

## ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم دیم بر مبنای مدل فائوو با استفاده از تکنیک تلفیقی Fuzzy-AHP-OWA در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان میانه)

محمد طالعی<sup>۱</sup> - حسین سلیمانی<sup>۲\*</sup> - منوچهر فرج زاده اصل<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۹

### چکیده

طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته با رشد چشمگیر جمعیت و درآمد، تقاضا برای غذا سالانه در حدود ۳٪ افزایش پیدا خواهد کرد. گندم با تأمین غذای بیش از ۳۳٪ جمعیت جهان، نقش مهمی در برآورده ساختن امنیت غذایی جمعیت جهان دارد. یکی از رویکردهای اساسی برای بدست آوردن حداکثر سود و حفاظت از منابع زیستی برای آینده، ارزیابی تناسب اراضی می‌باشد. در این زمینه اقدام به ارزیابی تناسب اراضی شهرستان میانه برای کشت گندم دیم بر مبنای مدل فائوو با استفاده از تکنیک Fuzzy-AHP-OWA در محیط GIS گردید. در این پژوهش از ۸ شاخص زیست‌محیطی (عمق و بافت خاک، فرسایش، شیب، ارتفاع، بارش، دما و درجه‌روز)، ۳ شاخص اقتصادی (شرکت‌های تعاونی، فاصله تا بازار و خطوط ارتباطی) و شاخص اجتماعی نیروی کار استفاده و در دو مرحله با استفاده از مدل OWA با یکدیگر تجمیع گردیدند. در نقشه اولیه بدست آمده از معیارهای زیست‌محیطی برای کمیت‌سنجی فازی حداقل یکی، اندکی، اغلب، نصف، اکثراً، تقریباً همگی و همگی مقدار دقت کلی در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی بترتیب ۲۶/۷، ۶۱، ۸۴/۳، ۵۷، ۴۴/۸، ۳۸/۵ و ۲۲ درصد و در نقشه نهایی بعد از تجزیه و تحلیل اقتصادی و اجتماعی بترتیب ۲۱/۵، ۶۱/۸، ۸۸/۲، ۵۳/۷، ۳۹/۶، ۳۸ و ۱۹/۳ درصد بدست آمد. بر اساس یافته‌های این پژوهش با توجه به وجود مفهوم جدیدی در مدل OWA بنام وزنهای ترتیبی این روش پتانسیل بالایی در مدلسازی مسائل پیچیده تصمیم‌گیری داشته و همچنین شاخص‌های اقلیم، خاک، شیب، شرکت‌های تعاونی، فاصله تا بازار و خطوط ارتباطی به عنوان مهم‌ترین معیارها در مسئله مورد تحقیق معرفی می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، گندم دیم، میانه، GIS، Fuzzy-AHP-OWA

### مقدمه

می‌باشد. بطور مثال گندم دارای بیشترین سطح کشت در میان غلات در جهان بوده و علاوه بر آن با تأمین غذای بیش از ۳۳ درصد جمعیت جهان (۴۲)، همچنین ۲۰ درصد انرژی و ۲۵ درصد نیازهای پروتئینی (۱۱) از محصولات استراتژیک بشمار می‌رود. لازم بذکر است که قابلیت کشت دیم این محصول باعث گردیده تا ۶۶ درصد از کل سطح زیر کشت گندم در دنیا بصورت دیم و ۳۴ درصد بصورت آبی باشد (۱۲).

با افزایش جمعیت و نیاز به غذا، اهمیت تولید پایدار و بهینه بیشتر احساس می‌گردد. در این شرایط و با توجه به اینکه زمین یک پارامتر محدود می‌باشد، نمی‌توان زمین‌های زیادی را به زیر کشت برد؛ بنابراین تنها راه حل موجود افزایش بهره‌وری در واحد سطح می‌باشد. در نقطه مقابل رشد شهرها، پدیده‌هایی از قبیل بیابان‌زایی، فرسایش و شور شدن خاک‌ها، اسیدی شدن آب‌های شیرین، استفاده از سموم و آفت‌کش‌ها و خشکسالی موجب افزایش فشار بر محیط زیست و

در چند دهه اخیر جمعیت جهان و کشور ایران به طور بی سابقه‌ای افزایش پیدا کرده است. به عنوان مثال در طی پنج دهه (۸۵-۱۳۳۵) جمعیت کشور با میانگین رشد ۲/۵۴ درصد، ۳/۷ برابر گردیده است (۱). طبق پیش‌بینی‌های صورت گرفته با رشد چشمگیر جمعیت، نیاز به غذا سالانه در حدود ۳ درصد افزایش پیدا خواهد کرد (۵۳). یکی از مهم‌ترین منابع تأمین نیازهای جمعیت افزوده شده؛ کشاورزی (۲۷ و ۵۱) و بخصوص محصول گندم (۶ و ۱۰ و ۳۳)

۱- استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری و عضو قطب علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران  
۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دانشگاه تربیت مدرس، تهران  
(\* نویسنده مسئول: hossein\_soleymani63@yahoo.com (Email:))

دهه مبنای اغلب تحقیقات صورت گرفته در زمینه تناسب اراضی بوده و به تحلیلگر تصمیم، امکان مدل سازی تغییرات فضایی و دسترسی به داده ها را در سطوح مختلف تجمیع، فراهم می سازد. به عنوان مثال داک (۳۴) برای ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت قهوه در ویتنام، آریازا و نخای (۲۴) برای احیاء پناهگاه حیات وحش در اسپانیا، بانروم کاو و مورایاما (۲۸) جهت توسعه اکوتوریسم در تایلند، موسوی و همکاران (۲۱) جهت انتخاب گونه های گیاهی برای تثبیت ماسه های روان، فیضی زاده و همکاران (۱۲) و بیگ بابایی و آزادی (۲۶) بترتیب جهت کشت گندم و کلزا در ایران از روش تحلیل سلسله مراتبی<sup>۵</sup> در محیط GIS استفاده نموده اند. کالیجوری (۳۰) برای مکان یابی دفن زباله در برزیل، مالچوفسکی (۴۶) جهت مکان یابی مناطق مسکونی در مکزیک، ماکروپولوس و باتلر (۴۳) جهت مدیریت منابع آب شهر لندن، والته و وتورازی (۵۶) جهت افزایش تنوع زیستی، چن (۳۲) و رجبی و همکاران (۳) جهت احداث مجتمع های صنعتی بترتیب در چین و ایران از روش OWA<sup>۶</sup> در محیط GIS بهره برده اند. ورما و همکاران (۵۷)، آلکان و باشلیجیل (۲۳) از مدل FTOPSIS<sup>۷</sup> برای مکان یابی مراکز خدماتی استفاده نموده اند. همچنین العالم (۳۶) از روش های Fuzzy-AHP و Topsis، منداس و دلالی (۴۸) از روش SAW<sup>۸</sup> و کمالی و همکاران (۱۳ و ۱۴) از توابع تحلیلی GIS برای ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت گندم بهره گرفته اند.

با توجه به اهمیت گندم به عنوان محصولی استراتژیک، اهمیت مطالعات ارزیابی اراضی در استفاده بهینه و پایدار از سرزمین و کمبود مطالعات صورت گرفته در منطقه مورد مطالعه، هدف از این پژوهش ارزیابی تناسب اراضی شهرستان میانه جهت شناسایی و معرفی نواحی مستعد و غیر مستعد کشت گندم دیم و معرفی ساختاری برای ارزیابی تناسب اراضی در زمینه مربوطه با استفاده از روش Fuzzy-AHP-OWA در قالب مدل فائو، و در محیط GIS می باشد.

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان میانه، در شمال غربی ایران و جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی با  $5580 \text{ km}^2$  پهناورترین شهرستان استان محسوب می شود. از نظر مختصات جغرافیایی نصف النهارات  $35^{\circ} 12' 47''$  الی  $38^{\circ} 20' 48''$  حد شرقی و غربی و مدارهای  $36^{\circ} 4' 37''$  الی  $38^{\circ} 3' 53''$  حد شمالی و جنوبی آن را پوشش می دهند.

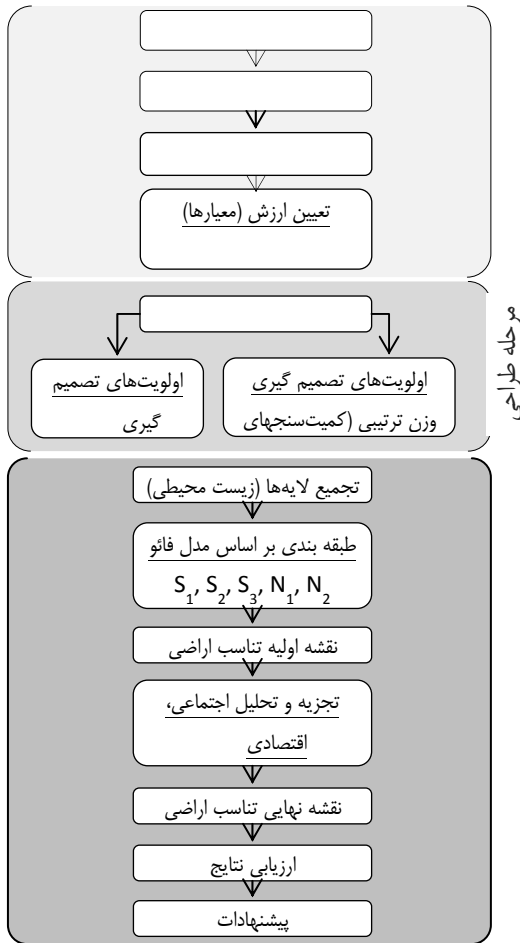
نابودی مزارع می گردد (۱۸، ۳۶، ۳۹ و ۵۴). بطور نمونه طبق برآوردهای سازمان فائو، سطح اراضی کشاورزی در ایران از رقم  $62884000$  هکتار در سال ۲۰۰۰ به رقم  $48515000$  هکتار در سال ۲۰۰۹ کاهش پیدا کرده است (۳۸).

