ارزیابی شهرک‌های صنعتی با استفاده از MCDM فازی در GIS

روزبه شاد[1*]، محمد سعدی مسگری[2]، علی اکبر آبکار[3]، علیرضا وفایی نژاد[4]

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استادیار گروه مهندسی GIS، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران
۳- استادیار دانشکده محیط زیست، دانشگاه، تهران، ایران
۴- استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه علوم و تحقیقات آزاد، تهران، ایران

دریافت: ۸۷/۴/۵ پذیرش: ۸۷/۱۱/۲۷

چکیده

در حال حاضر با در نظر گرفتن عوامل جغرافیایی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی، مکان‌ها و نواحی برای تجمع واحدهای صنعتی به صورت شهرک یا مجتمع، انتخاب و سازمان‌دهی می‌شوند. برای دستیابی به این مقصود، لازم است که پس از فرایند تعیین مکان‌های مناسب، تصمیم‌گیری مقتضی به منظور تشخیص مکان بهینه نهایی انجام شود. این موضوع با در نظر گرفتن شرایط نامعین جغرافیایی و عوامل گوناگون اثرگذار، پیچیده و مشکل می‌شود. مباحثی مانند تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله تکنیک‌های ریاضی است که در سیستم اطلاعات جغرافیایی قادر است مشکلاتی مانند نحوه ارزیابی گزینه‌های مکانی را در شرایط پیچیده و نامعین جغرافیایی حل کند.

بنابراین در این مقاله هدف آن است که با استفاده از مفهوم تلفیق مدل‌های تلفیقی فازی روش جدیدی برای حل مسائل چند معیاره نامعین جغرافیایی اجرا شود. به این منظور مدل نوع دوم و سطح دوم مجموعه‌های فازی برای مسأله ارزیابی ده شهرک صنعتی استان آذربایجان شرقی انتخاب شد که در آن تابع تعلق فازی نهایی بر حامل گزینه‌های مفروض تعریف می‌شود. در نهایت، در ارزیابی نهایی مدل احتمالی فازی به جای مدل‌های کلاسیک برای مقایسه ارزش‌های فازی به کار گرفته شده و با نظرات کارشناسی مقایسه می‌شود.

کلیدواژه‌ها: مجموعه‌های فازی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، ارزیابی، تصمیم‌گیری چند معیاره.

*نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: Rouzbeh_Shad@yahoo.com

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

۱- مقدمه

نتایج تحقیقی مختلف در زمینه کاربردهای تصمیم‌گیری چند معیاره در مسأله ارزیابی شهرک‌های صنعتی نشان می‌دهد که تصمیم‌گیری چند معیاره فقط یک راه حل ریاضی برای مسائل خاص نیست و زمینه تئوری وسیعی دارد: (Bana & et al, 1997:28–37). با این وجود تقریباً تمامی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره دارای متدولوژی و ساختار مشترکی برای حل مسائل جغرافیایی هستند (Bana and Costa, 1990; Liu and Stewart, 2004: 985–999). ارزیابی شهرک‌ها و واحدهای صنعتی دارای چنین خصوصیاتی است که معیارهای جغرافیایی اصلی آن، میزان دسترسی‌ها به شهرک(C_1)، امکانات زیربنایی (C_2)، عوامل محیط زیستی (C_3)، عوامل طبیعی (C_4) و هزینه احداث (C_5) می‌باشد. چنین مسائلی در دو مرحله قابل حل هستند (Valls and Torr, 2000: 159–168). مرحله اول ترجیح‌بندی[2] می‌باشد که در آن مقادیر اهمیت معیارهای جغرافیایی برای مقایسه گزینه‌ها تلفیق می‌شوند. در مرحله دوم که اولویت‌بندی[3] نام دارد، گزینه‌های به‌دست آمده براساس میزان اهمیت نسبی رتبه‌بندی شده و از مقایسه‌های فازی برای تعیین میزان رتبه فازی استفاده می‌شود. چنین فرایندی دارای مشکلاتی به شرح ذیل است که در مراجع مختلف به طور مفصل در مورد آن ها توضیح داده شده است.

