2+(۰/۰۴۷-۰/۰۲۴)^2+(۰/۰۲۸-۰/۰۲۷)^2+(۰/۰۴۷-۰/۰۲۰)^2+(۰/۰۳۹-۰/۰۳۹)^2+(۰/۰۴۶-۰/۰۲۴)^2+(۰/۰۸۱-۰/۰۳۴)^2}=۰/۰۶۴$$

مشابه این محاسبات برای سایر گزینه‌ها نیز انجام می‌شود. نتایج محاسبات در ادامه گزارش خواهد شد.