یکی از رویکردهای اساسی برای کاهش این مشکلات، بدست آوردن حداکثر سود، حفاظت از منابع زیستی برای آینده و تخصیص دوباره اراضی، ارزیابی تناسب اراضی<sup>۱</sup> برای استفاده های گوناگون (کشاورزی، باغداری، گردشگری و ...) با در نظر گرفتن شرایط فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی هر ناحیه می باشد. تناسب اراضی درجه انطباق مشخصات و ویژگی های یک قطعه از اراضی با نوع خاصی از کاربری می باشد. در واقع با استفاده از ارزیابی تناسب اراضی، محدودیت ها و پتانسیل ذاتی واحدهای اراضی برای پشتیبانی از کاربری های مشخص در مدت زمان طولانی شناسایی، و باعث کاهش هزینه های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می گردد (۵۴). روش های گوناگونی برای ارزیابی تناسب اراضی توسعه پیدا کرده که با استفاده از این روش ها سه عامل مکان، فعالیت های توسعه ای و فرایندهای زیست محیطی - بیوفیزیکی در رابطه با هدف خاصی با یکدیگر ترکیب می گردند (۵۰). استفاده از ساختار بولین<sup>۲</sup> (۲۹) ارائه نتایج به صورت گسسته، نبود رابطه موازنه ای - جایگشتی بین معیارها و از همه مهم تر دخالت داشتن تمام پارامترها با وزن برابر، از نواقص مدل های مرسوم می باشد. علاوه بر این موارد، وجود معیارهای کمی و کیفی با مقیاس های گوناگون، داشتن ساختار سلسله مراتبی، وجود گروه های ذینفع با اهداف و اولویت های گوناگون و همچنین میان رشته ای بودن ارزیابی تناسب اراضی سبب گردیده تا در سال های اخیر بسیاری از محققان از تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره<sup>۳</sup> برای ارزیابی تناسب اراضی بهره ببرند.

در ارزیابی تناسب اراضی با تکنیک های MCDM مسائل عدیده ای وجود دارد؛ که از آن جمله می توان به فرض همگنی فضایی، تأثیرات واحد تجمیع و مقیاس مورد استفاده، نیاز به در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی گزینه ها علاوه بر وزن و اهمیت آن ها (۴۴) و همچنین چگونگی ترکیب اطلاعات گوناگون برای بدست آوردن نتیجه نهایی (I)  $\rightarrow$  (I<sup>n</sup>) اشاره نمود (۳۷). با توجه به توانایی سیستم اطلاعات مکانی<sup>۴</sup> به عنوان ابزاری قوی و انعطاف پذیر برای سروکار داشتن با حجم وسیعی از داده های مکانی و توصیفی و همچنین با داشتن توابع گوناگون برای اکتساب، ذخیره، بازیابی، تجزیه و تحلیل داده ها، ترکیب GIS و روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) بیش از دو

5- Analytical Hierarchy Process (AHP)  
6- Ordered Weighted Average  
7- Fuzzy TOPSIS  
8- Simple Additive Weighting Method

1- Land Suitability Assessment (LSA)  
2- Boolean  
3- Multi Criteria Decision Making (MCDM)  
4- Geographical Information Systems (GIS)



شکل ۱- فرآیند ارزیابی تناسب اراضی

#### آگاهی

این مرحله شامل تعریف مسئله به عنوان شکاف میان وضعیت مطلوب و موجود، شناخت انواع کاربری‌های عمده اراضی، نیازهای کاربری اراضی (گزینه‌های تصمیم‌گیری)، کیفیت اراضی، محدودیت‌های تصمیم‌گیری و جمع‌آوری داده‌هایی باشد. بعد از تعریف مسئله با توجه به اینکه توسعه درخت و پایدار در قبال ارتباط و مشارکت سه رکن اساسی اقتصاد، محیط زیست و اجتماع بدست می‌آید (۵)، موارد مذکور به عنوان معیار در این پژوهش در نظر گرفته شدند. در مرحله بعدی با مراجعه به کتب و پژوهش‌های پیشین مراحل رشد و نمو گندم به همراه نیازهای اقلیمی، خاک‌شناختی، توپوگرافیکی و عوامل اجتماعی و اقتصادی موثر در کشت دیم محصول گندم شناسایی گردیدند که در ادامه بصورت مختصر مورد بحث قرار می‌گیرند (۱۹، ۲۷، ۵۲، ۵۴ و ۵۵).

بطور کلی مراحل جوانه‌زنی، پنجه‌زنی، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیکی بعنوان مراحل اصلی نمو گندم قابل تشخیص می‌باشند. در مرحله جوانه‌زنی رشد در دمای ۳۷-۴ اتفاق افتاده ولی دمای

جدول ۱- داده‌های مورد استفاده در ارزیابی تناسب اراضی

سال تهیه	منبع داده	نوع داده
۱۳۷۴	موسسه تحقیقات آب و خاک (۱:۲۵۰۰۰)	نقشه خاک‌شناسی (بافت، عمق، فرسایش)
۱۳۹۱	سازمان هواشناسی	آمار و اطلاعات اقلیمی (بارش، دما)
۱۳۹۰	نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری کشور	لایه‌های توپوگرافی، خطوط ارتباطی و فاصله تا بازار
۱۳۹۱	اداره جهاد کشاورزی شهرستان میانه	شرکت‌های تعاونی و مراکز خدمات‌رسانی
۱۳۹۱	مرکز آمار ایران	جمعیت و نیروی کار
۱۳۸۲	مرکز آمار ایران	سطح و میزان تولید گندم

از ویژگی‌های توپوگرافیکی شهرستان می‌توان به حداقل و حداکثر ارتفاع به ترتیب منطبق بر ۷۰۵ و ۳۳۰۶ متر، وجود شیب کمتر از ۱۵ درصد در ۵۸ درصد مساحت شهرستان، و از ویژگی‌های اقلیمی می‌توان به غلبه آب‌وهوای نیمه خشک سرد در اکثر بخشهای شهرستان (۶۹ درصد)، میانگین بارش ۲۸۲mm، حداقل دمای مطلق ۲۵/۶-، حداکثر دمای مطلق ۴۸/۸، میانگین رطوبت نسبی ۵۱ درصد و میانگین دمای ۱۴/۲ درجه سانتیگراد اشاره کرد. از ۱۱۲/۰۷۵ هکتار زمین‌زراعی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ مقدار ۸۲۹۰۲ هکتار (۷۳/۹۷ درصد) به کشت دیم و ۲۹۱۷۳ هکتار (۲۶/۰۳ درصد) به کشت‌آبی اختصاص یافته بود. از ۸۲۹۰۲ هکتار زمین‌های مزروعی دیم در سال زراعی مذکور، مقدار ۶۵۰۰۰ هکتار (۷۸/۴ درصد) به کشت گندم دیم اختصاص یافته بود. متوسط عملکرد گندم دیم منطقه مورد مطالعه در سال زراعی مذکور ۱۱۶۴kg بوده که از متوسط استان (۱۲۴kg/hect)، ۱۰۴kg و از متوسط کشور (۱۲۴۰kg/hect) ۷۶kg پایین تر می‌باشد (۲۲).

#### مواد و روش‌ها

##### داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش داده‌های مختلفی از منابع گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است (جدول ۱).

##### فرایند ارزیابی تناسب اراضی

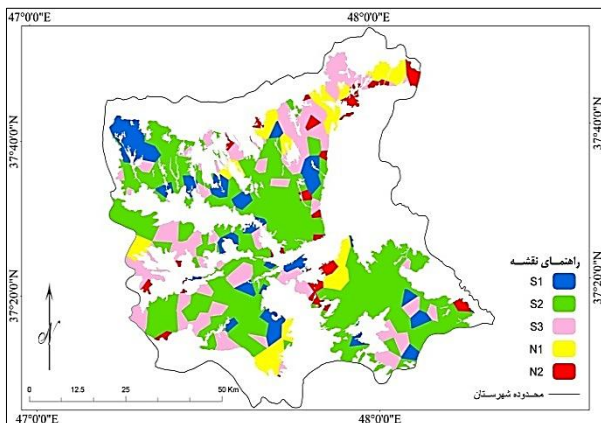
چهارچوب پژوهش حاضر تلفیقی از فرایند ارزیابی تناسب اراضی در مدل فائو و فرایند تصمیم‌گیری فضایی با استفاده از روش‌های MCDM شامل مراحل آگاهی، طراحی و انتخاب در محیط GIS می‌باشد؛ که در زیر بشرح هر یک از مراحل اقدام می‌گردد (شکل ۱).