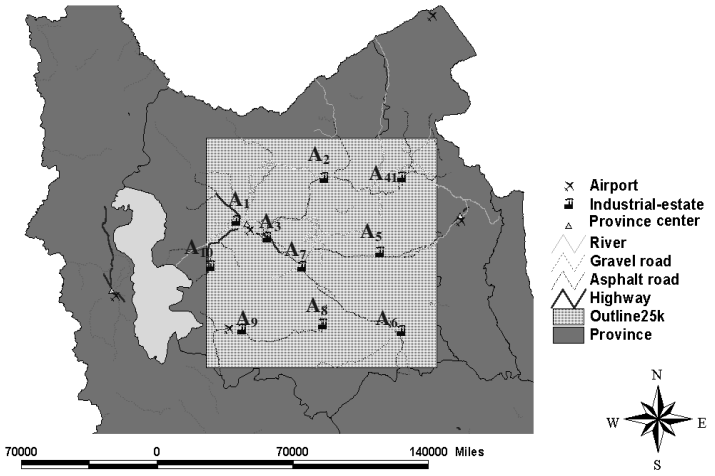
- یافتن مقیاس مشترک بین معیارهای عینی و ذهنی (Chen, 2001: 65–73; Bakalowicz, 2005: 148-165; Solomon and Queil, 2006: 1029-1041)
- روش تلفیق نظرات متخصصان (Herrera& et. al., 1996: 175–90; Lee, 2000:261-271)،
- نحوه تلفیق معیارهای محلی (Peneva and Popchev , 2003: 615–633; Saaty,1997: 234–281)،
- متدهای تلفیق و روش‌های تلفیقی (Roubens, 1997: 199–206)
- مقایسه و اولویت‌بندی مقادیر نامعین (Liu and Stewart, 2004: 986) .

با توجه به مشکلات مذکور در این مقاله سعی بر آن است که روش جدیدی برای تلفیق مدل‌های تلفیقی ارائه شود که قادر باشد با طی یک روال منطقی مشکلات فوق را در مسأله

2. Rating
3. Ranking

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

ارزیابی شهرک‌های صنعتی و در محیط GIS حل کند. محدوده مطالعاتی مورد نظر در استان آذربایجان شرقی در نظر گرفته شده است. این محدوده با مساحت ۳۳۹۴۷ کیلومتر مربع حوزه وسیعی از استان آذربایجان شرقی را تحت پوشش قرار می‌دهد (شکل ۱).



شکل ۱ محدوده مطالعاتی

۱۰ شهرک صنعتی **$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$** در محدوده مورد نظر موجود می‌باشد که در نتیجه گزینه‌های خوبی برای ارزیابی مکانی مدل‌های تلفیقی در این محدوده هستند.

۲- ارزیابی شهرک‌های صنعتی و معیارهای مؤثر

فاکتورهای مؤثر در مکان شهرک‌های صنعتی با توجه به دیدگاه‌های صنعت نسبت به مکان‌یابی به دو گروه ذهنی و عینی طبقه‌بندی می‌شوند. معیارهایی ذهنی معیارهایی هستند که بر اساس تجربیات و نظرات متخصص تعریف می‌شوند، در صورتی که معیارهای عینی براساس نتایج عددی نامرتبط با عقاید متخصص، تعیین می‌شوند.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

– معیارهای ذهنی: دسترسی‌ها (C_1): مجموعه عوامل و فاکتورهای مؤثر برای دسترسی مناسب به تسهیلاتی مانند جاده، راه‌آهن، فرودگاه، امکانات شهری، نیروی کار روستایی، مراکز آموزشی، امکانات درمانی، ایستگاه‌های پلیس و ... است.

امکانات زیربنایی (C_2): شامل عوامل و فاکتورهای مؤثر برای تأمین امکانات زیربنایی مانند آب، برق، گاز، تلفن و... است.

محیط‌زیست(C_3): شامل عوامل و فاکتورهای مؤثر در حفاظت از محیط‌زیست مانند آلودگی هوا، حفاظت از جنگل‌ها، حفاظت از مراتع، جلوگیری از انقراض نسل حیوانات و... است.

عوامل طبیعی(C_4): عوامل موجود در طبیعت یا نشأت گرفته از طبیعت مانند شیب زمین، وزش باد، زلزله، رودخانه و ... را در بر می‌گیرد.

معیارهای عینی: شامل هزینه ساخت‌وساز (C_5) است که با قیمت‌گیری آماری از نرخ‌های موجود و بر اساس ویژگی‌های توپوگرافی محل و مصالح مورد نیاز به‌دست می‌آید.

جدول ۱ تلفیق اهمیت وزن‌ها

وزن معیار	وزن فازی
C_1	(۰/۳۰۰ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸۶۷)
C_2	(۰/۶۳۳ ،۰/۸۰۰ ،۱/۰۰۰)
C_3	(۰/۴۰۰ ،۰/۶۳۳ ،۰/۹۳۳)
C_4	(۰/۳۰۰ ،۰/۵۶۷ ،۰/۸۶۷)
C_5	(۰/۷۰۰ ،۱/۰۰۰ ،۱/۰۰۰)

کلاس‌های اصلی که همان C_1، C_2، C_3، C_4، C_5 هستند، از راه تلفیق مجموع وزنی این معیارها تولید شده و مورد ارزیابی کیفی کارشناسی قرار می‌گیرند. برای تعریف اهمیت هر کلاس اصلی معیار لازم است که ابتدا معنای هر عبارت بیانی (مانند «خیلی کم» و «کم» و ...) با استفاده از مفهوم زیرمجموعه‌های فازی در بازه صفر تا یک تعریف شود. سپس نظرات

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

متخصصان در مورد اهمیت معیارها اخذ و تلفیق شده و تخمین نهایی انجام گیرد. برای تلفیق نظرات یک رابطه ساده به صورت ذیل مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$W_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\oplus w_{ij} \qquad (1)$$

W_i اهمیت وزن i امین معیار و W_{ij} اهمیت وزنی i امین معیار مشخص شده به‌وسیله متخصص j ام می‌باشد، n تعداد متخصصان دخیل و $\oplus$ اپراتور جمع فازی است (جدول ۱).

