

ارزیابی تناسب اراضی مسکونی به روش فازی TOPSIS-OWA گروهی

علی طالع جنکانلو^{۱*}، محمد طالعی^۲، محمد کریمی^۲

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
ali.tale2010@gmail.com

^۲ استادیار گروه سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین

(عضو قطب علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی)

taleai@kntu.ac.ir

mkarimi@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۳، تاریخ تصویب آذر ۱۳۹۳)

چکیده

مدل‌سازی و ارزیابی تناسب اراضی به عنوان پیش نیاز برنامه ریزی کاربری اراضی به منظور استفاده های صحیح از آن، از نیازهای ضروری انسان متمدن امروزی است. امروزه نقش GIS و روش های تصمیم گیری چند معیاره مکانی در این زمینه بسیار پر رنگ شده است. این تحقیق با ترکیب روش های تصمیم گیری چند معیاره گروهی - مکانی فازی TOPSIS-OWA و GIS به مدلسازی تناسب اراضی مسکونی ناحیه کرمانشاه که شامل شهرستان های کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور می باشد، می پردازد. به این منظور ابتدا ۱۰ نقشه معیار اقلیم، ناهمواری، تپ اراضی، کاربری و پوشش موجود، دسترسی به راهها، دسترسی به انرژی، عرض جغرافیایی، ازدحام جمعیت، پهنه بندی زلزله و دسترسی به آب، با استفاده از نظرات چهار کارشناس با استفاده از روش OWA و IOWA تهیه شده و در قالب سه فاکتور محیطی، اقتصادی و اجتماعی به روش Fuzzy TOPSIS وزندهی و باهم ترکیب شده اند. مدل نهایی مناسبترین مناطق جهت توسعه مسکونی را در مکان هایی نشان می دهد که اکثر معیارهای مذکور را برآورد می کنند. این نتیجه بیان گر این است که ترکیب روش های تصمیم گیری چند معیاره با عبارات فازی با تکیه بر دانش گروهی کارشناسان، می تواند در تلفیق با ابزار تحلیلی GIS به عنوان الگوی مناسبی برای ارزیابی تناسب اراضی مورد استفاده قرار گیرد. در این مدل از کل سطح منطقه مورد مطالعه ۷/۷۲ درصد، خیلی مناسب، ۳۲/۶ در صد، مناسب، ۳۴/۲ درصد، با تناسب متوسط، ۲۰/۶ درصد، نامناسب و ۴/۹ درصد، خیلی نامناسب، بدون احتساب مناطق حفاظت شده برای توسعه مسکونی تشخیص داده شده است.

واژگان کلیدی: ارزیابی تناسب اراضی، تصمیم گیری چندمعیاره مکانی، Fuzzy TOPSIS، Fuzzy OWA، IOWA

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

بهره برداری مناسب و بهینه از سرزمین و ساماندهی کاربری اراضی براساس قابلیت‌های بالقوه آن، نقش بسیار مهمی در مدیریت محیط زیست و جلوگیری از تخریب آن در راستای دستیابی به توسعه پایدار دارد. با گسترش شهرها و افزایش روبه رشد جمعیت، یکی از مسائل اساسی که برنامه ریزان به منظور استفاده اصولی از سرزمین و ساماندهی کاربری اراضی، با آن مواجه هستند، مدلسازی و ارزیابی تناسب اراضی به منظور استقرار و توسعه شهرها و سکونتگاه‌ها است [۱]. در مدلسازی تناسب اراضی به عنوان پیش نیاز برنامه ریزی کاربری اراضی، معمولاً فاکتورهای مختلفی از قبیل اقلیم، ناهمواری، تیپ اراضی، کاربری و پوشش موجود، دسترسی به راه‌ها، دسترسی به انرژی، عرض جغرافیایی، ازدحام جمعیت، پهنه بندی خطر زلزله، دسترسی به منابع آب و مناطق حفاظت شده، بایستی به طور همزمان لحاظ شوند. بنابراین می توان گفت که در مدلسازی تناسب اراضی به منظور تلفیق فاکتورهای متعدد در حوزه های مختلف، نیازمند مشارکت افراد یا گروه‌های خبره متعدد و با دیدگاه‌ها و تخصص‌های متفاوت می باشد.

پیشرفت‌های تحقق یافته در سامانه اطلاعات مکانی (GIS) و تلفیق آن با روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره گروهی (GMCDM)^۱ امکان مدلسازی و تحلیل اطلاعات در این زمینه را فراهم کرده است. اما با این حال متاسفانه در ایران تکنیک‌های GIS و GMCDM نقش ناچیزی در فرآیند مدلسازی تناسب اراضی دارند. اغلب مطالعات در این زمینه مبتنی بر تصمیم‌گیری انفرادی بوده است. منابع [۲]، [۳]، [۴]، [۵]، [۶]، [۷]، [۸]، [۹]، [۱۰]، [۱۱]، [۱۲]، [۱۳]، [۱۴] و [۱۵] نمونه‌هایی از این فعالیت‌ها هستند. از آنجا که در مدلسازی تناسب اراضی فاکتورها و ذینفع‌های متعددی وجود دارند، تصمیم‌گیری مبتنی بر دیدگاه‌های فردی دارای اعتبار مناسب نمی باشد. لذا این مطالعات به دلیل برخورداری از دانش فردی، وابسته به فرد تصمیم‌گیرنده هستند، در این حالت تصمیم به مقدار زیادی مبهم و فاقد اطمینان لازم است. چون در نظر گرفتن همه جنبه‌های تصمیم‌گیری از توان یک فرد خارج است.

بنابراین به منظور تصمیم‌گیری بهینه و اصولی در مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی که معمولاً در آن با معیارها و فاکتورهای متعددی روبرو هستیم، استفاده از تصمیم‌گیری گروهی و نظرات متخصصین مختلف ضروری می نماید. در زمینه تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی به منظور تعیین تناسب اراضی مطالعات محدود می باشد، چند مورد از این مطالعات به صورت ذیل است:

Malczewski از روش ارزیابی چند معیاره در تحلیل تناسب اراضی به منظور تعیین اولویت مناطق برای باز سازی و بهبود در کانادا استفاده کرده است. این مطالعه بر روش GIS-OWA و رویکرد مشارکتی به منظور سناریوی تعیین تناسب اراضی تمرکز دارد. مجموعه ای از ۱۰ معیار ارزیابی جهت تناسب اراضی در نظر گرفته شده اند. وزن نسبی اهمیت معیارها با استفاده از روش مقایسه زوجی به صورت گروهی استخراج شده و ترکیب معیارها و استانداردهای نقشه های معیار با استفاده از اپراتورهای OWA^۲ صورت گرفته است [۱۶].

Rodrigo و همکاران از یک مدل فازی بر مبنای دانش گروهی کشاورزان برای طبقه بندی تناسب اراضی کشاورزی با استفاده از GIS استفاده کرده‌اند. با وجود تنوع در ادراک فردی کشاورزان از تناسب زمین، ۱۲ قانون بر مبنای دانش کشاورزان برای طبقه بندی زمین با دسته بندی سلسله مراتبی بر اساس کاهش اهمیت معیارها تعریف شده است. نقشه تناسب با استفاده از اپراتورهای فازی AND و OR مطابق با قوانین دانش مبنای کشاورزان تهیه شده است [۱۷].

Zaredar و Jafari برای انجام تناسب اراضی مراتع در طالقان از روش AHP و WLC^۳ استفاده کرده اند. انتخاب معیار بر اساس تهیه پرسشنامه از متخصصین به صورت گروهی و داده های موجود صورت گرفته است [۱۸].

عدیلی از روش AHP و Fuzzy AHP برای ارزیابی تناسب شهری در منطقه ۶ شهرداری اصفهان بر مبنای تصمیم‌سازی مکانی گروهی استفاده کرده است. براساس نظرات انفرادی، تناسب ۱۵ قطعه زمین محاسبه شده سپس این تناسب به صورت گروهی نیز محاسبه شده و با

^۲ Ordered Weighted Averaging

^۳ Weighted Linear Combination

^۱ Group multi criteria decision making

مقایسه آنها تفاوت قابل توجهی بین آنها مشاهده می‌شود [۱۹].

در این اندک مطالعات صورت گرفته به صورت تصمیم‌گیری گروهی استفاده از نظرات کلیه تصمیم‌گیرندگان بدون توجه به سازگاری و ناسازگاری بودن نظرات، صورت گرفته‌است. در حالی که تمایز بین تصمیم‌گیری فردی و گروهی بیش از آنکه بر پایه تعداد جمعیت وارد در فرآیند تصمیم‌گیری قرار داشته باشد، بیشتر بر پایه سازگاری بین اهداف عالی، اولویت‌ها و باورهای گروه مطرح می‌شود. همچنین در این مطالعات فرض شده است که همه تصمیم‌گیرندگان در خصوص اولویت‌ها به نظر واحد رسیده‌اند که این در عمل غیرممکن است و امکان دارد که بعضی از افراد تشکیل دهنده گروه نظراتی ارائه دهند که در صورت تلفیق آنها با نظرات سایرین بهینه‌ترین جواب برای مسئله حاصل نشود. از طرف دیگر از اولویت‌های انفرادی برای تعیین اولویت گروهی میانگین‌گیری شده است در صورتی که بین اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان اختلاف قابل توجهی باشد میانگین‌گیری از اولویت‌ها قطعاً نتیجه مناسبی نخواهد داشت.