قابلیت مقایسه با یکدیگر را پیدا کنند. در این زمینه برای مدل‌سازی بهتر ابهامات موجود در داده‌ها و دانش فرد خبره، از روش نرمال‌سازی خطی استفاده گردید. در این روش برای شاخص‌هایی که در آن مقادیر بالا از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (لایه‌های بارش، درجه‌روز، نیروی کار، تعداد شرکت‌های تعاونی و نقشه خاک‌شناسی)، از رابطه ۱ (معیار سود) و برای شاخص‌هایی که در آن مقادیر پایین از مطلوبیت بیشتری برخوردار بودند (لایه‌های شیب، ارتفاع، فاصله تا بازار و خطوط ارتباطی) از رابطه ۲ (معیار هزینه) استفاده گردید:

$$X'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (1)$$

$$X'_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \quad (2)$$

با توجه به وجود حدود آستانه برای لایه دما، برای نرمال‌سازی این لایه‌ها از توابع عضویت فازی ذوزنقه‌ای استفاده گردید. برای تعریف توابع عضویت فازی از مقادیر زیر مورد استفاده قرار گرفت. برای ساخت نقشه واقعیت زمینی کشت گندم، تمام روستاها از نظر میزان تولید گندم (تن در هکتار) با توجه به مقادیر جدول ۳ در پنج طبقه گروه‌بندی گردیدند. سپس به محدوده فضایی متعلق به هر روستا، کلاس بدست آمده برای همان روستا اختصاص داده شد؛ و سپس با استفاده از نقشه‌مناطق کشت گندم، لایه بدست آمده برش داده شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه میزان تولید گندم در شهرستان میانه

### مرحله طراحی

با تعیین مجموعه‌ای از گزینه‌ها و معیارهای ارزیابی در مرحله آگاهی، اقدام به تعیین اولویت‌های تصمیم‌گیران می‌گردد. اولویت‌ها بر حسب وزن‌هایی از اهمیت نسبی یک معیار یا گزینه نسبت به یک معیار یا گزینه دیگر بیان می‌گردد.

مطلوب بین ۲۵-۱۲ درجه سانتیگراد می‌باشد. همچنین میزان رطوبت مطلوب در این مرحله بین ۹۰-۴۵ mm (۴) گزارش شده است. بعد از ظهور اولین ساقه در سطح زمین، ساقه‌های بعدی پنجه نامیده شده که در گندم‌های میان‌رس ظهور این مرحله اغلب حدود ۴۸ روز پس از کاشت طول میکشد. در این مرحله حساسیت گندم به دما افزایش یافته و دمای مطلوب بین ۱۴-۸ درجه سانتیگراد می‌باشد (۱۹). مرحله گلدهی حساسترین مرحله به تنش‌های محیطی بوده و در آن میزان مطلوب دما و بارش بترتیب ۲۲-۱۴ درجه سانتیگراد (۱۷) و ۹۰-۶۰ mm (۴) می‌باشند. این مقادیر در مرحله رسیدگی بترتیب ۲۴-۱۶ درجه سانتیگراد و ۸۰-۵۵ mm (۴ و ۱۶) می‌باشند. از سایر نیازهای گندم دیم میتوان به خاک لومی رسی و لوم سیلتی (۲۷) با عمق بیش از ۹۰ سانتی متر با بافت متوسط (۱۵)، ارتفاع ۲۵۰۰-۲۴۰۰ متر (۲۷)، شیب مطلوب و بحرانی ۰-۲ و ۳۰-۱۶ درصد (۵۵)، کل واحدهای حرارتی مورد نیاز ۲۴۱۵ درجه روز در ارقام میان‌رس (۱۹) و آستانه رشد ۵ درجه سانتیگراد (۸ و ۴۷) اشاره کرد.

بعد از شناخت نیازهای کاربری مورد نظر اقدام به تهیه و ساخت نقشه‌های مربوطه از منابع مزبور گردید (خصوصیات اراضی). بدین صورت که برای ساخت مدل رقومی ارتفاع از عملگر Topo to Raster در نرم‌افزار GIS استفاده و سپس از طریق آن لایه‌های شیب منطقه بدست آمد. با توجه به اینکه لایه‌های بافت، عمق و فرسایش خاک دارای ساختار کیفی بودند؛ از طریق کدگذاری عددی و با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به فرمت رستری تبدیل گردیدند. بعد از ساخت لایه نقطه‌ای گزینه‌های جمعیت و نیروی کار، بازار، شرکت‌های تعاونی، بارش و دما و همچنین استخراج لایه خطوط ارتباطی از نقشه توپوگرافی، با استفاده از روش‌های میان‌یابی نقاط مجهول در سایر نقاط بدست آمد. با توجه به ماهیت لایه‌های جمعیت و نیروی کار، شرکت‌های تعاونی، فاصله تا بازار و خطوط ارتباطی که با افزایش فاصله از نقطه معلوم ارزش نقاط مجهول کاهش می‌یابد، از روش درونیابی وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) که در آن فواصل بین نقاط بعنوان وزن مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای میان‌یابی استفاده گردید. به دلیل متغیر بودن دما و بارش در طول سال و واکنش متفاوت گندم در مراحل رشد به آن‌ها، با توجه به تقویم زراعی منطقه، چهار لایه شامل جوانه‌زنی، گلدهی، رسیدگی و میانگین سالانه/سیکل رشد مورد محاسبه و استفاده قرار گرفت. لازم بذکر است که برای ساخت تمام لایه‌های اقلیمی از روش درونیابی Spline که در اکثر منابع پیشین (۲۰، ۴۰، ۴۱ و ۵۹) بعنوان بهترین روش درونیابی پارامترهای اقلیمی ذکر شده، استفاده گردید.

به واسطه اینکه هر کدام از شاخص‌ها در مقیاس متفاوتی مورد سنجش قرار گرفته بودند، لازم بود از طریق روش‌های بهنجارسازی

جدول ۲- مقادیر در نظر گرفته شده برای لایه‌های دما در توابع عضویت فازی ذوزنقه‌ای

نقطه کنترل فازی				مرحله رشد
d	c	b	a	
۲۸	۱۲	۸	۲	جوانه‌زنی
۳۶	۲۲	۱۴	۸	گلدهی
۴۲	۲۴	۱۶	۱۰	رسیدن دانه
۳۰	۲۰	۱۵	۸	سیکل رشد

منبع: محمدی و گیوی (۱۷)

جدول ۳ - حدود کمی کلاسهای تناسب گندم دیم شهرستان میانه

مقدار تولید (ton/hect.)	کلاس تناسب
$1.07 <$	S <sub>1</sub>
$0.08 - 1.07$	S <sub>2</sub>
$0.051 - 0.08$	S <sub>3</sub>
$0.035 - 0.051$	N <sub>1</sub>
$0.035 >$	N <sub>2</sub>

منبع: جلالیان و همکاران (۲)

### قضاوت مقایسه‌ای

هدف از وزن‌دهی معیارها، بیان اهمیت نسبی یک معیار در میان مجموعه معیارهای مورد نظر می‌باشد (۳۵). در روش AHP مقایسه‌های دودویی به عنوان سبک پایه برای اندازه‌گیری وزن‌ها به حساب می‌آید. این امر در سه مرحله بسط ماتریس مقایسه‌ای، محاسبه وزن‌ها و تخمین پایداری صورت می‌گیرد. بعد از تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی با استفاده از مقادیر ۹ کمیتی ساعتی (جدول ۴)، وزن‌های نهایی از ترکیب وزن‌های نسبی با روش میانگین هندسی در نرم افزار Excel محاسبه گردیدند (جدول ۱۱-۵). برای وزن‌دهی به معیارهای مورد استفاده بترتیب از نظرات اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه‌های تربیت مدرس و تهران (گروه زراعت) و در مرتبه دوم از مقالات و پژوهش‌های مرتبط پیشین در زمینه مربوطه (۴، ۹، ۱۳، ۱۷، ۲۵، ۲۷، ۵۴) استفاده گردید.

یکی از مزیت‌های روش AHP قابلیت آن برای محاسبه سازگاری وزن‌های محاسبه گردیده می‌باشد. برای هر ماتریس، خارج قسمت شاخص ناسازگاری (I.I<sup>r</sup>) به شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی (I.I.R<sup>r</sup>) به عنوان معیاری برای قضاوت در مورد نرخ ناسازگاری (I.R<sup>r</sup>) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این پژوهش دو دسته وزن شامل وزن معیار و وزن‌های ترتیبی<sup>۱</sup> مورد محاسبه قرار گرفته است، که وزن معیار با استفاده از روش AHP و وزن‌های ترتیبی با استفاده از کمیت‌سنجی فازی و وزن‌های معیار در مدل OWA بدست آمده است. در زیر به شرح هر کدام از روش‌های فوق پرداخته می‌شود.

### روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

این روش توسط ساعتی مطرح گردیده و یکی از بهترین روش‌های تحلیل چند متغیری گسسته بوده و به عنوان روش و ابزار تجزیه و تحلیلی در شاخه‌های گوناگون فناوری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدل‌سازی با این روش شامل مراحل تجزیه، قضاوت مقایسه‌ای و ترکیب می‌باشد، که دو مرحله اول در اصل جزء مرحله طراحی و مرحله ترکیب جزء مرحله انتخاب می‌باشد.

### تجزیه

اصل تجزیه مستلزم آن است که مسئله تصمیم‌گیری را به سلسله مراتبی که در برگیرنده عناصر اساسی مسئله است تجزیه کرد. در ساختار سلسله مراتبی سطح ۱ نشان دهنده هدف، به معنی ارزیابی تناسب اراضی برای گندم دیم می‌باشد. سطح ۲ نشان دهنده معیارهایی است که در انتخاب بهترین مکان مورد استفاده قرار می‌گیرند (زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی). گزینه‌های گوناگون مرتب بر معیارهای مذکور در سطوح بعدی قرار می‌گیرند.

2- Inconsistency Index  
3- Inconsistency Index Ratio  
4- Inconsistency Ratio

1- Order Weights

جدول ۴- مقیاس نه کمیته مورد استفاده در مقایسه‌های زوجی

مطلوبیت	اهمیت برابر	اهمیت متوسط	اهمیت قوی	اهمیت خیلی قوی	فوق‌العاده قوی	مقادیر میانی
شدت اهمیت	۱	۳	۵	۷	۹	۲،۴،۶،۸

جدول ۵- مقایسه زوجی معیارهای اصلی

	زیست‌محیطی	اقتصادی	اجتماعی	وزن
زیست‌محیطی	۱	۳	۵	۰/۶۴
اقتصادی		۱	۳	۰/۲۶
اجتماعی			۱	۰/۱

CR= 0.03

جدول ۶- مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر معیار زیست‌محیطی

	اقلیم	خاک	توپوگرافی	وزن
اقلیم	۱	۲	۳	۰/۵۴
خاک		۱	۲	۰/۳
توپوگرافی			۱	۰/۱

CR= 0.01

جدول ۷- مقایسه زوجی گزینه‌های مترتب بر معیار اقتصادی

	خطوط ارتباطی	ف. تا بازار	شرکتهای تعاونی	وزن
خطوط ارتباطی	۱	۳	۵	۰/۶۴
فاصله تا بازار		۱	۳	۰/۲۶
شرکتهای تعاونی			۱	۰/۱

CR= 0.03

جدول ۸- مقایسه زوجی زیرگزینه‌های مترتب بر گزینه خاک

	بافت خاک	عمق خاک	فرسایش خاک	وزن
بافت خاک	۱	۲	۳	۰/۵۴
عمق خاک		۱	۲	۰/۳
فرسایش خاک			۱	۰/۱۶

CR= 0.01

جدول ۹- مقایسه زوجی زیرگزینه‌های مترتب بر گزینه توپوگرافی

	شیب	ارتفاع	وزن
شیب	۱	۳	۰/۷۵
ارتفاع		۱	۰/۲۵

جدول ۱۰- مقایسه زوجی زیرگزینه‌های مترتب بر گزینه اقلیم

	بارش	دما	درجه‌روز	وزن
بارش	۱	۲	۳	۰/۵۴
دما		۱	۲	۰/۳
درجه‌روز			۱	۰/۱۶

CR= 0.01

جدول ۱۱- مقایسه زوجی زیرگزینه‌های مترتب بر گزینه‌های بارش و دما

گلدھی	پرشدن دانه	جوانه‌زنی	سالانه وزن
گلدھی	۱	۳	۰/۴۶
پرشدن دانه		۲	۰/۲۶
جوانه‌زنی			۰/۱۴
سالانه			۰/۱۴

CR= 0.003

آورد. بعبارت دیگر با ارائه نتایج گوناگون با سطح ریسک و جبران‌پذیری (موازنه) متفاوت، این روش از انعطاف‌پذیری بالایی در برآورده ساختن نیازها و اولویت‌های تصمیم‌گیران برخوردار است (شکل ۲).



شکل ۲- فضای تصمیم‌گیری در روش OWA

عملگر OWA به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$OWA_i = \sum_{j=1}^n \left( \frac{w_j v_j}{\sum_{j=1}^n w_j v_j} \right) z_{ij} \quad (6)$$

که در آن  $z_{in} \geq \dots \geq z_{i1}$  با مرتب کردن ارزش‌های یک معیار  $(x_{ij})$  بدست می‌آید.  $v_j$  وزن ترتیبی و  $w_j$  همان وزن معیار است که بر اساس ترتیب  $z_{ij}$  مرتب‌سازی شده است. عملگر OWA شامل دو مشخصه اصلی است که بیانگر رفتار و موقعیت عملگر می‌باشد: ۱- درجه Orness - میزان رابطه موازنه ایجابگشتی. درجه Orness موقعیت عملگر OWA را در بین روابط And (مینیمم) و Or (ماکزیمم) نشان داده (۳۱)، و بیانگر ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی تصمیم‌گیر است. درجه Orness به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Orness = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (n-i) \cdot v_i \quad (7)$$

مشخصه دوم عملگر OWA میزان تبادل یا تأثیرپذیری یک شاخص از سایر شاخص‌ها را نشان داده و بصورت زیر بیان می‌گردد:

$$Trade\ off = 1 - \sqrt{\frac{n}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \frac{1}{n})^2} \quad (8)$$

که در آن  $v_i$  وزن ترتیبی معیاری با رتبه  $i$ ام و  $n$  تعداد معیار است.

$$I.R = \frac{I.I}{I.I.R} \quad \text{و} \quad I.I = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (3)$$

در آن  $\lambda_{max}$  بزرگترین مقدار ویژه و  $n$  مرتبه ماتریس می‌باشد. در مواردی که این مقدار از ۰/۱ کمتر باشد، سیستم دارای سازگاری قابل قبول بوده، در غیر این صورت قضاوت‌ها و مقادیر باید تجدید نظر بگردند. در این پژوهش با استفاده از رابطه زیر نسبت ناسازگاری کل ۰/۰۲۸۸ بدست آمد، که بیانگر یک سطح منطقی از پایداری مقایسه‌های صورت گرفته، می‌باشد.

$$I.I_{\mu} = (X, 1) + [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n] \begin{bmatrix} I.I_1 \\ I.I_2 \\ \vdots \\ I.I_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$I.R_{\mu} = \frac{I.I_{\mu}}{I.I.R} \quad (5)$$

که در آن  $I.I_{\mu}$  شاخص ناسازگاری کل،  $X$  عدد ناسازگاری مربوط به ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی،  $w_i$  وزن معیارهای مورد استفاده،  $I.I_i$  عدد ناسازگاری جدول مقایسه زوجی گزینه‌های مورد استفاده نسبت به معیارها و  $I.R_{\mu}$  نسبت ناسازگاری کل می‌باشد.

### تکنیک OWA

تکنیک OWA به عنوان یکی از روش‌های ترکیب در مجموعه روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مطرح بوده و بر مبنای تئوری مجموعه‌های فازی توسعه پیدا کرده است (۵۸). استفاده از این روش محدود به مجموعه‌های فازی نبوده (۴۵)، و در آن مفهوم جدیدی برای توسعه قواعد تصمیم‌گیری بولین (کلاسیک) و ترکیب خطی وزن‌دار<sup>۱</sup> فراهم آمده است. این مفهوم جدید شامل وزنهای ترتیبی  $(v_j)$  بوده، که متفاوت از وزنهای معیار  $(w_j)$  می‌باشند. وزنهای معیار به معیارهای مورد استفاده اختصاص پیدا کرده در حالیکه وزنهای ترتیبی به ارزش‌های معیارها به صورت پیکسل به پیکسل اختصاص پیدا می‌کنند.

در تصمیم‌گیری‌های فضایی با تعیین و اعمال مجموعه مناسبی از وزنهای ترتیبی، می‌توان دامنه وسیعی از نتایج (نقشه‌ها) را بدست

1- Weighted Linear Combination (WLC)

### روش Fuzzy-AHP-OWA

فرایند ارزیابی در روش AHP از ترکیب خطی وزن دار تشکیل یافته و در آن امکان کنترل مقدار موازنه و سطح ریسک وجود ندارد. عبارت دیگر استفاده از آن برای حل هر نوع مسئله‌ای منجر به نتایجی با سطح ریسک پایین ( $Omness \rightarrow 0$ ) و جبران کنندگی بالا ( $Trade\ off = 1$ ) میشود. اما از آنجا که این روش امکان استفاده مستقیم از آراء کارشناسان را فراهم می‌آورد؛ می‌توان از آن برای برآورد وزن معیار ( $w_j$ ) استفاده کرد. با توجه به وجود دسته دومی از وزن‌ها با نام وزنهای ترتیبی ( $v_j$ ) در روش OWA، و ارائه نتایج در بازه پیوسته‌ای از کمیت‌سنج همگی تا حداقل یکی، می‌توان از آن برای کنترل سطح ریسک و جبران پذیری و بطور کلی حل محدودیتهای روش AHP بهره برد.