۳- مبانی و مفاهیم مورد نیاز

زیرمجموعه پیوسته فازی $S(A\subset B)$ یا میزان تعلق "A زیرمجموعه B است" بر اساس تئوری برش‌های α در مجموعه‌های فازی قابل تعیین است. اگر A یک مقدار فازی باشد، می‌توان نوشت:

$$A=\bigcup_{\alpha}\alpha A_{\alpha} \qquad (2)$$

به نحوی که αA_α زیرمجموعه فازی $(x\in U,\ \mu_A(x)\geq\alpha)$ می‌باشد، A_α محمل زیرمجموعه فازی αA_α و U مجموعه مرجع مورد نظر است. بنابراین تعریف محاسبه زیرمجموعه‌ای برای تعیین این که بازه کریسپ A_α تا چه درجه‌ای زیر مجموعه بازه کریسپ B_α می‌باشد، مورد نیاز است($S(A.\subset B_\alpha)$)$_\alpha$

$$S(A_\alpha\subset B_\alpha)=\frac{W(A_\alpha\cap B_\alpha)}{W(A_\alpha)} \qquad (3)$$

که در آن $W(A_\alpha)$ پهنای بازه A_α و $W(A_\alpha\cap B_\alpha)$ پهنای محدوده هم‌پوشی بازه‌های A_α و B_α می‌باشد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

جدول ۲ درجه زیرمجموعه اهمیت‌های وزنی معیارها با توجه به عبارت‌های کلامی

	VL	L	M	H	VH
W_1	0	۲/۸۳	٤٨/٠٤	١٩/٨٦	٠/٩٢
W_2	0	0	٢/٤٤	٣٧/٤٥	١٤/٦٧
W_3	0	٠/٤٠	٢٤/٥٣	٣٥/٦٩	٢/٨٢
W_4	0	٢/٨٣	٤٨/٠٤	١٩/٨٦	٠/٩٢
W_5	0	0	١١/٥١	١١/٥١	١٠٠

جدول ۳ ترجیح‌بندی کلامی معیارها

	عبارت بیانی	اعداد فازی
C_1	M	(٠/٨٦٧، ٠/٥٦٧، ٠/٣٠٠)
C_2	H	(١/٠٠٠، ٠/٨٠٠، ٠/٦٣٣)
C_3	H	(٠/٩٣٣، ٠/٦٣٣، ٠/٤٠٠)
C_4	M	(٠/٨٦٧، ٠/٥٦٧، ٠/٣٠٠)
C_5	VH	(١/٠٠٠، ١/٠٠٠، ٠/٧٠٠)

برای به‌دست آوردن یک تخمین تلفیقی از محاسبات زیرمجموعه‌ای بر اساس برش‌های α (رابطه ٤) به صورت پیشنهاد می‌شود.

$$S(A \subset B)=\frac{\sum_{\alpha} \alpha S(A_{\alpha} \subset B_{\alpha})}{\sum_{\alpha} \alpha}$$

این روش برای تخمین درجه هریک از اهمیت‌های وزنی تلفیق شده (W_i) که از راه میانگین‌گیری نظرات متخصصان به‌دست می‌آیند، استفاده می‌شود. نتایج در جدول ۲ ارائه شده است که در آن مقادیر پررنگ‌تر بیش‌ترین درجات زیر مجموعه بودن را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان مقادیر اهمیت‌های وزنی تلفیق شده حاصل از عبارت‌های بیانی را به صورت جدول ۳ نشان داد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

فرض کنید که X_{ij} نتایج ترجیح‌بندی فازی گزینه‌های $A_i(i=1,2,\ldots,m)$ با توجه به معیارهای $C_j(j=1,\ldots,n)$ باشند و X_{ij} ها با استفاده از اعداد مثلثی فازی نمایش داده شوند؛ یعنی $X_{ij}=(a_{ij},b_{ij},c_{ij})$. بنابراین می‌توان آن‌ها را به دو گروه معیار سود و هزینه تقسیم و هم مقیاس کرد.