از طرف دیگر، در تصمیم‌گیری گروهی همه افراد تصمیم‌گیرنده نسبت به مسئله دیدگاه مشترکی ندارند بعضی از افراد نسبت به مسئله دیدگاه خوش‌بینانه و بعضی دیگر دیدگاه بدبینانه دارند. لذا باید از روش‌هایی استفاده گردد که ضمن فراهم بودن اتخاذ حالات بدبینانه تا خوش‌بینانه تصمیم‌گیرندگان در آن، امکان فیلترکردن نظرات کارشناسان نیز در آن فراهم باشد تا بتوان نظرات تصمیم‌گیرندگان را با هم مقایسه کرده و نظراتی که دارای سازگاری بیشتری با هم هستند را در فرآیند تصمیم‌گیری دخالت داد و نظرات ناسازگار با اکثریت افراد گروه تصمیم‌گیرنده را حذف کرد تا مناسب‌ترین تصمیم‌گیری فراهم شود. در این مطالعه به این منظور از کمیت سنج‌های فازی OWA برای تعیین استراتژی‌های مختلف بدبینانه تا خوش‌بینانه کارشناسان و از IOWA^۱ برای فیلترکردن نظرات و اولویت‌های ناسازگار آنها تا مرحله تولید همه نقشه‌های معیار استفاده شده و در نهایت از روش Fuzzy

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- روش متوسط وزنی مرتب - OWA

با فرض داده‌های ورودی (مجموعه‌ای از لایه‌های نقشه‌های معیار و وزن معیارها) برای i امین موقعیت (رستر یا بردار) و یک مجموعه از وزن‌های مرتب $v = v_1, v_2, \dots, v_n$ که در آن به ازای $v_j \in [0, 1]$ برای $j = 1, 2, \dots, n$ و $\sum_{j=1}^n v_j = 1$ است، عملگر ترکیبی OWA به صورت زیر تعریف می‌شود [۱]:

$$OWA_i = \sum_{j=1}^n \left(\frac{u_j v_j}{\sum_{j=1}^n u_j v_j} \right) z_{ij} \quad (1)$$

که در آن $z_{i1} \geq z_{i2} \geq \dots \geq z_{in}$ ترتیب به دست آمده از دوباره مرتب کردن مقادیر توصیفی $a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in}$ است. u_j وزن مرتب شده معیارها براساس مقادیر توصیفی z_{ij} است. معادله (۱) به عنوان ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) با وزن‌های معیار اصلاح شده شناخته می‌شود. وزن‌ها از ضرب وزن معیارها در وزن‌های مرتب به دست می‌آیند. با مجموعه‌ای از وزن‌های مختلف مرتب شده می‌توان بازه وسیعی از عملگرهای OWA شامل فرآیندهایی که اغلب برای ترکیب نقشه‌ها بر مبنای GIS به کار می‌روند، تولید کرد [۱۶] و [۲۰].

۲-۱-۱- ترکیب OWA با کمیت سنج‌های مفهومی فازی

با وجود یک مجموعه از نقشه‌های معیار و یک کمیت-سنج مفهومی فازی "Q"، می‌توان با استفاده از یک "عبارت" در ارتباط با معیارهای ارزیابی به ترکیب نقشه‌ها پرداخت. مثلاً با عبارتی به صورت زیر می‌توان به ترکیب نقشه‌ها پرداخت: "بیشتر معیارها بایستی بر آورده شوند"، "همه معیارها بایستی بر آورده شوند"، "حداقل نیمی از

^۲ Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

^۳ Reordering

^۱ Induced ordered weighted averaging

$$Q(p) = p^\alpha, \quad \alpha > 0 \quad (2)$$

با تغییر پارامتر α می توان انواع مختلفی از کمیت سنج‌ها و عملگرهای آن‌ها را به دست آورد. اگر $\alpha = 1$ ، $Q(p)$ متناظر با کمیت سنج "نصف" میشود. با میل نمودن α به سمت صفر، کمیت سنج $Q(p)$ بیانگر یکی از کران‌هایش خواهد بود (عبارت "حداقل یکی") که با عملگر MAX متناظر است. از طرف دیگر با میل نمودن α به سمت بی‌نهایت کمیت سنج $Q(p)$ کران دوم خود را ارائه می‌کند (عبارت "همگی") که برابر با عملگر MIN می‌باشد. با افزایش مقدار α میزان خوش بینی کاهش و میزان بد بینی تصمیم‌گیرنده افزایش می‌یابد. این نشان می‌دهد وزن‌های با مقادیر بالا به معیارهایی با مقادیر کم، و وزن‌های کم به مقادیر معیارهای بالا اختصاص داده می‌شوند [۳]. جدول (۱) تناظر بین کمیت‌سنج‌های زبانی انتخاب شده و مقادیر α را براساس γ ترم زبانی که پوشش دهنده یک زنجیره از استراتژی‌های مختلف تصمیم‌گیری می‌باشد را نشان می‌دهد [۲۳].

معیارها بایستی برآورده شوند. این نوع از روش‌ها را ارزیابی چند معیاری هدایت شده توسط کمیت‌سنج‌های فازی می‌نامند [۲۱]. این روش شامل سه مرحله اصلی است:

- ۱- مشخص نمودن نوع کمیت‌سنج Q .
 - ۲- تولید یک دسته از وزن‌های ترتیبی مربوط به Q .
 - ۳- محاسبه و ارزیابی مربوط به موقعیت هر کدام از سلول‌ها با استفاده از تابع ترکیبی OWA
- بر اساس نوع عبارات مفهومی می‌توان آنها را به دو دسته تقسیم بندی نمود: کمیت‌سنج‌های مفهومی مطلق و کمیت‌سنج‌های مفهومی نسبی [۲۲] عباراتی مانند "حداقل ۴"، "حدود ۵" تقریباً ۱۰" و غیره نمونه‌هایی از کمیت‌سنج‌های مطلق هستند. کمیت‌سنج‌های مفهومی نسبی نشانگر یک کمیت نسبی مانند "اغلب"، "تعداد زیادی"، "اندکی"، "تقریباً همگی"، "حدود ۶۰ درصد" هستند. در این مقاله روی یک کلاس از کمیت‌سنج‌های نسبی به نام "کمیت‌سنج‌های یکنواخت افزایشی منظم (RIM)"، تمرکز شده است. برای تعریف این کمیت سنج-ها، معادله زیر بکار گرفته شده است [۲۱].

جدول (۱) تناظر بین کمیت سنج های زبانی و پارامتر α [۲۳]

کمیت سنج زبانی (Q)	At least one	Few	Some	Half	Many	Most	All
α	۰/۰۰۰۱	۰/۱	۰/۵	۱	۲	۱۰	۱۰۰۰
استراتژی ترکیبی	OR(MAX)	-	-	WLC	-	-	AND(MIN)
استراتژی تصمیم‌گیری	به شدت خوش بینانه	خیلی خوش بینانه	خوش بینانه	خنثی	بد بینانه	خیلی بد بینانه	به شدت بد بینانه

$$v_j = \left(\frac{\sum_{l=1}^j u_l}{\sum_{l=1}^n u_l} \right)^\alpha - \left(\frac{\sum_{l=1}^{j-1} u_l}{\sum_{l=1}^n u_l} \right)^\alpha \quad (4)$$

بنابراین با معلوم بودن وزن معیارها (W) و وزن‌های مرتب شده (V)، عملگر OWA به صورت رابطه زیر قابل تعریف است:

$$OWA_i = \sum_{j=1}^n \left(\left(\frac{\sum_{l=1}^j u_l}{\sum_{l=1}^n u_l} \right)^\alpha - \left(\frac{\sum_{l=1}^{j-1} u_l}{\sum_{l=1}^n u_l} \right)^\alpha \right) z_{ij} \quad (5)$$

۲-۲- روش IOWA

در روش OWA مرسوم یکی از مراحل، دوباره مرتب کردن المان‌هاست. به منظور توسعه این روش و به منظور

۲-۱-۲- وزن‌های ترتیبی

با استفاده از کمیت‌سنج‌های مفهومی فازی می‌توان به تولید وزن‌های ترتیبی پرداخت [۲۴]. به منظور گنجاندن وزن معیارها و تولید وزن‌های ترتیبی بر اساس کمیت-سنج‌های RIM، رابطه (۳) پیشنهاد شده است [۲۵].

$$v_j = Q \left(\frac{\sum_{l=1}^j u_l}{\sum_{l=1}^n u_l} \right) - Q \left(\frac{\sum_{l=1}^{j-1} u_l}{\sum_{l=1}^n u_l} \right) \quad (3)$$

که در آن v_j ، z امین وزن معیار دوباره مرتب شده وزن معیار (W_j) بر اساس z_{ij} دوباره مرتب شده است. با توجه به رابطه (۲) رابطه (۳) به صورت زیر در می‌آید:

که در آن $Sup(P_i^k, P_i^d)$ یک تابع پشتیبان باینری به صورت زیر است:

$$Sup(P_i^k, P_i^d) = \begin{cases} 1 & \text{اگر } |P_i^k - P_i^d| < \alpha \\ 0 & \text{اگر } |P_i^k - P_i^d| \geq \alpha \end{cases} \quad (9)$$

در این رابطه α به عنوان حد آستانه عمل می‌کند. بر اساس تابع پشتیبان $Sup(P_i^k, P_i^d)$ در صورتی که اختلاف اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان از α کمتر باشد، دو تصمیم‌گیرنده از هم پشتیبانی می‌کنند. در غیر این صورت، از هم پشتیبانی نمی‌کنند. همه مقادیر پشتیبانی برای همه اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان بر روی هر گزینه محاسبه می‌شود. در نتیجه q جفت (P_i^k, t_k) به دست می‌آید که t_k نقش مقادیر order inducing برای دوباره مرتب کردن اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان، در مرحله بعدی را بازی می‌کند.

دوباره مرتب کردن اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان بر اساس همه مقادیر پشتیبانی مرتب شده (t_k') که

$$t_1' \leq t_2' \leq \dots \leq t_q'$$

مجموعه‌ای از وزن‌های مرتب $V = [v_1, v_2, \dots, v_q]$ بر اساس معادله زیر را ایجاد می‌کند.

$$v_k = \frac{Q(t_k'/q)}{\sum_{k=1}^q Q(t_k'/q)} \quad (10)$$

در این رابطه، Q در فاصله واحد، تابع عضویت متناظر با کمیت‌سنج زبانی "Most" به منظور ترکیب نظرات اکثریت تصمیم‌گیرندگان است. معادله (۱۰) بیانگر این است که بیشتر اولویت‌های پشتیبانی شده، وزن‌های بالا را کسب کرده و در نتیجه بیشترین تاثیر را در فرایند تلفیق دارند. در اینجا تابع Q به صورت رابطه (۱۱) و شکل (۱) تعریف می‌شود.

$$Q_{\text{"Most"}}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0.8 \\ 2x - 0.6 & 0.3 < x < 0.8 \\ 0 & x \leq 0.3 \end{cases} \quad (11)$$

دوباره مرتب کردن المان‌ها، اپراتور IOWA پیشنهاد شده است [۲۴]. در این روش علاوه بر مقادیر آرگومان‌ها (a_i) و وزن‌های مرتب (v_i) که در OWA وجود داشتند، مجموعه دیگری از مقادیر (t_i) که order inducing نامیده می‌شوند نیز با مقادیر آرگومان‌ها ترکیب می‌شود. بنابراین، IOWA شامل جفت (a_i, t_i) می‌باشد که در آن t_i برای دوباره مرتب کردن مقادیر آرگومان‌ها استفاده می‌شود. لذا در این حالت IOWA به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$IOWA_{(a_i, t_i)} = \sum_{i=1}^n v_i a_{t\text{-index}(i)} \quad (6)$$

که در آن $t\text{-index}(i)$ اندیس i امین بزرگترین t است.