تکنیک AHP-OWA به تنهایی قادر به استفاده از آرای کیفی و قضاوت‌های زبانی کارشناسان نبوده؛ ولی استفاده از کمیت‌سنج‌های فازی به همراه AHP-OWA امکان استفاده از آرای کمی و کیفی تحلیلگران را فراهم می‌سازد. این روش در سه مرحله مشخص کردن نوع کمیت سنج فازی (Q)، محاسبه وزنهای ترتیبی و ترکیب اجرا می‌گردد که دو مرحله اول شامل مرحله طراحی و مرحله آخر جزء مرحله انتخاب می‌باشد.

### مشخص کردن نوع کمیت‌سنج (Q)

کمیت‌سنج‌های فازی، امکان تبدیل عبارت‌های زبانی به عبارت‌های ریاضی را فراهم ساخته (۴۹) و بر اساس نوع عبارت به کمیت‌سنج‌های مطلق و نسبی تقسیم می‌گردند. عبارت‌هایی مانند حداقل ۴ و حدود ۵، جزء کمیت‌سنج‌های مطلق و عباراتی مانند اکثراً،

تقریباً همگی، جزء کمیت‌سنج‌های نسبی می‌باشند. این کمیت‌سنج‌ها بعنوان مجموعه‌های فازی در فاصله [0,1] نمایش داده شده و برای اندازه‌گیری تناسب مجموعه مورد استفاده قرار می‌گیرند (صفر بمعنی تناسب 0% و یک بمعنی تناسب 100%) (۳). نمی‌توان بطور دقیق بیان کرد که کدام یک از انواع کمیت‌سنج‌های مفهومی برای ارزیابی چندمعیاره مناسب‌ترند (۴۶). در این پژوهش کمیت‌سنج‌های نسبی زیر از میان کمیت‌سنج‌های منظم افزایشی<sup>۱</sup> انتخاب شدند (جدول ۱۲).

### محاسبه وزنهای ترتیبی

وزنهای ترتیبی شیوه ترکیب معیارهای وزن دار را کنترل کرده (۵۸) و به موقعیت مکانی سلول‌ها اختصاص پیدا می‌کنند. عبارت دیگر این وزن‌ها به تصمیم‌گیرنده این امکان را میدهند که معیارهایی را که از نظر او در تصمیم‌گیری اهمیت بیشتری دارند؛ با همان وزن و اهمیت دخالت بدهد. همچنین وزنهای ترتیبی امکان کنترل سطح ریسک‌پذیری و جبران کنندگی را برای تصمیم‌گیرنده فراهم می‌آورند.

در این پژوهش با توجه به وزنهای معیار بدست آمده از روش AHP (جدول ۱۱-۵) و کمیت‌سنج‌های منتخب (جدول ۱۲) و با استفاده از رابطه ۹ اقدام به محاسبه وزنهای ترتیبی گردید (جدول ۱۳-۱۶).

$$v_j = (\sum_{k=1}^j w_k)^\alpha - (\sum_{k=1}^{j-1} w_k)^\alpha \quad (9)$$

جدول ۱۲- کمیت‌سنج‌های زبانی مورد استفاده و  $\alpha$  متناظر

All	Most	Many	Half	Some	Few	At least one	کمیت‌سنج زبانی (Q)
1000	10	2	1	0.5	0.1	0.0001	$\alpha$

جدول ۱۳- بردار وزن بدست آمده برای معیارهای اصلی (سطح ۲) و گزینه‌های مترتب بر معیار اقتصادی (سطح ۳)

$\alpha=1000$	$\alpha=10$	$\alpha=2$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.0001$
1.00	0.67	0.19	0.05	0.01	0.00
0.00	0.32	0.40	0.15	0.03	0.00
0.00	0.01	0.41	0.80	0.96	1.00

جدول ۱۴- بردار وزن بدست آمده برای گزینه‌های مترتب بر معیار زیست‌محیطی (سطح ۳) و زیر گزینه‌های مترتب بر گزینه‌های اقلیم و خاک (سطح ۴)

$\alpha=1000$	$\alpha=10$	$\alpha=2$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.0001$
1.00	0.83	0.29	0.09	0.02	0.00
0.00	0.17	0.41	0.18	0.04	0.00
0.00	0.00	0.29	0.73	0.94	1.00



جدول ۱۵- بردار وزن بدست آمده برای زیر گزینه‌های مترتب بر گزینه توپوگرافی (سطح ۴)

$\alpha=1000$	$\alpha=10$	$\alpha=2$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.0001$
1.00	0.94	0.44	0.13	0.03	0.00
0.00	0.06	0.56	0.87	0.97	1.00

جدول ۱۶- بردار وزن بدست آمده برای زیر گزینه‌های مترتب بر گزینه‌های بارش و دما (سطح ۵)

$\alpha=1000$	$\alpha=10$	$\alpha=2$	$\alpha=0.5$	$\alpha=0.1$	$\alpha=0.0001$
1.00	0.78	0.26	0.07	0.02	0.00
0.00	0.18	0.22	0.08	0.02	0.00
0.00	0.04	0.31	0.17	0.04	0.00
0.00	0.00	0.21	0.67	0.92	1.00

جدول ۱۷- طبقه‌بندی نتایج بدست آمده در قالب مدل فائو

رده کلاس	دامنه
$S_1$	0.8 - 1
$S_2$	0.6 - 0.8
$S_3$	0.45 - 0.6
$N_1$	0.3 - 0.45
$N_2$	0 - 0.3

### مرحله انتخاب

این مرحله شامل استفاده از قواعد تصمیم‌گیری برای تجمیع، رتبه‌بندی و انتخاب بهترین گزینه از میان گزینه‌های موجود می‌باشد. در این مرحله با استفاده از تابع ترکیبی OWA لایه‌های مورد استفاده در دو مرحله در نرم افزار Idrisi با یکدیگر ترکیب گردیدند. بدین صورت که ابتدا تمام گزینه‌های مترتب بر معیار زیست‌محیطی در وزنه‌های مربوطه ضرب و با یکدیگر تجمیع گردیدند؛ سپس خروجی بدست آمده در قالب مدل پیشنهادی فائو در ۲ رده S (مناسب) و N (نامناسب) و ۵ کلاس مربوطه به شرح جدول ۱۷ طبقه‌بندی گردیدند (نقشه اولیه تناسب اراضی).

سپس مناطقی که دارای ارزش کمتر از ۰/۴۵ بودند (رده N) از نقشه‌های خروجی حذف و به عنوان محدودیت زیست محیطی در نظر گرفته شدند؛ و در سایر مناطق (رده S) معیارهای اجتماعی و اقتصادی اعمال و دوباره نتیجه در پنج کلاس مذکور طبقه بندی گردید. سپس برای ارزیابی نتایج، در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی کشت گندم دیم در منطقه مورد مطالعه، ماتریس خطا تشکیل و سپس میزان دقت کلی نقشه‌های اولیه و نهایی در هر یک از کمیته‌سنج‌های فازی بدست آمد.

### نتایج و بحث

#### نقشه‌های اولیه تناسب اراضی از دیدگاه معیارهای زیست

#### محیطی

بررسی نتایج بدست آمده نمایانگر کاهش مساحت کلاسهای

تناسب بالا با افزایش مقدار  $\alpha$  می‌باشد (شکل ۳ و ۴). بعبارت دیگر با افزایش مقدار  $\alpha$  کاهش درجه خوش‌بینی، وزنه‌های ترتیبی کوچکتر و کوچکتری به ارزشهای بالای معیارها اختصاص پیدا میکند؛ در حالیکه وزنه‌های ترتیبی بزرگتر به مقادیر دارای ارزش عددی پایین در همان موقعیت اختصاص پیدا میکند. کمیت سنج فازی حداقل یکی یا  $At$   $least\ one$  به عنوان خوش‌بینانه‌ترین سناریو در زنجیره کمیت‌سنج‌های فازی مطرح می‌باشد. در این سناریو نتایج تصمیم‌گیری منجر به بیشترین ریسک و جریان‌پذیری پایین می‌شود؛ در حالیکه بهترین پهنه‌ها برای کشت گندم دیم مورد شناسایی قرار میگیرند. در این سناریو کمترین مقادیر و ارزشهای معیارها در هر موقعیت انتخاب میگردند. بعلاوه در حدود ۲۲ درصد مساحت منطقه در کلاس نسبتاً متناسب ( $S_2$ ) قرار داشته و در آن هیچ پهنه‌ای شامل رده N مشاهده نمیگردد. قابل ذکر است که در سیستم طبقه‌بندی فائو کلاس  $S_1$  به معنی کاملاً متناسب بوده و در منطقه هیچ گونه محدودیتی وجود نداشته و سود حاصل از استفاده پایدار از این نوع اراضی برای یک نوع بهره‌وری معین و در یک حالت مشخص، هزینه‌های لازم را توجیه می‌کند. کلاس  $S_2$  به معنی نسبتاً متناسب با محدودیت‌های کم، و کلاس  $S_3$  دارای تناسب بحرانی برای کاربری معین است؛ همچنین در رده N، کلاس  $N_1$  به این معنی است که زمین موجود در حال حاضر نامتناسب بوده، ولی پس از رفع محدودیت‌ها متناسب خواهد شد، و بر اساس نتایج این پژوهش به این معنی است که ۳۰-۴۵ درصد شرایط موجود در منطقه برای کاربری معین دارای شرایط مناسبی بوده و ۷۰-۵۵ درصد شرایط موجود در منطقه دارای محدودیت هستند. در

آخر، کلاس  $N_2$  نشان دهنده نامتناسب بودن منطقه هم به صورت بالقوه و هم به صورت بالفعلی باشد.