جدول ۴ مقادیر فازی معیارهای محلی به شکل کلامی

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	Very High	High	Medium	low	Medium
A_2	Medium	Medium	low	High	Low
A_3	High	High	Medium	Low	Meduim
A_4	High	Medium	low	High	Low
A_5	High	Medium	low	Medium	High
A_6	High	Medium	low	Low	Medium
A_7	High	High	Medium	Low	Medium
A_8	Very High	Medium	Medium	Medium	High
A_9	Very High	Medium	High	Medium	High
A_{10}	Very High	High	High	Medium	Very High

- معیارهای سود(۵)

$$\tilde{r}_{ij}=\left\{\frac{a_{ij}}{c_{ij}^{*}},\frac{b_{ij}}{c_{ij}^{*}},\frac{c_{ij}}{c_{ij}^{*}}\right\},\quad c_{ij}^{*}=\max_{i} c_{ij}$$

$$\mu_B=\begin{cases}0 & if\ r_j \le r_{j\min}\\ \dfrac{r_j-r_{j\min}}{r_{j\max}-r_{j\min}} & if\ r_{j\min}\le r_j \le r_{j\max}\\ 1 & if\ r_j \ge r_{j\max}\end{cases}$$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

معیارهای هزینه (٦)

$$\tilde{r}_{ij} = \left\{ \frac{\bar{a}_j}{c_{ij}}, \frac{\bar{a}_j}{b_{ij}}, \frac{\bar{a}_j}{a_{ij}} \right\}, \quad \bar{a}_j = \min_i a_{ij} \quad \mu_B =$$

$$\begin{cases} ١ & if r_j \le r_{j\min} \\ ١ - \dfrac{r_j - r_{j\min}}{r_{j\max} - r_{j\min}} & if r_{j\min} \le r_j \le r_{j\max} \\ ٠ & if r_j \ge r_{j\max} \end{cases}$$

که در (٥) و (٦) $r_{imin}=\min_i a_{ij}$ و $r_{jmax}=\max_i c_{ij}$. در جدول ٤ تخمین‌های کلامی از گزینه‌های مقایسه شده با در نظر گرفتن همه معیارها نشان داده شده است. معمولاً برای مقایسه مقادیر فازی روشهای احتمالاتی دارای عملکرد مناسبی هستند. برای روشن شدن موضوع اگر فرض کنیم $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ مقادیر فازی بر روی X و مرتبط با توابع تعلق $\mu_A(x)$ و $\mu_B(x)$ باشند، آنگاه $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ را با مجموعه ای از برشهای α میتوان نمایش داد.

$$\tilde{A} = \bigcup_\alpha A_\alpha, \tilde{B} = \bigcup_\alpha B_\alpha \quad B_\alpha = \{x \in X : \mu_B(x) \ge \alpha\} \qquad (٧)$$
$$A_\alpha = \{x \in X : \mu_A(x) \ge \alpha\}$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\tilde{A}\, rel\, \tilde{B} = \bigcup_\alpha A_\alpha rel B_\alpha \qquad \text{rel}=\{<,=,>\} \qquad (٨)$$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

در این صورت اگر A_α و B_α بازه‌های کریسپ باشند، آن گاه احتمال $P(A_\alpha<B_\alpha)$ برای هرزوج A_α و B_α قابل محاسبه خواهد بود. مجموعه P_α در ذیل ممکن است به صورت محمل زیر مجموعه فازی عمل کند.

$$P_\alpha(\alpha\in(0,1]) \qquad P(\tilde{B}>\tilde{A})>\{\alpha / P_\alpha(B_\alpha>A_\alpha)) \qquad (9)$$

در رابطه فوق مقدار α درجه‌ای از عضویت به مقدار فازی $P(\tilde{A}<\tilde{B})$ تلقی می‌شود. نتایج به‌دست آمده به سادگی طبیعت محاسبات فازی را نشان می‌دهند که در نتیجه مفهوم احتمالات فازی را می‌توان به صورت مستقیم در آن ها مورد استفاده قرار داد. با وجود این اندیس‌های اعداد حقیقی نیازمند مقایسه فازی هستند که به این منظور از مجموع وزنی ذیل استفاده می‌شود.

$$\bar{P}(\tilde{B}>\tilde{A})=\sum\alpha P_\alpha(B_\alpha>A_\alpha) \Big/ \sum_\alpha \alpha \qquad (10)$$

عبارت اخیر دلالت می‌کند بر این که استفاده از برش α برای تخمین احتمال کلی با افزایش یافتن عدد آن افزایش پیدا می‌کند. در مقالات مختلف روش‌های گوناگونی برای تلفیق معیارهای محلی ارائه شده است، ولی در عمل بهترین روش اثبات شده‌ای وجود ندارد. در مسأله تلفیق اگر معیارهای محلی $\mathbf{1}$ تا $\mathbf{n}$ که به صورت غیریکسان اولویت‌بندی شده‌اند، بر روی یک مجموعه از گزینه‌های $\mathbf{X}$ مرتبط با توابع عضویت $\boldsymbol{\mu_1(x)}$ تا $\boldsymbol{\mu_n(x)}$ $\boldsymbol{(x\in X)}$ نشان داده شوند، آن‌گاه گزینه بهینه $\mathbf{x_0}$ را به صورت ذیل می‌توان مشخص کرد.