۲-۲-۱- روش تصمیم‌گیری گروهی فازی با استفاده از IOWA بر مبنای GIS

Pasi و Yager این روش را جهت تلفیق عقاید اکثریت تصمیم‌گیرندگان، پیشنهاد کرده‌اند. بنابر این در روش تصمیم‌گیری گروهی فازی با استفاده از IOWA، مقدار ترکیب شده نهایی، مقدار اکثریت مقادیر شبیه به هم را توصیف می‌کند. شباهت بین جفت مقادیر اولویت‌ها می‌تواند با استفاده از یک تابع پشتیبان $Sup(a, b)$ محاسبه شود که می‌تواند به عنوان پشتیبان برای a از b مشخص شود [۲۶]:

$$Sup(a, b) \geq Sup(x, y) \text{ اگر } |a - b| < |x - y| \quad (7)$$

اگر مقدار دو آرگومان به هم نزدیک باشند (دو آرگومان شبیه باشند)، می‌توانند بیشتر همدیگر را پشتیبانی کنند [۲۷].

۲-۲-۱- مراحل روش گروهی فازی با استفاده از IOWA

محاسبه میزان حمایت سایر تصمیم‌گیرندگان از اولویت تصمیم‌گیرنده k ام بر روی i امین گزینه به صورت رابطه (۸) می‌باشد.

$$t_k = \sum_{d=1}^q Sup(P_i^k, P_i^d) \quad (8)$$

تعریف: برای یک عدد فازی \bar{M} ، مجموعه α برش عدد فازی \bar{M} به ازای $\alpha \in [0,1]$ به صورت رابطه (۱۳) تعریف می گردد.

$$(\bar{M})_\alpha = \{x \in R | \mu_{\bar{M}}(x) \geq \alpha\} \quad (13)$$

برای یک عدد فازی ذوزنقه‌ای $\bar{A} = (a, b, c, d)$ فواصل حاصل شده توسط مجموعه α برش‌ها را به صورت زیر تعریف می نمایند:

$$A(\alpha) = [a(\alpha), c(\alpha)] = [(b-a)\alpha + a, (c-d)\alpha + d] \quad (14)$$

Yoon و Hwang فاصله d^* را طوری روی R لحاظ نمودند که برای هر $a, b \in R$ ، $d^*(a, 0) = a$ و $d^*(a, b) = a - b$ آنگاه برای $\{\bar{A}, \bar{B} \in H(R)\}$ خانواده اعداد فازی روی R ، فاصله را به صورت رابطه (۱۵) تعریف می نمایند [۵]:

$$d(\bar{A}, \bar{B}) = \frac{1}{2} \int_0^1 ([\bar{A}]_\alpha^L + [\bar{A}]_\alpha^U - [\bar{B}]_\alpha^L - [\bar{B}]_\alpha^U) d\alpha \quad (15)$$

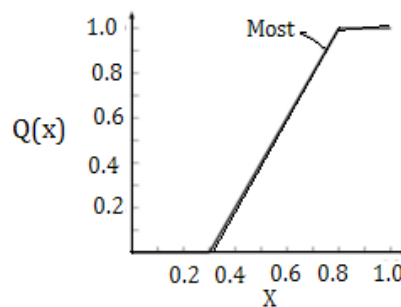
$[\bar{A}]_\alpha^L$ و $[\bar{A}]_\alpha^U$ و $[\bar{B}]_\alpha^L$ و $[\bar{B}]_\alpha^U$ به ترتیب نشان‌دهنده حد پایین و بالا اعداد فازی \bar{A}, \bar{B} می باشند. براساس رابطه (۱۵) آنها ثابت کرده اند که سیستم رتبه بندی روی $H(R)$ به صورت زیر تعریف می گردد:

$$\begin{aligned} \bar{A} < \bar{B} & \text{ if } d^*(\bar{A}, \bar{B}) > 0, \\ \bar{A} < \bar{B} & \text{ if } d^*(\bar{A}, \bar{B}) < 0, \\ \bar{A} \approx \bar{B} & \text{ if } d^*(\bar{A}, \bar{B}) = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

اگر، K : تعداد تصمیم گیرنده ها، C_j : مجموعه معیارهای مؤثر، A_i ($i = 1, 2, \dots, m$) گزینه های موجود، $X = \{x_{ij} | i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n\}$ نرخ‌های ارزیابی گزینه‌ها با توجه به معیارها و $\bar{R}_k = (r_k^a, r_k^b, r_k^c, r_k^d)$ ($k = 1, 2, \dots, k$): نرخ فازی هر تصمیم گیرنده با تابع عضویت $\mu_{\bar{R}_k}(x)$ ، باشد مراحل به صورت زیر است [۳۰].

➤ تلفیق نرخ های فازی تصمیم گیرنده ها

$$r^a = \min\{r_k^a\}, \quad r^b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K r_k^b, \quad (17)$$



شکل ۱- تابع Q متناظر با کمیت سنج زبانی Most [۲۳]

محاسبه امتیاز IOWA برای هر i امین موقعیت (A_i) ، متناظر با اولویت‌های اکثریت تصمیم‌گیرندگان به صورت زیر است.

$$P_i^{Group} = IOWA_i(P_i^1, P_i^2, \dots, P_i^q) = \sum_{k=1}^q v_k P_i^{t-index(k)} \quad (12)$$

که در این رابطه $t-index(k)$ ، k امین کوچکترین t است.

۲-۳- فازی TOPSIS

روش TOPSIS توسط Yoon و Hwang به منظور شباهت با جواب ایده آل پیشنهاد شده است، از روش‌های معروف تصمیم‌گیری چند معیاره کلاسیک است. اساس روش TOPSIS تعیین راه‌حل ایده آل مثبت و راه‌حل ایده‌آل منفی است. از نقطه نظر هندسی، یک تقریب آن است که گزینه ای در نظر گرفته شود که فاصله ی کمینه اقلیدسی را از راه حل ایده‌آل و همزمان نیز دور ترین فاصله از راه حل ایده‌آل منفی داشته باشد. TOPSIS فازی توسعه روش TOPSIS در مسایل تصمیم‌گیری با داده‌های فازی می‌باشد تا تیم تصمیم‌گیری در محیطی از معیارهای مبهم و گنگ، توانایی انتخاب گزینه مناسب را به دست آورد [۲۸].

براساس مفهوم روش TOPSIS، در مسایل تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی شاخص ضریب نزدیکی بو سیله محاسبه فاصله از راه‌حل ایده‌آل فازی و راه‌حل ایده‌آل منفی فازی توسط رویکرد رتبه بندی اعداد فازی به صورت همزمان برای هر گزینه، تعریف می گردد تا بدین وسیله تمام گزینه ها رتبه بندی گردند [۲۹].

$$\tilde{q}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (24)$$

➤ حل ایده آل (A^*) و حل ضد ایده آل فازی (A^-)

$$A^* = (\tilde{V}_1^*, \tilde{V}_2^*, \dots, \tilde{V}_n^*) \quad (25)$$

$$A^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \dots, \tilde{V}_n^-) \quad (26)$$

$$\tilde{V}_j^* = (v_j^*, v_j^*, v_j^*, v_j^*), \quad (27)$$

$$v_j^* = \max\{q_{ij}^d\} \forall i, j$$

$$\tilde{V}_j^- = (v_j^-, v_j^-, v_j^-, v_j^-), \quad (28)$$

$$v_j^- = \min\{q_{ij}^a\} \forall i, j$$

محاسبه فاصله هر گزینه از A^* و A^- به ازای α های

گوناگون:

$$d_i^*(\alpha) = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_j^*, \tilde{q}_{ij}) \\ = \sum_{j=1}^n (2v_j^* - q_{ij}^a - q_{ij}^d) \\ + \left(\frac{\alpha}{2}\right) \sum_{j=1}^n (q_{ij}^a + q_{ij}^d - q_{ij}^b - q_{ij}^c), \forall i \quad (29)$$

$$d_i^-(\alpha) = \sum_{j=1}^n d(\tilde{q}_{ij}, \tilde{V}_j^-) \quad (30)$$

$$= \sum_{j=1}^n (q_{ij}^a + q_{ij}^d - 2v_j^-) \\ + \left(\frac{\alpha}{2}\right) \sum_{j=1}^n (q_{ij}^b + q_{ij}^c - q_{ij}^a - q_{ij}^d), \forall i$$

در روابط (۲۹) و (۳۰)، $d(0,0)$ مقدار فاصله بین دو

عدد فازی بوده و $\alpha \in [0,1]$ می باشد.

➤ محاسبه شاخص ضریب نزدیکی برای رتبه بندی

تمام گزینه‌ها

$$CC_i(\alpha) = \frac{d_i^-(\alpha)}{d_i^*(\alpha) + d_i^-(\alpha)} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (31)$$

واضح است که در رابطه (۳۱) اگر $F_i = A^*$ آنگاه

$CC_i(\alpha) = 0$ است و اگر $F_i = A^-$ آنگاه $CC_i(\alpha) = 1$

می‌گردد. به عبارت دیگر زمانیکه گزینه F_i به A^* نزدیک و

از A^- دور می‌گردد، شاخص ضریب نزدیکی $CC_i(\alpha)$ به

عدد ۱ نزدیک می‌شود.