عبارتهای زبانی تعداد اندکی ( $\alpha = 0.1$ ) و اغلب ( $\alpha = 0.5$ ) بترتیب منطبق بر استراتژی تصمیم‌گیری خیلی خوشبینانه و خوشبینانه هستند. در  $\alpha = 0.1$  کلاس بسیار مناسب و نسبتاً مناسب بترتیب ۳۳ و ۵۳ درصد از کل منطقه را شامل می‌گردند. در این سناریو ۱ درصد  $(24/5 km^2)$  از مساحت منطقه در کلاس نسبتاً نامناسب قرار گرفته است. با تغییر  $\alpha$  به 0.5 مساحت کلاسهای  $S_1$  و  $S_2$  بترتیب به ۹ و ۵۷ درصد مساحت منطقه تغییر پیدا می‌کنند. در صورتیکه رده نامتناسب در این سناریو حدود ۱۸ درصد مساحت مناطق کشت دیم را پوشش میدهد. استفاده از عبارت زبانی نصف ( $\alpha = 1$ ) بمعنی اختصاص وزنه‌های ترتیبی برابر به تمام معیارها و گزینه‌های مورد استفاده میباشد. این امر منجر به تصمیم‌گیری در حالت خنثی می‌گردد. عبارت دیگر در این حالت عملگر به ترکیب خطی ساده (WLC) تبدیل گشته و یک جبران‌پذیری کامل و ریسک متوسط ( $Omness = 0.5$ ) به تمام گزینه‌ها اعمال میشود (۴۶). در این سناریو رده مناسب (S) تنها ۲۲/۲۴ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌گردد؛ در صورتیکه مساحت رده N به بیش از ۷۷ درصد مساحت منطقه  $(2125/2 km^2)$  افزایش پیدا کرده است. در این سناریوی تصمیم‌گیری مناطق مناسب عمدتاً در بخشهای شمال غربی و بخش ترکمانچای قرار میگیرند.

کمیت‌سنجیهای اکثر (2) و تقریباً همگی ( $\alpha = 10$ ) معرف استراتژی تصمیم‌گیری بدبین و خیلی بدبین بوده و در آنها کلاس بسیار مناسب ( $S_1$ ) بترتیب ۴۰ و ۱۹/۵ کیلومتر مربع از مساحت منطقه را می‌پوشانند. در حالی‌که رده N بترتیب ۲۶۲۴/۸ و ۲۶۴۷/۴ کیلومتر از مساحت منطقه را پوشش میدهند. در این دو سناریو منطقه مناسب محدود به گوشه شمال‌غربی منطقه میباشد.

عبارت زبانی همگی یا All ( $\alpha = 1000$ ) مین تصمیم‌گیری در شرایط بسیار بدبینانه میباشد. این سناریو منجر به بدترین حالت تصمیم‌گیری شده و در آن بیشترین مقادیر موجود در هر موقعیت مورد انتخاب قرار میگیرند. این سناریو منطبق بر عملگر منطقی And بوده و عملیات بصورت ریسک ناپذیر و بدون هیچگونه موازنه‌ای صورت میگیرند؛ و در آن محلی که تمامی معیارهای مورد استفاده را برآورده سازد، مورد انتخاب قرار میگیرد (۳). تحت این سناریو ۰/۴ درصد از مساحت منطقه  $(11 km^2)$  در کلاس بسیار مناسب قرار دارد. در مقابل کلاس بسیار نامناسب ( $N_2$ ) حدود ۹۹/۳ درصد مساحت منطقه را شامل میشود.

### نقشه‌های نهایی تناسب اراضی

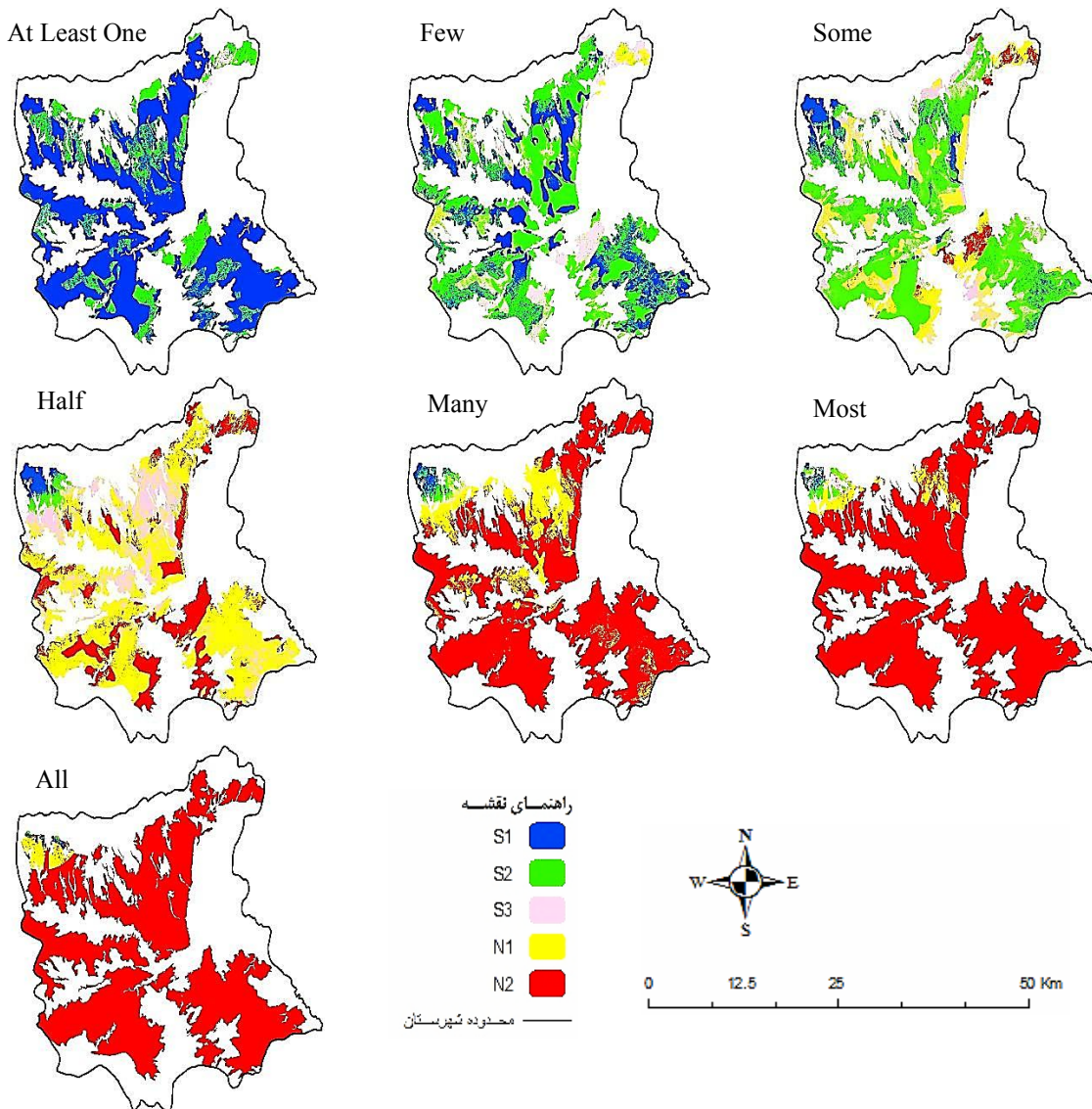
بعد از تجزیه و تحلیل اقتصادی و اجتماعی در مناطق مناسب از

نظر معیارهای زیست‌محیطی به مانند نقشه‌های اولیه با تغییر مقدار  $\alpha$  به سمت اعداد بزرگتر از مساحت کلاسهای مناسب کاسته و به مساحت کلاسهای نامناسب افزوده شده است (اشکال ۵ و ۶). رجبی و همکاران (۳) و مالچوفسکی (۴۶) به نتایج مشابهی در ارزیابی تناسب اراضی برای احداث مجتمع‌های صنعتی و مناطق مسکونی دست یافته‌اند.