$$x_0=\arg\max_{x\in X}\min(\mu_C(x)) \qquad (11)$$

$$\mu_C(x)=\mu_1^{w_1}(x)\wedge\mu_2^{w_2}(x)\wedge\ldots\wedge\mu_n^{w_n}(x)$$

$$w_1,w_2,\ldots,w_n>0, \qquad \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}w_i=1$$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

که در رابطه فوق اپراتور مینیمم فازی بین توابع عضویت قرار گرفته است، n نمایانگر تعداد معیارهای محلی است و w_i میزان اهمیت هر معیار است. اپراتور تلفیقی مینیمم در بعضی مواقع با مفاهیم شهودی تصمیم‌گیرنده در مورد بهینگی سازگار نیست. به نظر می‌رسد که هریک از اپراتورهای مشخص تلفیقی دارای مزایا و معایب خاص خود هستند و انتخاب بهترین اپراتور در مواجه با مسائل سلسله مراتبی پیچیده امری محال است. بنابراین در ارتباط با کاربردهای پیچیده‌ای که با معیارهای زیاد روبه‌رو هستند، منطقی‌ترین کار استفاده از همه انواع اپراتورهای تلفیقی مرتبط می‌باشد که در صورت اعمال هر یک ممکن است نتایج گوناگونی حاصل شود. برای رفع این مشکل روش جدیدی برای تلفیق اپراتورهای تلفیقی پیشنهاد می‌شود که در آن مدهای تلفیقی مختلفی انتخاب شده‌اند که معمولاً به صورت تکی برای ساختن اپراتورهای تلفیقی پیچیده مورد استفاده قرار می‌گیرند(روابط۱۲، ۱۳و ۱٤).

$$M_1 = \mu_1(C_1)^{w_1} \otimes \mu_2(C_2)^{w_2} \otimes ... \otimes \mu_n(C_n)^{w_n} \qquad (۱۲)$$

$$M_2 = \min(\mu_1(x_1)^{w_1}, \mu_2(x_2)^{w_2}, ..., \mu_n(x_n)^{w_n}) \qquad (۱۳)$$

$$M_3 = w_1 \otimes \mu_1(x_1) \oplus w_2 \otimes \mu_2(x_2) \oplus ... \oplus w_k \otimes \mu_n(x_n) \qquad (۱٤)$$

$$M_4 = \mu_1(C_1)^{w_1} \hat{t} \mu_2(C_2)^{w_2} \hat{t} ... \hat{t} \mu_n(C_n)^{w_n} \qquad (۱۵)$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود در روابط فوق از اپراتورهای جمع و ضرب فازی (⊗,⊕)استفاده شده است. اپراتور $\hat{t}$ به نام **t** نرم یاگر است که قابل اعتمادترین اپراتور تلفیقی معرفی شده است. به راحتی می‌توان فهمید که این روش براساس استدلال غیردقیق عمل می‌کند که در آن روابط به صورت نامحسوس در مدهای تلفیقی مفروض لحاظ می‌شوند. در مجموعه‌های فازی نوع ۲ و سطح ۲ که بر روی محمل مرکبی از گزینه‌های مقایسه شده تعریف می‌شوند، برای تلفیق مدهای تلفیقی از اپراتورهای مینیمم، جمع و ضرب استفاده

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

نمی‌شود. لذا در توالی نامحدود مسائل تلفیقی کاربرد دارند. مجموعه‌های فازی نوع دوم گسترشی از مجموعه‌های فازی معمولی (نوع اول) هستند که در آن ها تابع عضویت زیرمجموعه فازی به‌وسیله زیرمجموعه دیگری تعیین می‌شود. اگر A مجموعه فازی نوع دوم بر محمل زیر مجموعه X باشد، آن گاه برای برخی از $x \in X$ تابع عضویت $\mu_A(x)$، مجموعه‌ای فازی با تابع عضویت $\mu_x^{l2}(y)$ خواهد بود. مجموعه‌های فازی سطح دوم روی محملی که المان‌های یک مجموعه فازی معمولی هستند، تعریف می‌شوند. بنابراین اگر مجموعه فازی A بر مجموعه گسسته z_i i=1,2,…,N تعریف شده باشد و x_i ها به‌وسیله مجموعه‌های فازی معمولی بر روی مجموعه مرجع گسسته x_j j=1,…,M مشخص شده باشد، آن گاه زیر مجموعه فازی A با استفاده از معادلات ذیل به صورت سطح دوم تعریف می‌شود.

$$z_i = \left\{ \frac{\mu_i^{l۲}(x_j)}{x_j} \right\}, \quad A = \left\{ \frac{\mu_A(z_i)}{z_i} \right\} \qquad (۱۶)$$

$$A = \left\{ \frac{\max[\mu_A(z_i)\mu_i^{l۲}(x_j)]}{x_j} \right\} \qquad i = ۱,...,N, \qquad j = ۱,...,M \qquad (۱۷)$$