➤ وزن‌دهی به گزینه‌ها یا معیارها براساس رتبه آنها

توسط رابطه زیر:

$$r^c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K r_k^c, r^d = \max\{r_k^d\}$$

فرض کنید معیارهای ارزیابی هر گزینه و اهمیت

وزن‌های فازی هر معیار توسط k امین تصمیم گیرنده به

ترتیب به صورت $\tilde{W}_{jk} = (x_{ijk}^a, x_{ijk}^b, x_{ijk}^c, x_{ijk}^d)$ و $\tilde{x}_{ijk} =$

$$j = 1, 2, \dots, n, (w_{jk}^a, w_{jk}^b, w_{jk}^c, w_{jk}^d) \text{ و } i = 1, 2, \dots, m$$

باشد. از این رو تلفیق نرخ‌های فازی معیارهای هر گزینه

\tilde{x}_{ij} به صورت $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^a, x_{ij}^b, x_{ij}^c, x_{ij}^d)$ محاسبه می‌گردد،

به طوریکه:

$$x_{ij}^a = \min\{x_{ijk}^a\}, x_{ij}^b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk}^b, x_{ij}^c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ijk}^c, x_{ij}^d = \max\{x_{ijk}^d\} \quad (18)$$

➤ تلفیق وزن‌های فازی هر معیار (\tilde{W}_j) به صورت

$$\tilde{W}_j = (w_{jk}^a, w_{jk}^b, w_{jk}^c, w_{jk}^d) \text{ به طوری که:}$$

$$w_j^a = \min\{w_{jk}^a\}, w_j^b = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk}^b, w_j^c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K w_{jk}^c, w_j^d = \min\{w_{jk}^d\} \quad (19)$$

➤ تشکیل ماتریس‌های تصمیم‌گیری فازی

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{pmatrix}, \quad (20)$$

$$\tilde{W} = (\tilde{W}_1, \tilde{W}_2, \dots, \tilde{W}_n)$$

$$\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^a, x_{ij}^b, x_{ij}^c, x_{ij}^d)$$

$$\tilde{W}_j = (w_{jk}^a, w_{jk}^b, w_{jk}^c, w_{jk}^d)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

➤ نرمالیزه کردن ماتریس تصمیم‌گیری

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$$

اگر B و C به ترتیب معیارهای بیشینه و کمینه باشند،

آنگاه:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{x_{ij}^a}{\theta_j^a}, \frac{x_{ij}^b}{\theta_j^b}, \frac{x_{ij}^c}{\theta_j^c}, \frac{x_{ij}^d}{\theta_j^d} \right) (j \in B) \quad (21)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{\theta_j^-}{x_{ij}^d}, \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^c}, \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^b}, \frac{\theta_j^-}{x_{ij}^a} \right) (j \in C)$$

$$\theta_j^*(j \in B) = \max_i \{x_{ij}^d\} \quad (22)$$

$$\text{و } \theta_j^-(j \in C) = \min_i \{x_{ij}^a\}$$

➤ تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمال وزن-

دار

$$\tilde{Q} = [\tilde{q}_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m, \quad (23)$$

$$j = 1, 2, \dots, m$$

۲-۵- فاکتورهای مؤثر در مدل سازی تناسب

فاکتورهایی که در این پژوهش برای مدلسازی تناسب اراضی مسکونی مورد استفاده قرار گرفته اند عبارتند از: ۱- فاکتور محیطی شامل معیارهای اقلیم، ناهمواری، تیپ اراضی، کاربری و پوشش موجود، خطر زلزله و عرض جغرافیایی. ۲- فاکتور اقتصادی شامل معیارهای دسترسی به انرژی، فاصله تا راهها و دسترسی به منابع آب. ۳- فاکتور اجتماعی شامل معیار ازدحام جمعیت. بعضی از این معیارها بر اساس طرح جامع ناحیه کرمانشاه که توسط شورای عالی شهرسازی و معماری ایران مورد تصویب قرار گرفته است، استخراج شده اند [۳۱]. برخی دیگر مانند انواع حریمها بر اساس نظرات ۴ کارشناس تهیه شده اند. همه معیارها بر اساس نظرات گروهی و با استفاده از کمیت-سنج‌های OWA بر اساس استراتژی‌های مختلف کارشناسان، وزن‌دهی، سپس وزن‌ها با استفاده از IOWA فیلتر شده و در نهایت وزن‌دهی نقشه‌های معیار و فاکتورها و تلفیق آنها با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS صورت گرفته است. شکل (۳) مدل نهایی ارزیابی را نشان می‌دهد.

جدول ۳- متغیرهای زبانی برای اهمیت وزن هر معیار (منبع: نگارنده)

متغیرهای زبانی	تابع عضویت
خیلی کم	$(0, 0.1, 0.2)$
کم	$(0.1, 0.2, 0.3)$
تا حدودی کم	$(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)$
بی تفاوت	$(0.4, 0.5, 0.6)$
تا حدودی زیاد	$(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)$
زیاد	$(0.6, 0.7, 0.8, 0.9)$
خیلی زیاد	$(0.7, 0.8, 0.9, 1)$

$$w_j = \frac{n - r_j + 1}{\sum_{j=1}^n n - r_k + 1} \quad (32)$$

۲-۳-۱- متغیرهای زبانی به کار گرفته شده در روش TOPSIS

در تئوری مجموعه‌های فازی، مقیاس‌های تبدیل برای تبدیل مقیاس زبانی به اعداد فازی، بکار برده می‌شوند. در این مقاله از مقیاس ۱-۱۰ برای درجه بندی معیارها و گزینه‌ها استفاده شده است. جداول (۲) و (۳) متغیرهای زبانی برای نرخ معیارهای هر گزینه و اهمیت وزن هر معیار را نشان می‌دهند.

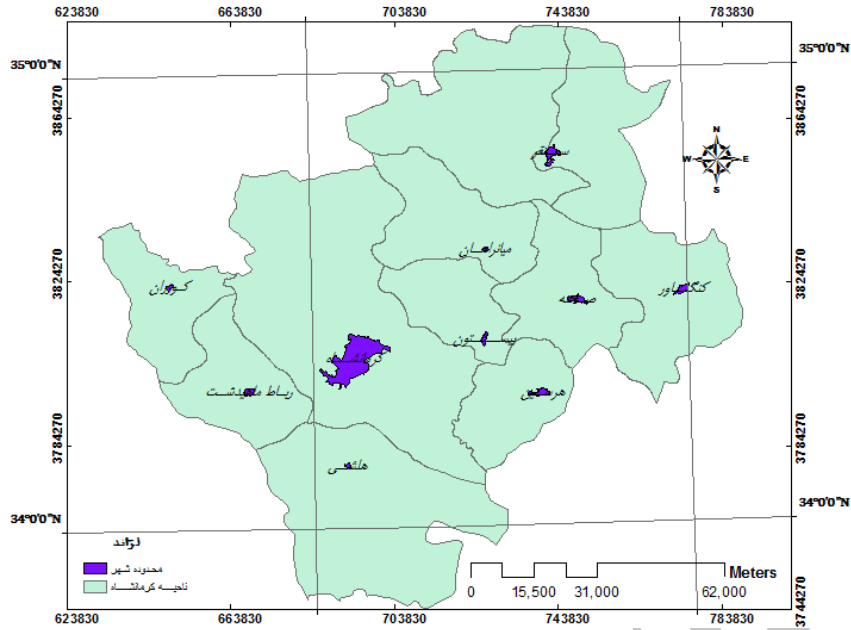
۲-۴- منطقه مورد مطالعه

بر اساس مصوبات شورای عالی شهرسازی و معماری ایران، استان کرمانشاه به ۳ ناحیه کرمانشاه، اورامانات و اسلام‌آباد تقسیم شده است. منطقه مورد مطالعه در این مقاله ناحیه کرمانشاه می‌باشد که شامل شهرستان‌های کرمانشاه، هرسین، صحنه، سنقر و کنگاور است که از لحاظ موقعیت مکانی بین عرض‌های $33^{\circ}48'$ و $35^{\circ}05'$ و طول‌های $46^{\circ}25'$ و $48^{\circ}08'$ قرار دارد. شکل (۲) محدوده منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد [۳۱].

جدول ۲- متغیرهای زبانی برای نرخ معیارهای هر گزینه (منبع:

نگارنده)

متغیرهای زبانی	تابع عضویت
خیلی ضعیف	$(0, 0.1, 0.2)$
ضعیف	$(0.1, 0.2, 0.3)$
تا حدودی ضعیف	$(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)$
بی تفاوت	$(0.4, 0.5, 0.6)$
تا حدودی خوب	$(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)$
خوب	$(0.6, 0.7, 0.8, 0.9)$
خیلی خوب	$(0.7, 0.8, 0.9, 1)$

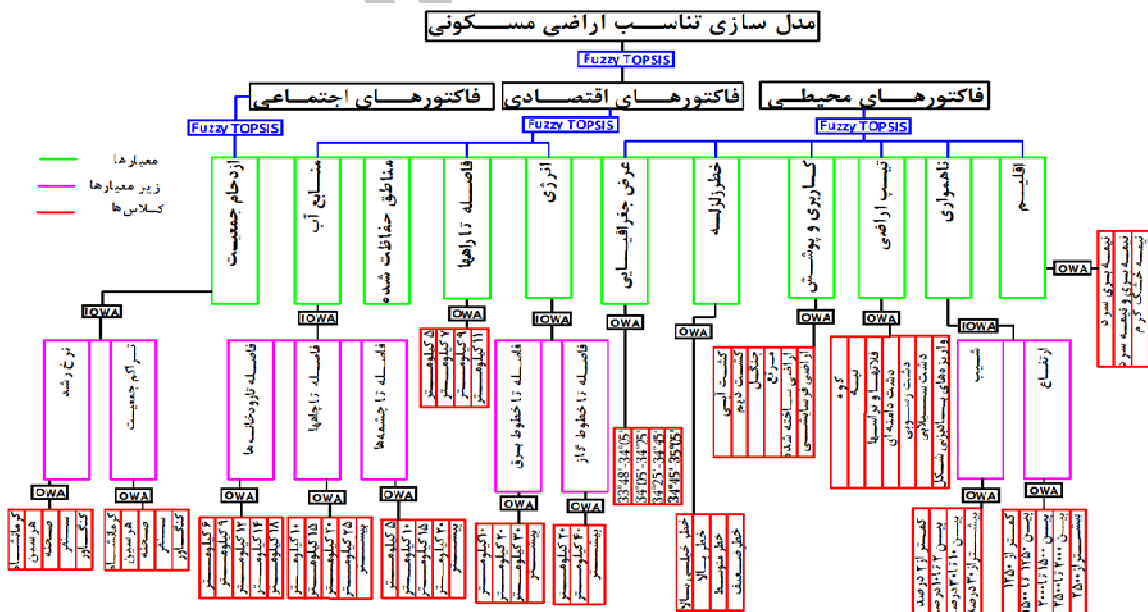


شکل ۲- محدوده منطقه مورد مطالعه [۳۱]

۳- پیاده سازی و نتایج

مختلف تصمیم‌گیری هر کارشناس، تهیه شده و در مرحله بعد نقشه‌های فاکتور به ۳ گروه از فاکتورهای محیطی، اجتماعی و اقتصادی مطابق شکل (۳)، تقسیم شده و هر یک از نقشه‌ها و گروه‌ها به منظور مدلسازی نهایی، با استفاده از نظرات ۴ کارشناس مذکور با استفاده از روش Fuzzy TOPSIS وزن‌دهی و تلفیق شدند.