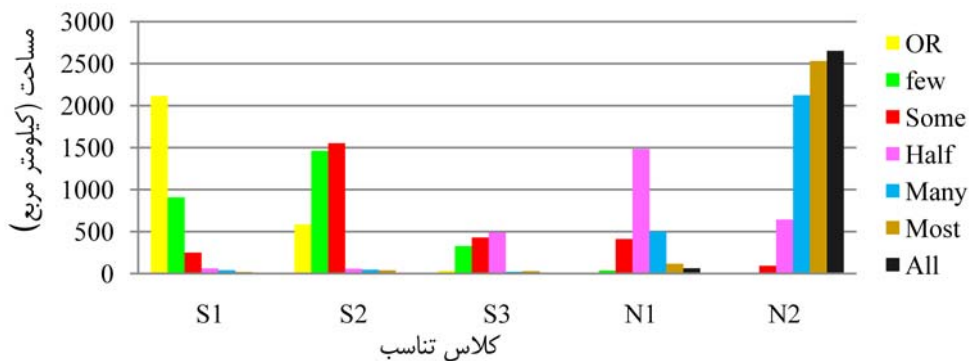
در نقشه تناسب اراضی نهایی منطبق بر  $\alpha = 0.0001$  حدود ۹۸/۶ درصد مساحت منطقه تحت کلاس بسیار مناسب، ۱/۳ درصد در کلاس  $S_2$  و ۰/۱ درصد در کلاس تناسب  $S_3$  قرار دارد. این مقادیر در نقشه‌های اولیه بترتیب ۷۷، ۲۲ و ۱ درصد مساحت منطقه را شامل می‌گردیدند. در سناریوهای منطبق بر  $\alpha = 0.1$  و  $\alpha = 0.5$  مساحت کلاس  $S_1$  بترتیب ۴۲/۶۶ و ۱۲/۶۸ درصد مساحت منطقه را بر گرفته است؛ در صورتیکه این مقدار در نقشه اولیه ۳۳، ۱۲ و ۹ درصد مساحت منطقه را شامل می‌گردید. از نکات قابل ذکر در اینجا افزایش مساحت رده N در نقشه نهایی بدست آمده تحت این دو سناریو میباشد. با توجه به وزن‌های معیار بدست آمده و با در نظر گرفتن این نکته که در این سناریوها به مقادیر کمتر ارزش بیشتری (وزن ترتیبی بزرگتر) داده میشود؛ بطور قطع این مسئله ناشی از تأثیر بیشتر معیار اجتماعی در خروجی بدست آمده میباشد. با اعمال کمیت‌سنج فازی نصف مساحت رده S از  $60.8 km^2$  در نقشه اولیه به  $473.4 km^2$  کاهش و مساحت رده N از  $2125.2 km^2$  به  $2256.3 km^2$  افزایش پیدا کرده است.

در کمیت‌سنج‌های فازی اکثر (2) و تقریباً همگی ۳، ۴ و ۲ درصد از مساحت منطقه در رده متناسب قرار دارد. این مقادیر در نقشه‌های اولیه بترتیب ۳/۹ و ۳/۱ درصد مساحت منطقه را در بر می‌گرفت. بالتبع مساحت رده نامناسب در هر دو سناریو نسبت به نقشه‌های اولیه افزایش پیدا کرده است. مناطق مناسب در کمیت‌سنجیهای مذکور در گوشه شمال غربی شهرستان و اغلب در بخش ترکمانچای قرار گرفته‌اند. در پژوهشی که توسط فیضی‌زاده و همکاران (۱۲) برای پهنه‌بندی نواحی کشت گندم دیم در آذربایجان شرقی صورت گرفته، این منطقه و اغلب بخشهای غربی منطقه مورد مطالعه در کلاس تناسب بسیار مناسب قرار گرفته‌اند.

با اعمال کمیت‌سنج همگی مساحت رده نامتناسب از ۹۹/۳ درصد در نقشه‌های اولیه به ۹۹/۹۵ درصد در نقشه‌های نهایی افزایش جزئی یافته است. بطور کلی در کمیت‌سنج‌های فازی حداقل یکی، تعداد اندکی و اغلب مساحت کلاس‌های تناسب  $S_1$  و  $S_2$  نسبت به نقشه‌های زیست‌محیطی افزایش و مساحت رده N تقریباً بدون تغییر باقی مانده و فقط در سناریو تعداد اندکی با کاهش مساحت کلاس  $S_3$  افزایش پیدا کرده است. در مقابل در کمیت‌سنج‌های اکثر، تقریباً همگی و همگی مساحت رده S کاهش و مساحت رده N افزایش پیدا کرده است.



شکل ۳- نقشه‌های اولیه تناسب اراضی برای کشت گندم دیم با استفاده از مدل Fuzzy-AHP-OWA

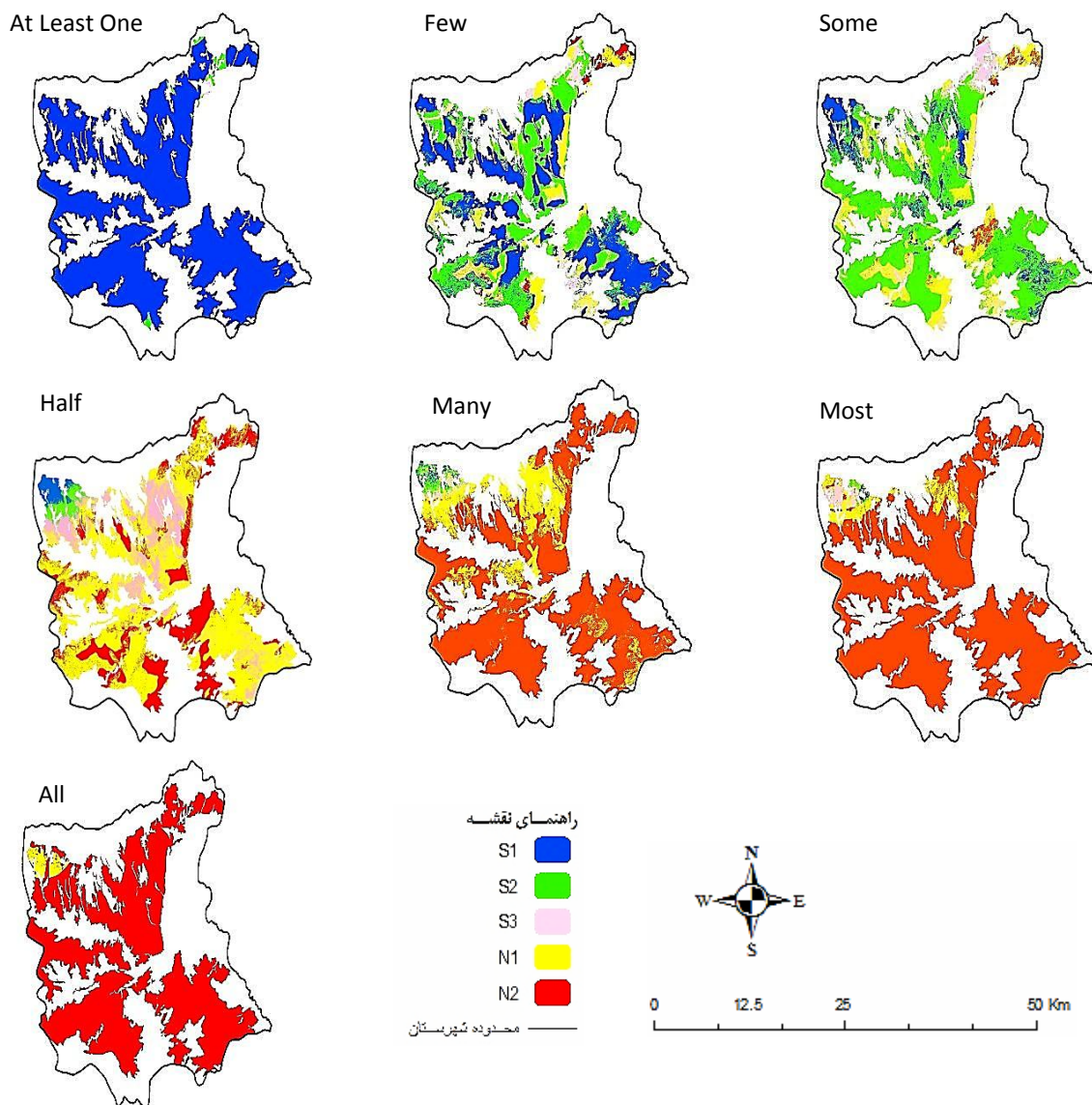


شکل ۴- نمودار مساحت کلاسهای تناسب اراضی در نقشه های اولیه

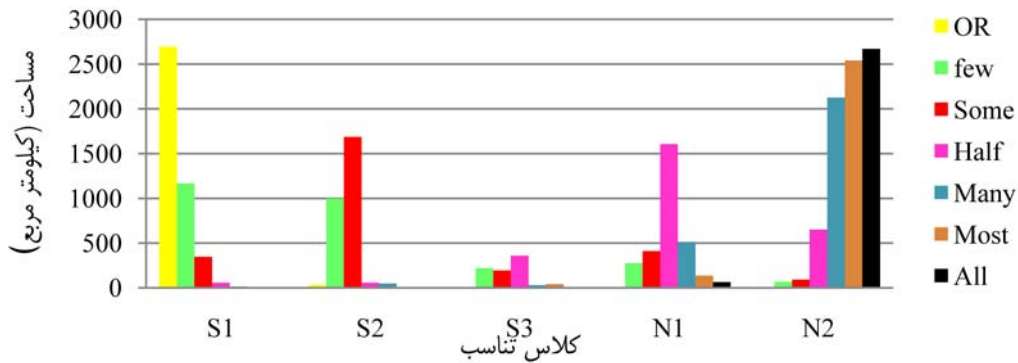
مساحت رده مناسب در نقشه نهایی کاهش و مساحت رده N افزایش پیدا می‌کند.