از رابطه (۱۶) می‌توان فهمید که ممکن است درجه عضویت نهایی x_j در مجموعه A به صورت ذیل باشد.

$$\mu_A(z_j) = \max_i[\mu_A(z_i)\mu_i^{l۲}(x_j)], \qquad j = ۱,...,M \qquad (۱۸)$$

فرض کنید که مجموعه‌ای از گزینه‌ها به نام x_j (j=۱,۲,…,M) و N مد تلفیقی به نام Mi (i=۱,۲,…,N) وجود داشته باشند. معمولاً در عمل، تخمین اعتمادپذیری مدهای تلفیقی، حداقل در حالت بیانی امکان‌پذیر است. بنابراین طبیعی است که عقاید متخصصان در مورد نزدیکی عملگرهای مفروض تلفیقی M_i به انواع مختلف تلفیق‌ها با $\mu_A(M_i)$ i=۱,…,N

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

نمایش داده شوند که در واقع همانند روش تلفیقی ایدئال است. بنابراین $\mathbf{M}$ ایدئال با استفاده از تابع عضویت خود روی مدها تلفیقی مقایسه شده به صورت ذیل تعریف می‌شود.

$$M_{ideal} = \left\{ \frac{\mu(M_i)}{M_i} \right\}, \quad i = 1,..., N. \qquad (۱۹)$$

در نتیجه به ازای همه x_jها، تخمین‌های $M_i(x_j)$ با استفاده از مدهای تلفیقی M_i محاسبه می‌شود. به صورت فرمال هر M_i روی گزینه‌های مورد مقایسه x_j تعریف شده و در نتیجه هر M_i را با یک زیرمجموعه فازی می‌توان نشان داد.

$$M_i = \left\{ \frac{M_i(x_j)}{x_j} \right\}, \qquad j = ۱,..., M. \qquad (۲۰)$$

$M_i(x_j)$ درجه عضویت گزینه‌های متعلق به مجموعه "خوب" را (که با استفاده از مدهای تلفیقی M_i تخمین زده شده‌اند) تعیین می‌کند. با جایگزین کردن رابطه (۲۰) در (۱۹) و با استفاده از رابطه (۱۱) خواهیم داشت.

$$M_{ideal} = \left\{ \frac{\mu_{ideal}(M_i)}{M_i} \right\}, \quad i = ۱,..., N \qquad (۲۱)$$

$$\mu_{ideal}(x_j) = \max_i [\mu(M_i) M_i(x_j)] \qquad (۲۲)$$

در نهایت با توجه به روابط ۲۱ و ۲۲ بهترین گزینه با استفاده از رابطه ذیل تعیین می‌شود.

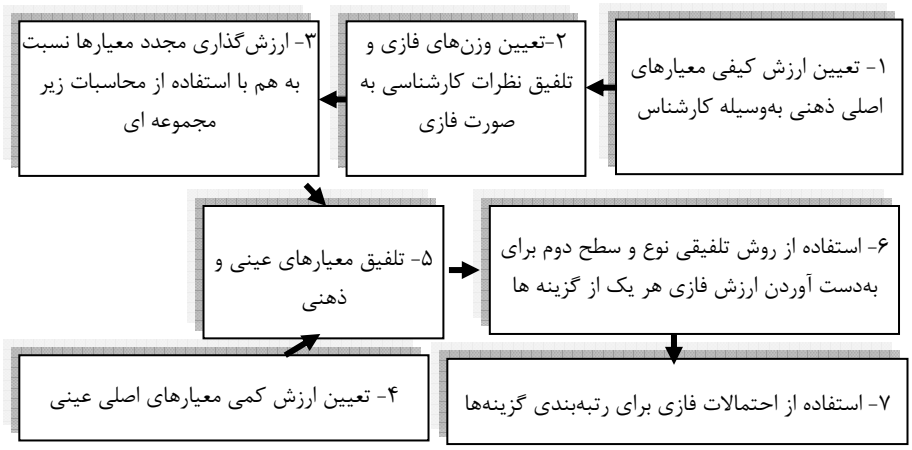
$$x_{best} = \arg\max_j \mu_{ideal}(x_j) \qquad (۲۳)$$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

با توجه به این که $\mu(M_i)$ و یا $M_i(x_j)$ مقادیر فازی هستند، رابطه (۲۳) به صورت هم‌زمان قادر است همانند زیر مجموعه فازی نوع ۲ و سطح ۲ عمل کند.

۴- پیاده‌سازی

با توجه به مطالب ذکر شده در بخش‌های قبلی الگوی پیاده‌سازی مورد نظر به صورت شکل ٤ می‌باشد. درکاربرد مطلوب ابتدا باید مقدار $\mu(M_i)$ برای $i=1,2,3$ محاسبه شود. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت که روش تلفیقی مینیمم M_2 و M_4 از روش تلفیقی ضرب M_1 قابل اعتمادتر است و به همین ترتیب روش تلفیقی ضرب M_1 نسبت به روش تلفیقی جمع M_3 قابل اعتمادتر است. این ارزیابی کلامی را می‌توان با استفاده از یک فرم عددی و ماتریس مقایسه دو دویی نمایش داد (جدول ۵).