این بخش شامل دو مرحله اساسی است. در ابتدا با استفاده از روش‌های OWA و IOWA نقشه‌های معیار به صورت گروهی توسط ۴ کارشناس با تخصص‌های عمران، شهرسازی، محیط زیست و کشاورزی و آبیاری و با تکیه بر فیلتر کردن نظرات کارشناسی و تلفیق استراتژی‌های



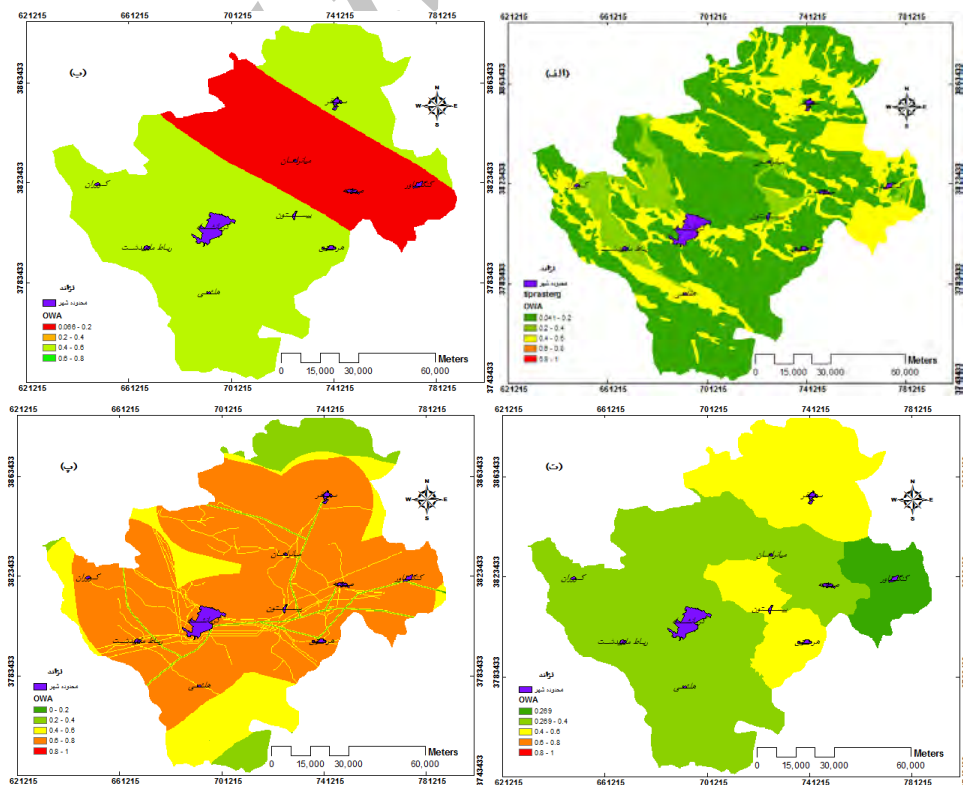
شکل ۳- مدل ارزیابی تناسب اراضی مسکونی ناحیه کرمانشاه (منبع: نگارنده و [۳۱])

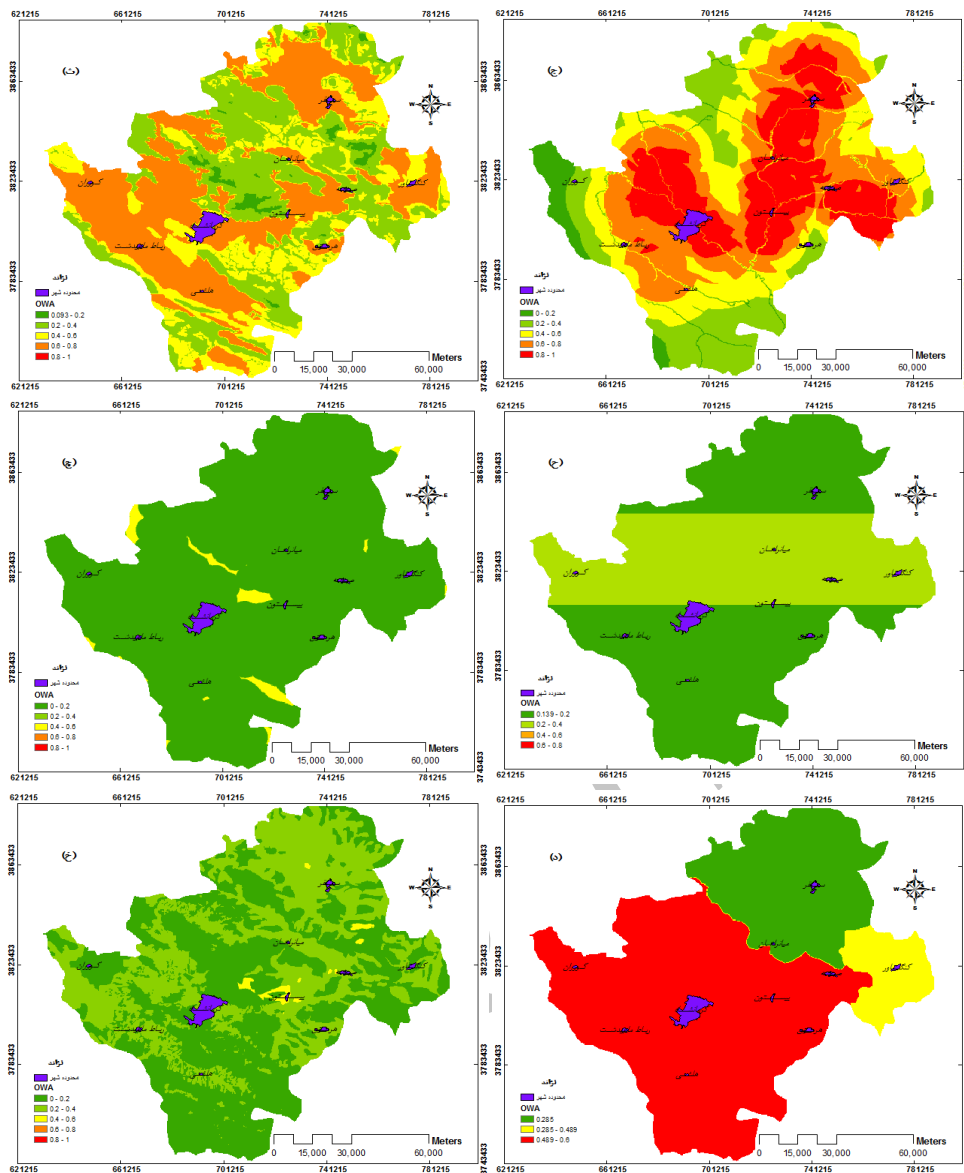
۱-۳- تهیه نقشه های معیار توسط OWA و IOWA

مطابق شکل (۳) بعضی از معیارها مانند اقلیم که از ۳ اقلیم متفاوت تشکیل شده و سایر کلاسها مانند انواع حریمها براساس نظرات ۴ کارشناس استخراج شده‌اند. هر یک از این کلاسها توسط کارشناسان به ترتیب اهمیت با اعداد ۰ تا ۹ امتیازدهی و این امتیازات نرمال شده‌اند. مطابق جدول (۱) در بخش ۱-۲-۱، استراتژی تصمیم‌گیری هر کارشناس با تعیین مقدار α ، تعیین شده و مقدار وزن OWA نیز توسط هر کارشناس براساس رابطه (۵) برای هر کلاس محاسبه شده است. بعنوان مثال برای تهیه نقشه فاصله تا خطوط انتقال گاز، مطابق مطالب مذکور برای هر حریم براساس امتیازات و استراتژی تصمیم‌گیری هر کارشناس یک مقدار OWA محاسبه شده است. این مقادیر OWA مطابق تابع پیشتیبان رابطه (۹) با تعیین حد آستانه α دو به دو با هم مقایسه شده و امتیاز IOWA برای i امین موقعیت مطابق مراحل موجود در بخش ۱-۲-۲ و ۱-۲-۳ رابطه (۱۲) محاسبه شده است. بیشترین اختلاف بین اولویت‌های کارشناسان در این مقاله ۰/۴۰۹ و کمترین اختلاف بین آنها ۰/۱۹۲ می‌باشد. لذا حد آستانه بیشتر از ۰/۴۰۹ و کمتر از ۰/۱۹۲ باعث می‌شود که روش IOWA

دقیقاً مانند حالت میانگین‌گیری عمل کند. چون وزن‌های مرتب مطابق معادله (۱۰) با هم برابر می‌شوند. لذا حد آستانه ۰/۳ در این مقاله در نظر گرفته شده است. در این حالت موقعیت‌هایی که دارای IOWA بزرگتری هستند به عنوان مناسب‌ترین منطقه محسوب می‌شوند. بدین ترتیب همه نقشه‌های زیر معیار تهیه شدند. لازم به ذکر است که کلیه نقشه‌ها در سیستم تصویر UTM می‌باشند.