شکل ۴ الگوی پیاده‌سازی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

جدول ۵ مقایسه دوتایی مدهای تلفیق

	M_1	M_2	M_3	M_4
M_1	۱	۱:۳	۹	۱:۳
M_2	۳	۱	۹	۱
M_3	۱:۹	۱:۹	۱	۱:۹
M_4	۳	۱	۹	۱

عدد ۳ در این جا نشان می‌دهد که M_2 و M_4 قابل اعتمادتر از روش تلفیقی ضرب M_1 می‌باشند.

$$\mu(M_1)=۰.۱۹۵, \quad \mu(M_2)=۰.۳۹, \quad \mu(M_3)=۰.۰۲۵, \quad \mu(M_4)=۰.۳۹ \qquad (۲۴)$$

بنابراین روش ایدئال تلفیقی مورد نظر به صورت ذیل نمایش داده می‌شود.

$$M_{ideal}=\left\{\frac{\mu(M_1)}{M_1},\frac{\mu(M_2)}{M_2},\frac{\mu(M_3)}{M_3},\frac{\mu(M_4)}{M_4}\right\} \qquad (۲۵)$$

با توجه به کاربرد مورد نظر می‌توان نوشت.

$$M_i=\left\{\frac{M_i(A_1)}{A_1},\frac{M_i(A_2)}{A_2},\frac{M_i(A_3)}{A_3},\frac{M_i(A_4)}{A_4},\frac{M_i(A_5)}{A_5},...\right\},\ i=۱,۲,۳,۴..۱۰ \qquad (۲۶)$$

مقدار فازی M_i (میزان مناسب بودن سایت) که در آن $i=۱,۲,۳,۴,...۱۰$ در جدول ۵ نشان داده شده است. بنابراین رابطه (۱۹) به شکل ذیل در می‌آید.

$$M_{ideal}=\left\{\frac{\mu_{ideal}(A_1)}{A_1},\frac{\mu_{ideal}(A_2)}{A_2},\frac{\mu_{ideal}(A_3)}{A_3},\frac{\mu_{ideal}(A_4)}{A_4},\frac{\mu_{ideal}(A_5)}{A_5},...\right\} \qquad (۲۷)$$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

به این ترتیب که

$$\mu_{ideal}(suitable_\ site) = \max_i(\mu(M_i)M_i(suitability)), i = ۱,۲,۳,٤$$
$$suitable_\ site \in \{A_۱, A_۲, A_۳, A_٤, A_٥, ..., A_{۱۰}\}$$

جدول ۶ نتایج مقایسه و ارزیابی

	μ_{ideal}
$\mathbf{A}_۱$	(۰/۰۸٤ ،۰/۲۲۸ ،۰/۳٤۸)
$\mathbf{A}_۲$	(۰/۰۲۹ ،۰/۱۸۸ ،۰/۲۸۸)
$\mathbf{A}_۳$	(۰/۰۳۹ ،۰/۱٦۷ ،۰/۲۹۸)
$\mathbf{A}_٤$	(۰/۰٦۳ ،۰/۲۰٥ ،۰/۳۱۰)
$\mathbf{A}_٥$	(۰/۰۰۸ ،۰/۱۲۰ ،۰/۲٤۰)
$\mathbf{A}_٦$	(۰/۰۱٤ ،۰/۱٤٦ ،۰/۲٥۸)
$\mathbf{A}_۷$	(۰/۰۳۹ ،۰/۱٦۷ ،۰/۲۹۸)
$\mathbf{A}_۸$	(۰/۰۲۹ ،۰/۱۸۷ ،۰/۲۸٥)
$\mathbf{A}_۹$	(۰/۰۸۰ ،۰/۲۱٥ ،۰/۳۲۰)
$\mathbf{A}_{۱۰}$	(۰/۰۲۱ ،۰/۱۸۱ ،۰/۲۷۸)

با توجه به این که کم ترین وزن به روش تلفیقی جمع اختصاص داده شده است، مشارکت این روش در رتبه‌بندی نهایی مینیمم می‌شود. آن چه که در این مورد غیر قابل چشم‌پوشی است، آن است که خصوصیات منفی روش تلفیقی جمع وزن‌دار باعث رتبه‌بندی یکسان در کاربرد مورد نظر می‌شود. برای بررسی اعتبار نتایج رتبه‌بندی، یک مقایسه نهایی از نتایج ارزیابی شهرک‌ها با نظرات کارشناسی انجام گرفت که حدود ۷۷ درصد با نظرات ارائه شده کارشناسی تطبیق داشت (جدول ۸). این موضوع نشان می‌دهد که روش مورد نظر قادر است تا حد خوبی ارزیابی را مطابق با ذهنیت متخصصان انجام دهد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