در مرحله بعدی برای تلفیق نقشه‌های زیرمعیار، هر یک از آنها توسط ۴ کارشناس با استفاده از عبارات زبانی وزن‌دهی شدند. این عبارات زبانی به اعداد Crisp تبدیل شده (نحوه تبدیل عبارات زبانی به اعداد Crisp در مراجع مختلف و مرجع [۳۲] ارائه شده است). مجدداً این وزن‌ها با استفاده از تابع پیشتیبان رابطه (۹) دو به دو با هم مقایسه شده و وزن نهایی با استفاده از IOWA برای هر لایه محاسبه شده است. بعنوان مثال برای تهیه نقشه زیر معیار دسترسی به انرژی، هر یک از نقشه‌های زیر معیار فاصله تا خطوط انتقال برق و فاصله تا خطوط انتقال گاز با عبارات زبانی کم، زیاد، متوسط، خیلی زیاد و ... وزن‌دهی شدند و وزن نهایی هر یک از لایه‌ها و تلفیق آنها با استفاده از IOWA صورت گرفت. بدین ترتیب همه نقشه‌های معیار نیز تولید شدند. شکل (۴) هریک از این نقشه‌های معیار را در سیستم تصویر UTM نشان می‌دهد.





شکل ۴- الف) تیپ اراضی (ب) پهنه بندی خطر زلزله (پ) دسترسی به انرژی (ت) ازدحام جمعیت (ث) ناهمواری (ج) دسترسی به منابع آب (چ) دسترسی به راهها (ح) عرض جغرافیایی (خ) کاربری و پوشش موجود (د) اقلیم، (ماخذ: نگارنده و [۳۱])

۳-۲- وزن دهی و مدلسازی نهایی با Fuzzy TOPSIS

در این مرحله بعد از تهیه نقشه‌های معیار هر یک از معیارهای اقلیم، تیپ اراضی، کاربری و پوشش موجود، عرض جغرافیایی، پهنه بندی خطر زلزله و ناهمواری به عنوان فاکتور محیطی و معیارهای دسترسی به راهها، خطوط انتقال انرژی و منابع آب به عنوان فاکتور اقتصادی

و ازدحام جمعیت به عنوان فاکتور اجتماعی در نظر گرفته شده و وزن این فاکتورها (جدول ۴) و هریک از معیارها (جدول ۵) با استفاده از روش فازی TOPSIS توسط ۴ کارشناس تعیین و با استفاده از روابط (۱۷) تا (۳۱) معیارها رتبه‌بندی، و با رابطه (۳۲) وزن نهایی معیارها بدست آمده و در نهایت مدل نهایی ناحیه کرمانشاه برای توسعه مسکونی بصورت شکل (۵) بدست آمده است.

جدول ۴- وزن هر یک از فاکتورها با استفاده از متغیرهای زبانی (منبع: نگارنده)

فاکتورها	کارشناس محیط زیست	کارشناس شهرسازی	کارشناس عمران	کارشناس کشاورزی و آبیاری
فاکتورهای محیطی	خیلی زیاد	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
فاکتورهای اقتصادی	زیاد	بی تفاوت	بی تفاوت	تاحدودی زیاد
فاکتورهای اجتماعی	خیلی زیاد	خیلی زیاد	تاحدودی کم	بی تفاوت

جدول ۵- ارزیابی اهمیت معیارها توسط ۴ تصمیم گیرنده (منبع: نگارنده)

فاکتورها	معیارها	کارشناس محیط زیست	کارشناس شهرسازی	کارشناس عمران	کارشناس کشاورزی و آبیاری
فاکتورهای محیطی	اقلیم	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	زیاد
	تیپ اراضی	بی تفاوت	تاحدودی زیاد	تاحدودی کم	خیلی زیاد
	کاربری و پوشش موجود	خیلی زیاد	تاحدودی کم	بی تفاوت	خیلی زیاد
	ناهمواری	تاحدودی کم	زیاد	خیلی زیاد	زیاد
	عرض جغرافیایی	کم	بی تفاوت	تاحدودی زیاد	بی تفاوت
فاکتورهای اقتصادی	زلزله	خیلی زیاد	خیلی زیاد	زیاد	بی تفاوت
	دسترسی به راهها	تاحدودی زیاد	بی تفاوت	زیاد	کم
	دسترسی به انرژی	بی تفاوت	تاحدودی زیاد	بی تفاوت	زیاد
فاکتورهای اجتماعی	دسترسی به منابع آب	خیلی زیاد	زیاد	تاحدودی زیاد	خیلی زیاد
	ازدحام جمعیت	تاحدودی زیاد	تاحدودی کم	کم	بی تفاوت

جدول ۶- اعداد فازی دوزنقه ای وزن فاکتورها و معیارها و وزن های نرمال شده معیارها (منبع: نگارنده)

فاکتورها	فاکتورهای محیطی						فاکتورهای اقتصادی			فاکتورهای اجتماعی	
	معیارها	اقلیم (A1)	تیپ اراضی (A2)	کاربری و پوشش موجود (A3)	ناهمواری (A4)	عرض جغرافیایی (A5)	زلزله (A6)	دسترسی به راهها (A7)	دسترسی به انرژی (A8)	دسترسی به منابع آب (A9)	ازدحام جمعیت (A10)
اعداد فازی و وزن هر معیار		(۷ و ۵ و ۹ / ۵ و ۸ و ۷)	(۴ و ۶ و ۶ / ۵ و ۱ و ۰)	(۲ و ۵ و ۷ / ۲ و ۵ و ۶)	(۲ و ۷ و ۷ / ۵ و ۱ و ۰)	(۱ و ۴ و ۴ / ۷ و ۵ و ۸)	(۴ و ۷ و ۷ / ۲ و ۵ و ۱ و ۰)	(۵ و ۵ و ۵ / ۲ و ۵ و ۹)	(۴ و ۶ و ۶ / ۲ و ۵ و ۹)	(۵ و ۸ و ۲ و ۵ و ۸ / ۷ و ۵ و ۱ و ۰)	(۱ و ۴ و ۴ / ۵ و ۸)
وزن هر فاکتور		(۰ / ۱ و ۰ / ۸ و ۵ و ۰ / ۹ و ۱)						(۰ / ۴ و ۰ / ۶ و ۰ / ۶ و ۰ / ۹)			(۰ / ۲ و ۰ / ۶ و ۰ / ۲ و ۰ / ۶)
وزن های نرمال شده معیارها		(۰ / ۴ و ۰ / ۷ و ۰ / ۸ و ۵ و ۱)	(۰ / ۱ و ۰ / ۵ و ۰ / ۵ و ۱ و ۰ / ۸ و ۵ و ۱)	(۰ / ۱ و ۰ / ۵ و ۰ / ۵ و ۱ و ۰ / ۸ و ۵ و ۱)	(۰ / ۱ و ۰ / ۵ و ۰ / ۵ و ۱ و ۰ / ۸ و ۵ و ۱)	(۰ / ۱ و ۰ / ۷ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۸)	(۰ / ۲ و ۰ / ۸ و ۰ / ۶ و ۰ / ۶ و ۰ / ۴ و ۰ / ۴)	(۰ / ۴ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۸ و ۱)	(۰ / ۱ و ۰ / ۶ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۸ و ۱)	(۰ / ۲ و ۰ / ۴ و ۰ / ۴ و ۰ / ۵ و ۰ / ۵ و ۰ / ۹)	(۰ / ۱ و ۰ / ۲ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۳ و ۰ / ۸)

$$A^* = \{(1,1) \text{ و } (1,0) \text{ و } (0,1) \text{ و } (0,0)\}$$

$$A^- = \{(0,0) \text{ و } (0,1) \text{ و } (1,0) \text{ و } (1,1)\}$$

جدول ۷- محاسبه فاصله هر معیار از A^* و A^- به ازای α های گوناگون (منبع: نگارنده)

$\alpha = 0$				$\alpha = 0.25$			
d(A1,A*)	۰/۵۱	d(A1,A-)	۱/۳۵	d(A1,A*)	۰/۵۰	d(A1,A-)	۱/۳۶
d(A2,A*)	۰/۸۶	d(A2,A-)	۱	d(A2,A*)	۰/۸۷	d(A2,A-)	۰/۹۹
d(A3,A*)	۰/۸۶	d(A3,A-)	۱	d(A3,A*)	۰/۸۵	d(A3,A-)	۱
d(A4,A*)	۰/۸۶	d(A4,A-)	۱	d(A4,A*)	۰/۸۴	d(A4,A-)	۱
d(A5,A*)	۱/۱۳	d(A5,A-)	۰/۷۳	d(A5,A*)	۱/۱۴	d(A5,A-)	۰/۷۲
d(A6,A*)	۰/۷۲	d(A6,A-)	۱/۱۴	d(A6,A*)	۰/۷۰	d(A6,A-)	۱/۱۵
d(A7,A*)	۰/۹۵	d(A7,A-)	۰/۷۷	d(A7,A*)	۰/۹۷	d(A7,A-)	۰/۷۴
d(A8,A*)	۰/۸۳	d(A8,A-)	۰/۸۹	d(A8,A*)	۰/۸۶	d(A8,A-)	۰/۸۶
d(A9,A*)	۰/۷۰	d(A9,A-)	۱/۰۲	d(A9,A*)	۰/۷۱	d(A9,A-)	۱
d(A10,A*)	۰/۷۸	d(A10,A-))	۰/۷۸	d(A10,A*)	۰/۸۱	d(A10,A-)	۰/۷۵
$\alpha = 0.5$				$\alpha = 0.75$			
d(A1,A*)	۰/۴۹	d(A1,A-)	۱/۳۷	d(A1,A*)	۰/۴۸	d(A1,A-)	۱/۳۸
d(A2,A*)	۰/۸۷	d(A2,A-)	۰/۹۹	d(A2,A*)	۰/۸۹	d(A2,A-)	۰/۹۸
d(A3,A*)	۰/۸۴	d(A3,A-)	۱/۰۱	d(A3,A*)	۰/۸۴	d(A3,A-)	۱/۰۲
d(A4,A*)	۰/۸۳	d(A4,A-)	۱/۰۲	d(A4,A*)	۰/۸۱	d(A4,A-)	۱/۰۴
d(A5,A*)	۱/۱۴	d(A5,A-)	۰/۷۱	d(A5,A*)	۱/۱۵	d(A5,A-)	۰/۷۰۷
d(A6,A*)	۰/۶۹	d(A6,A-)	۱/۱۷	d(A6,A*)	۰/۶۷	d(A6,A-)	۱/۱۸
d(A7,A*)	۱	d(A7,A-)	۰/۷۲	d(A7,A*)	۱/۰۲	d(A7,A-)	۰/۶۹
d(A8,A*)	۰/۸۸	d(A8,A-)	۰/۸۳	d(A8,A*)	۰/۹۱	d(A8,A-)	۰/۸۱
d(A9,A*)	۰/۷۲	d(A9,A-)	۰/۹۹	d(A9,A*)	۰/۷۴	d(A9,A-)	۰/۹۸
d(A10,A*)	۰/۸۴	d(A10,A-)	۰/۷۲	d(A10,A*)	۰/۸۷	d(A10,A-)	۰/۶۹
$\alpha = 1$							
d(A1,A*)	۰/۴۷	d(A1,A-)	۱/۳۹				
d(A2,A*)	۰/۸۸	d(A2,A-)	۰/۹۷				
d(A3,A*)	۰/۸۳	d(A3,A-)	۱/۰۳				
d(A4,A*)	۰/۸۰	d(A4,A-)	۱/۰۴				
d(A5,A*)	۱/۱۶	d(A5,A-)	۰/۷۰				
d(A6,A*)	۰/۶۶	d(A6,A-)	۱/۲				
d(A7,A*)	۱/۰۵	d(A7,A-)	۰/۶۷				
d(A8,A*)	۰/۹۴	d(A8,A-)	۰/۷۸				
d(A9,A*)	۰/۷۵	d(A9,A-)	۰/۹۷				
d(A10,A*)	۰/۸۹	d(A10,A-)	۰/۶۶				

جدول ۸- مقدار شاخص نزدیکی برای هر معیار (منبع: نگارنده)

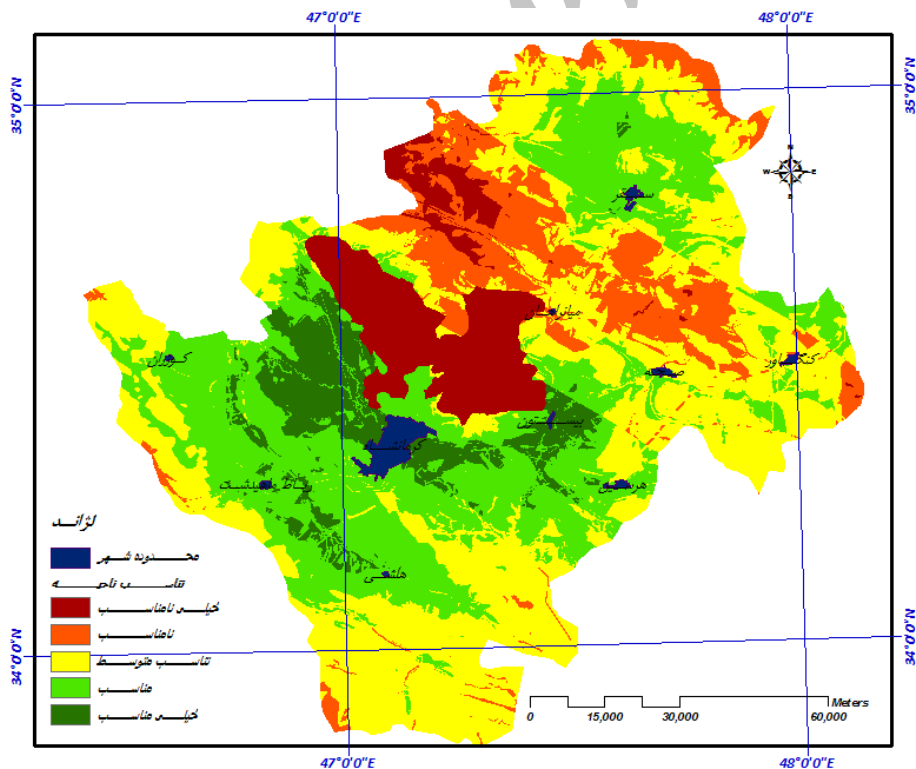
	اقلیم	نیم اراضی	کاربری و پوشش موجود	ناهمواری	عرض جغرافیایی	پهنه بندی خطر زلزله	دسترسی به راهها	دسترسی به انرژی	دسترسی به منابع آب	ازدحام جمعیت
$\alpha = 0$	۰/۷۲۶	۰/۵۳۸۱	۰/۵۳۸۲	۰/۵۳۸۳	۰/۱۶۱	۰/۶۱۳	۰/۴۴۸	۰/۵۱۷	۰/۵۷۹	۰/۵۰
$\alpha = 0.25$	۰/۷۳۶	۰/۵۳۲	۰/۵۴۰	۰/۵۴۳	۰/۳۸۷	۰/۶۲۲	۰/۴۳۳	۰/۴۷۱	۰/۵۸۵	۰/۴۸۱
$\alpha = 0.5$	۰/۷۳۶	۰/۵۳۲	۰/۵۴۶	۰/۵۵۴	۰/۳۸۴	۰/۶۲۹	۰/۴۱۹	۰/۶۰۲	۰/۵۷۹	۰/۴۶۱
$\alpha = 0.75$	۰/۷۴۲	۰/۵۲۴	۰/۵۴۸	۰/۵۶۲	۰/۳۸۱	۰/۶۳۸	۰/۴۰۳	۰/۴۷۱	۰/۵۷۰	۰/۴۴۲
$\alpha = 1$	۰/۷۴۷	۰/۵۲۴	۰/۵۵۴	۰/۵۶۵	۰/۳۷۶	۰/۶۴۵	۰/۳۸۹	۰/۴۵۳	۰/۵۶۴	۰/۴۲۶

جدول ۹- رتبه بندی معیارها (منبع: نگارنده)

جمعیت	ازدحام	آب	دسترسی به منابع	دسترسی به انرژی	دسترسی به راهها	خطر	بندی	پهنه	جغرافیای	عرض	ناهمواری	موجود	پوشش	کاربری و	اراضی	تیپ	اقلیم
۶	۷	۸	۹	۱۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱	۲	۳

جدول ۱۰- وزن نهایی هر معیار (منبع: نگارنده)

فاکتورهای اجتماعی	فاکتورهای اقتصادی									فاکتورهای محیطی				
	دسترسی به منابع آب	دسترسی به انرژی	دسترسی به راهها	خطر زلزله	پهنه بندی	جغرافیایی	عرض	ناهمواری	موجود		پوشش	کاربری و	اراضی	اقلیم
۸	۶	۷	۹	۲	۱۰	۱۰	۴	۵	۵	۶	۶	۱	۱	رتبه
۰/۰۶۱۲	۰/۱۴۲۸	۰/۰۸۵۱	۰/۰۳۷۷	۰/۱۸۰۰	۰/۰۲۰۸	۰/۱۳۴۶	۰/۱۳۴۶	۰/۱۳۰۴	۰/۰۹۲۶	۰/۱۸۱۸	۰/۱۸۱۸	۰/۱۸۱۸	۰/۱۸۱۸	وزن نهایی



شکل ۵- مدل نهایی ناحیه کرمانشاه برای توسعه مسکونی (منبع: نگارنده)

۴- بحث و نتیجه گیری

مدلسازی تناسب اراضی یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره است که کاربران اراضی را به نحوی هدایت می‌کند که ضمن تصحیح استفاده‌های نادرست از اراضی، با کاهش دادن هزینه‌ها و افزایش سود آوری، باعث می‌گردند تا اراضی به نحوی درست برای نسل‌های بعدی حفظ و حراست گردد. در چارچوب این برنامه‌ریزی، اراضی ارزیابی شده و پتانسیل آنها برای استفاده‌های ممکن، تعیین می‌گردد. این برنامه ریزی می‌تواند به کاربران اراضی کمک کند تا اراضی را به نحوی مورد بهره‌برداری قرار دهند که مشکلات موجود کاهش یافته و اهداف اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی مورد نظر شامل خودکفایی، اشتغال‌زایی و پایداری اراضی تأمین گردد. به دلیل تعدد فاکتورها و معیارها به منظور این مدلسازی، استفاده از نظرات و اولویت‌های گروهی از کارشناسان ضرورت پیدا می‌کند.

در این مقاله از روش تصمیم‌گیری چند معیاره گروهی فازی TOPSIS-OWA به منظور مدلسازی تناسب اراضی ناحیه کرمانشاه استفاده شده است. مدل نهایی نشان می‌دهد که قسمت زیادی از شهر کرمانشاه در منطقه خیلی مناسب و قسمتی دیگر در ناحیه مناسب قرار گرفته است. این نکته بیانگر ارزیابی صحت مدل می‌باشد. چرا که شهر کرمانشاه با قرارگیری در دشت دامنه‌ای، پهنه‌بندی زلزله با خطر خیلی کم، دسترسی آسان به زیر ساخت‌ها، اقلیم مناسب، دسترسی به منابع آب و ... اکثر معیارهای مورد نظر را برآورد می‌کند. لذا قرار گیری این شهر در منطقه مناسب، قابل پیش بینی بوده و این مدل نیز این انتظار را برآورد کرده است. از نکات دیگری که بیانگر صحت مدلسازی می‌باشد، قرارگیری شهر کنگاور در ناحیه با تناسب متوسط است این شهر در منطقه کوهستانی، پهنه زلزله با خطر خیلی بالا قرار دارد و از لحاظ دسترسی به منابع آب و زیرساخت‌ها در وضعیت مطلوبی قرار ندارد لذا قرارگیری آن در تناسب متوسط بدیهی است. بر این اساس در این مدل از کل سطح منطقه مورد مطالعه ۸۹۳۴۵ هکتار هکتار معادل ۷/۷۲ درصد، خیلی مناسب، ۳۷۷۷۵۶ هکتار معادل ۳۲/۶ درصد، مناسب، ۳۹۵۶۴۲ هکتار معادل ۳۴/۲ درصد، با تناسب متوسط، ۲۳۸۸۷۶ هکتار معادل ۲۰/۶ درصد، نامناسب و ۵۵۹۷۸ هکتار معادل ۴/۹ درصد، خیلی نامناسب، بدون احتساب مناطق حفاظت شده برای

توسعه مسکونی تشخیص داده شده است. با مقایسه مدل نهایی ناحیه کرمانشاه (شکل ۵) و نقشه کاربری و پوشش موجود مشاهده می‌شود که قسمت زیادی از سطحی منطقه، در شمال شرق شهر کرمانشاه برای توسعه مسکونی خیلی مناسب تشخیص داده شده است، در زمین‌های مناسب کشاورزی قرار گرفته است. دلیل این امر این است که در این مطالعه همه معیارها به عنوان معیار جبرانی در نظر گرفته شده اند. در تهیه نقشه کاربری و پوشش موجود، هر یک از کاربری‌ها توسط کارشناسان با استفاده از روش OWA وزن‌دهی شده و به مناطق مناسب کشاورزی برای توسعه مسکونی وزن خیلی کمتری تعلق گرفته است. اما با این حال به دلیل شرایط خوب سایر معیارها در اطراف شهر کرمانشاه اثر خوب آنها بر معیار کاربری و پوشش موجود غلبه کرده و باعث شده است تا مقداری از سطح خیلی مناسب برای توسعه مسکونی در زمین‌های مناسب کشاورزی قرار گیرد.