جدول ۷ روابط احتمالاتی نهایی

$P(A_۱ > A_۹)$	۱۱%
$P(A_۹ > A_٤)$	۳%
$P(A_٤ > A_۳)$	۲%
$P(A_۳ \approx A_۷)$	-
$P(A_۷ > A_۲)$	۹%
$P(A_۲ \approx A_۸)$	-
$P(A_۸ > A_{۱۰})$	۱%
$P(A_{۱۰} > A_٦)$	۳۱%
$P(A_٦ > A_٥)$	۳۱%

جدول ۸ رتبه‌بندی حاصل از نظرات کارشناسی

$P(A_۱ > A_۹)$	۱۰%
$P(A_۹ > A_٤)$	٥%
$P(A_٤ > A_۳)$	٥%
$P(A_۳ \approx A_۷)$	-
$P(A_۷ > A_۲)$	۱۰%
$P(A_۲ \approx A_۸)$	-
$P(A_۸ > A_{۱۰})$	٥%
$P(A_{۱۰} > A_٦)$	٤۰%
$P(A_٦ > A_٥)$	٤۰%

۵- نتیجه‌گیری

شرایط کنونی ایران، نحوه ارزیابی شهرک‌ها و نواحی صنعتی در نقاط مختلف کشور بـه روش سنتی نشان می‌دهد که به مسأله آمایش سرزمین، در مقیاس ملی و منطقه‌ای توجهی نمی‌شود و تقسیم کار و محدودهٔ وظایف از دیدگاه کارشناسی مطـرح نیـست بلکـه سیاسـت‌هـا و اعمـال

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

نفوذها باعث شکل‌گیری آمایش سرزمین شده و می‌شود. این قضیه باعث تداخل در وظایف و کاهش کارایی نواحی و شهرک‌های صنعتی خواهد شد. تصمیم‌گیری‌های بهینه در سیستم‌های اطلاعات مکانی کمک مؤثری در حل این مشکل هستند. این نوع از مسائل معمولاً در دو مرحله ترجیح‌بندی و اولویت‌بندی قابل حل هستند. در شرایط نامعین و فازی برای دستیابی به راه حل مناسب مشکلاتی مانند نمایش هم‌زمان انواع مختلف معیارها، تلفیق نظرات متخصصان، نحوه تلفیق معیارها و تلفیق روش‌های تلفیقی وجود دارند.

در این مقاله روش مناسبی برای حل تلفیق مدل‌های تلفیقی با استفاده از مجموعه‌های فازی نوع ۲ و سطح ۲ ارائه شد که در آن ارزیابی نهایی گزینه‌های مقایسه شده با استفاده از توابع عضویت فازی و ر روی محملی مرکب انجام گرفت. برای بررسی این مدل مسأله ارزیابی شهرک‌های صنعتی به عنوان کاربرد مورد نظر انتخاب شد که در نهایت نتایج به‌دست‌آمده از آن نشان داد که با توجه به وجود معیارهای متنوع در این مسأله و تأثیرات مختلف آن ها بر روی یکدیگر مد تلفیقی جمع فازی باید کم‌ترین تأثیر را داشته باشد.

۶- منابع

- Bana E., Costa C., Stewart TJ, Vansnick J- C ; Multicriteria decision analysis: some thoughts based on the tutorial and discussion session of the ESIGMA meetings, *European Journal of Operational Research*, 1997.
- Bana E., Costa C.; Reading in multiple criteria decision aid; Berlin: *Springer*, 1990.
- Liu D., Stewart T., ;Object-oriented decision support system modeling for multicriteria decision making in natural resource management ; *Computers and Operations Research*, 2004.
- Valls A., Torra V., Using classification as an aggregation tool in MCDM; *Fuzzy Sets and Systems*, 2000.
- Chen C-T, A fuzzy approach to select the location of distribution center; *Fuzzy Sets and Systems*, 2001.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]

- Bakalowicz M.; Karst ground water: A challenge for new resources;*Journal of Hydrology*, 2005.
- Solomon S, Queil F., Groundwater study using remote sensing and geographical information system in the central highlands Eritrea; *Journal of hydrology*, 2006.
- Herrera F, Herrera-Vieda E, Verdegay JL.,; Direct approach processes in group decision making using linguistic OWA operators; *Fuzzy Sets and Systems*, 1996.
- Lee H.; Group decision making using fuzzy sets theory for evaluating the rate of aggregative risk in software development; *Fuzzy Sets and Systems*, 2000
- Peneva V, Popchev I.; Properties of the aggregation operators related with fuzzy relations; *Fuzzy Sets and Systems*, 2003.
- Saaty T., A scaling method for priorities in hierarchical structures; *Journal of Mathematical Psychology*, 1977.
- Roubens M., Fuzzy sets and decision analysis; *Fuzzy Sets and Systems,* 1997.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-04-26]