از آنجا که این تحقیق یک مسئله تصمیم‌گیری گروهی بوده و هر کارشناس غالباً به آن از دریچه مرتبط با دیدگاه، تخصص و زمینه فعالیت خود می‌نگرد و با عنایت به اینکه مدلسازی بهینه مستلزم شناسایی دقیق مسئله و نگرش صرفاً فنی و کارشناسی و عاری از منفعت‌طلبی‌های شخصی به آن می‌باشد، نقش محقق در هدایت درست تصمیم‌گیری خیلی پررنگ می‌شود. به جرأت می‌توان گفت در این تحقیق جمع آوری نظرات و رسیدن به اجماع و بهترین انتخاب به دلیل وجود اختلاف بین نظرات کارشناسان از دشوارترین مراحل تحقیق بوده است. لذا در فرآیندهای تعیین تناسب اراضی، جایی که میان معیارها تناقض وجود داشته باشد باید جا برای گفتگو، دادوستد و سرانجام تصمیم‌گیری و بازنگری در اوزان و اولویت و ارزش‌دهی معیارها، وجود داشته باشد.

در نهایت به این نتیجه می‌رسیم که استفاده از نظرات گروهی از کارشناسان با استراتژی‌های مختلف تصمیم‌گیری با استفاده از روش فازی OWA، سرند کردن اولویت‌های ناسازگار با اولویت‌های اکثریت با استفاده از روش IOWA، تلفیق لایه‌ها و فاکتورهای مختلف با استفاده از TOPSIS Fuzzy در محیط GIS با تکیه بر دانش کارشناسی می‌تواند یکی از روش‌های مناسب برای مدلسازی مکانی و مسائل مختلف ارزیابی تناسب اراضی باشد. در واقع با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند

بیشتر نظیر توسعه پذیری، توان اقتصادی، فاکتورهای محرومیت‌زدایی و غیره در نتایج تحقیق استفاده گردد.

- در این تحقیق وزن‌دهی به فاکتورها در روش IOWA به صورت یک عبارت زبانی بیان شده است. در حالی که می‌توان با استفاده از عبارات فازی مثلثی و دوزنقه‌ای عدم قطعیت در عبارات زبانی را با دقت بهتری وارد کرد.

معیاره OWA و TOPSIS با کمیت‌سنج‌های مفهومی فازی در مسائلی مانند ارزیابی تناسب اراضی می‌توان نتایج ارائه نمود که اولاً نظرات و اولویت‌های همه طرف‌های درگیر تصمیم‌گیری در آن لحاظ شده‌اند و ثانیاً لایه‌های اطلاعاتی با توجه به روابطی که در دنیای واقعی دارند به شکل مناسبی باهم تلفیق شوند. با این حال به منظور بهتر کردن نتایج مدلسازی برای تحقیقات آینده موارد زیر پیشنهاد می‌گردد:

- پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعدی در زمینه مدل‌سازی تناسب اراضی از معیارها و پارامترهای

مراجع

- [1] Klimešová, D., H, Brožová. (2012). GIS as Knowledge Maps in Group Decision Making. International Journal Of Mathematical Models And Methods In Applied Sciences, 1(6).
- [2] مطیعی لنگرودی، س.ح.، نصیری، ح.، عزیزی، ع.، مصطفایی، ا.، ۱۳۹۱، مدلسازی توان اکولوژیک سرزمین از منظر کاربری‌های کشاورزی و مرتع داری با استفاده از روش Fuzzy AHP در محیط GIS: مطالعه موردی شهرستان مرودشت، آمایش سرزمین، سال چهارم، شماره ششم، ص ۱۰۱-۱۲۴.
- [3] Yunliang, M. , J,Malczewski, S,Borouhaki. (2011). A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta, Journal of Geographic Information System, 50-61.
- [4] رجبی، م.ر.، منصوریان، ع.، طالعی، م.، ۱۳۸۹، تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره AHP و OWA با کمیت‌سنج‌های مفهومی Fuzzy برای مکانیابی در GIS: مطالعه موردی مکانیابی جهت احداث مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز، مجله علمی پژوهشی محیط‌شناسی، شماره سی و هفتم، ص ۷۷-۹۲.
- [5] عبادی، ع. ، متکان، ع. ا. ، شکیبیا، ع.ر. ، پورعلی، س.ح.، ۱۳۸۹، کاربرد GIS در مکانیابی پارکینگ‌های عمومی طبقاتی به روش OWA: مطالعه موردی منطقه یک شهر تهران، مجموعه مقالات ژئوماتیک ۸۹.
- [6] Mokarram, M., F, Aminzadeh.(2009). GIS-BASED MULTICRITERIA LAND SUITABILITY EVALUATION USING ORDERED WEIGHT AVERAGING WITH FUZZY QUANTIFIER: A CASE STUDY IN SHAVUR PLAIN, IRAN, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 38, Part II.
- [7] فرج نیا، ا.، ۱۳۸۶، ارزیابی تناسب اراضی و تعیین پتانسیل تولید چغندر قند در دشت یکانات مرنده، چغندر قند ۲۳(۱) ص ۴۳-۵۴.
- [8] Rajesh, B. T., M,Yuji. (2008). Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi, Land Use Policy, Volume 25, Issue 2, Pages 225-239.
- [9] ایوبی، ش و حسین علیزاده، م.، ۱۳۸۵، ارزیابی کیفی تناسب اراضی به منظور چرای دام در حوزه آبخیز مهر سبزوار، استان خراسان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره سوم (الف) ، ص ۳۷-۵۲.
- [10] Jaruntorn, B., D, Wattanachaiyingcharoen, K, Sakurai. (2004). GIS-based land suitability assessment for Musa (ABB group) Plantation Graduate School of Agricultural Science, Ehime University, Matsuyama, 790-8566, Japan.
- [11] Malczewski, J. (2004).GIS-based land-use suitability analysis: a critical Overview, Progress in Planning 62 (2004) 3-65.

- [12] Kalogirou, S. (2002). Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation, *Computers, Environment and Urban Systems* 26 (2002) 89–112.
- [۱۳] ایوبی، ش و حسین علیزاده، م.، ۱۳۸۵، ارزیابی کیفی تناسب اراضی به منظور چرای دام در حوزه آبخیز مهر سبزوار، استان خراسان، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره سوم (الف)، ص ۳۷-۵۲.
- [14] Bydekerke, L., E, Van Ranst, L, Vanmechelen, R, Groenemans. (1998). Land suitability assessment for Cherimoya in southern Ecuador using expert knowledge and GIS, *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 69: 89-98.
- [15] Young, A, P.F, Goldsmith. (1977). Soil survey and land evaluation in developing countries: a case study in Malawi, *Geogr. J.*, 143: 407- 431.
- [16] Malczewski, J. (2003). GIS-multicriteria evaluation with ordered weighted averaging (OWA): case study of developing watershed management strategies, *Environment and Planning, A* 2003, 35, 1769 – 1784.
- [17] Rodrigo, S. Sicat, J, Emmanuel, M, Carranza, U, Bhaskar Nidumolu. (2005). Fuzzy modeling of farmers' knowledge for land suitability classification, *Agricultural Systems*, Volume 83, Issue 1, Pages 49-75.
- [18] Jafari, S., N, Zaredar. (2010). Land Suitability Analysis using Multi Attribute Decision Making Approach, *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol.1, No.5, ISSN: 2010-0264.
- [۱۹] عدیلی، ا.، ۱۳۸۷، تصمیم‌سازی مکانی گروهی در ارزیابی تناسب اراضی شهری با GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- [20] Yager, R.R. (1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multi- criteria decision-making, *IEEE Transactions Systems, Man and Cybernetics* 18 (1), 183–190.
- [21] Yager, R.R. (1996). Quantifier guided aggregation using OWA operators, *International Journal of Intelligent Systems* 11 (1), 49–73.
- [22] Zadeh, L.A. (1983). A computational approach to fuzzy quantifiers in languages, *Computers and Mathematics with Applications* 9, 149–184.
- [23] Boroushaki, S., J, Malczewski. (2010). Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making, *Computers & Geosciences* 36 (2010) 302–312.
- [24] Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, *International Journal of Geographical Information Science* 20 (7), 703–726.
- [25] Yager, R.R. (1997). On the inclusion of importances in OWA aggregation. In: Yager, R.R., Kacprzyk, J. (Eds.), *The Ordered Weighted Averaging Operators: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, pp. 41–59.
- [26] Pasi, G., R.R, Yager. (2006). Modeling the concept of majority opinion in group decision-making, *Information Sciences* 176, 390–414.
- [27] Yager, R.R. (2001). The power average operator, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 31 (6), 724–731.
- [28] Hwang C.L., K, Yoon. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application*, Springer, New York.
- [29] Wang, Y., S.H, Lee. (2007). Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision-making, *An International Journal Computers & mathematics with applications*.
- [30] Chen, C.T., C.T, Lin, S.F, Huang. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management, *International Journal of Production Economics* 102, 289–301.
- [۳۱] طرح توسعه و عمران ناحیه کرمانشاه، ۱۳۸۴، تجزیه و تحلیل و استنتاج مهندسی مشاور تدبیر شهر مرحله اول، جلد ششم.
- [32] Chen, S.J., C.L, Hwang. (1992). In: *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, Germany 536 pp.