یکی از نکات قابل توجه کاهش و افزایش بترتیب مساحت رده‌های S و N در نقشه‌های نهایی نسبت به نقشه‌های اولیه در کمیت سنج زبانی نصف می‌باشد. با توجه به این نکته که در این سناریو وزن ترتیبی برابری به معیارهای مورد استفاده اختصاص پیدا می‌کند؛ بنابراین مهم‌ترین علت این مسئله پتانسیل پایین منطقه مورد از نظر معیارهای اجتماعی و اقتصادی می‌باشد.

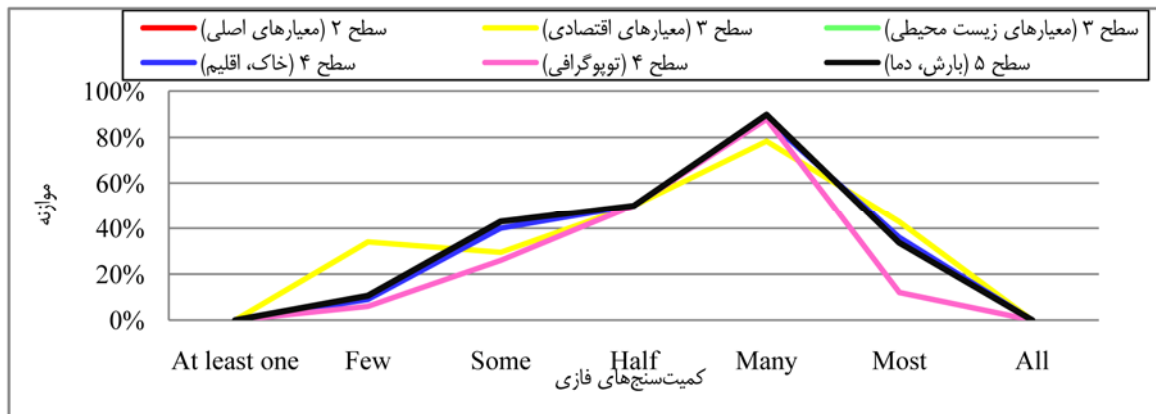
این مسئله به دلیل وزن معیارها، وزنه‌های ترتیبی مورد استفاده و ورود معیارهای اجتماعی و اقتصادی اتفاق افتاده است. با توجه به اینکه در سناریوهای منطبق بر 0.1, 0.5, 0.0001  $\alpha$  ارزش بیشتری به پیکسل‌های دارای مقدار عددی بالا داده می‌شود؛ بنابراین علاوه بر پیکسل‌های متعلق به رده S که دارای ارزش عددی بالایی است، پیکسل‌هایی که در نقشه‌های مترتب بر معیارهای اجتماعی و اقتصادی دارای ارزش بالایی هستند به آن (رده S) افزوده گشته و بنابراین مساحت این رده افزایش پیدا می‌کند. در مقابل در سناریوهای با  $\alpha$  بالا (2, 10, 1000) این مسئله حالت معکوس داشته و ارزش بیشتری به پیکسل‌های با ارزش عددی کمتر داده شده و بالتبع



شکل ۵- نقشه‌های نهایی تناسب اراضی برای کشت گندم دیم با استفاده از مدل Fuzzy-AHP-OWA



شکل ۶- نمودار مساحت کلاسهای تناسب اراضی در نقشه های نهایی



شکل ۷- نمودار درصد رابطه موازنه ای جایگشتی در بین معیارهای مورد استفاده در سطوح مختلف تصمیم گیری

جدول ۱۸- میزان دقت کلی بدست آمده در مقایسه نتایج بدست آمده و نقشه واقعیت زمینی

All	Most	Many	Half	Some	Few	At least one	کمیت سنج‌های فازی
۲۲	۳۸/۵	۴۴/۸	۵۷	۸۴/۳	۶۱	۲۶/۷	نقشه‌های اولیه
۱۹/۳	۳۸	۳۹/۶	۵۳/۷	۸۸/۲	۶۱/۸	۲۱/۵	نقشه‌های نهایی

فازی  $(\alpha \rightarrow \pm\infty)$  به دلیل عدم جبران مثبت (رابطه موازنه‌ای جایگشتی) بین معیارها و روش انتخاب گزینه‌ها می‌باشد. بدین صورت که در عملگر کمینه یا  $\text{MIN}(\alpha=1000)$  یک گزینه به واسطه عملکرد ضعیف خود در ارتباط با حداقل یک صفت رد می‌شود؛ در حالی که این موضوع در عملگر بیشینه یا  $\text{MAX}(\alpha=0.0001)$  حالت عکس داشته و یک گزینه بر پایه یک ارزش بالای استثنایی از یک صفت و بدون توجه به عملکرد ضعیف آن در ارتباط با صفت‌های دیگر به عنوان بهترین گزینه شناخته شده که این مسائل در اغلب موارد با واقعیات موجود در منطقه مورد مطالعه هم‌خوانی ندارند (شکل ۷).

### نتیجه گیری

جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی، کاهش منابع طبیعی، افزایش سطح آب

در این ماتریس برای بیان دقت طبقه‌بندی برای کلاس A از تقسیم تعداد پیکسل‌های مربوط به سلول A به تعداد کل پیکسل‌هایی که توسط اپراتور از داده‌های زمینی کلاس A جمع‌آوری شده‌اند استفاده می‌شود. در جدول زیر میزان دقت کلی در نقشه‌های اولیه و نهایی در مقایسه با نقشه واقعیت زمینی مشاهده می‌گردد.

همانطوریکه مشاهده می‌گردد بیشترین دقت کلی متعلق به کمیت‌سنج فازی اغلب بوده و در مرحله بعدی کمیت‌سنج‌های تعداد اندکی، نصف و اکثراً قرار می‌گیرند. این مسئله بدلیل رابطه موازنه‌ای جایگشتی بالا بین معیارهای گزینش در کمیت‌سنج‌های مذکور می‌باشد؛ به عبارت دیگر در این سناریوها عملکرد پایین یک گزینه بر حسب یک معیار با عملکرد بالای آن بر حسب معیارهای دیگر جبران گردیده و باعث همبستگی بیشتر با نقشه واقعیت زمینی می‌گردد. کاهش دقت کلی در ابتدا و انتهای زنجیره کمیت‌سنج‌های مفهومی

مسئله را می‌توان در تأثیر بیشتر بادهای غربی (بارندگی بیشتر)، توپوگرافی و خاک مناسب دانست.

همان طوری که مشاهده می‌گردد کلاس‌های دارای تناسب بالا در بعضی از سناریوها از یک حالت شمالغرب-جنوبشرق برخوردار می‌باشند؛ این مسئله تبعیت کلاس‌های تناسب اراضی را از ژئومورفولوژی منطقه نشان می‌دهد. بطوریکه محور اغلب چین‌ها در این شهرستان شمالغرب-جنوب شرق می‌باشند (۷).

از نظر متغیرهای اقلیمی، بخش شمالغرب شهرستان (بخش ترکمانچای) دارای بیشترین پتانسیل در کل شهرستان می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۱۸)، کمیت سنج فازی اغلب یا Some برای ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم در این شهرستان با استفاده از مدل OWA معرفی می‌گردند.

با توجه به وزنهای بدست آمده اقلیم (به ترتیب بارش، دما، خاک، تعداد شرکت‌های تعاونی، شیب، فاصله تا بازار و خطوط ارتباطی به عنوان مهم‌ترین معیارها در ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گندم معرفی می‌گردند.

همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که هدف مدل OWA تنها یافتن یک گزینه منفرد نبوده، و در آن قابلیت‌های دیگری مورد تأکید قرار گرفته است. بعنوان مثال رویکرد OWA ابزار و اهرم مناسبی برای تعدیل و کنترل میزان موازنه و جبران‌پذیری بین معیارها، که آنهم باعث ارزیابی سریع و تفسیر مناسب سناریوها و ارتباط بین معیارها را بدست می‌دهد، فراهم می‌سازد. از قابلیت‌های دیگر این روش میتوان به توانایی آن در ترکیب داده‌های نامتجانس (معیارهای کمی و کیفی) با استفاده از دانش خبره، انعطاف‌پذیری در انتخاب داده‌های مناسب برای مناطق و مسائل مختلف، ایفاء تصمیم‌گیری گروهی یا منفرد، آزادی و استقلال در توسعه سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری اشاره کرد. همچنین با توجه به اینکه ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات کشاورزی دارای رویکرد میان رشته‌ای بوده و در آن باید اطلاعات گوناگونی از منابع مختلف جمع‌آوری گردد، نتایج این پژوهش نشان دهنده پتانسیل بالای مدل OWA در مدلسازی مسائل پیچیده تصمیم‌گیری در جهان واقعی میباشد.

دریاه، اسیدی و شور شدن خاک‌ها و آب‌ها، نابودی و مورد تهدید قرار گرفتن گونه‌های گیاهی، نابودی کشتزارها به واسطه فرسایش خاک، افزایش استفاده از سموم و علف‌کش‌ها همگی مثال‌هایی از نتیجه استفاده نادرست و غیر منطقی انسان از منابع اکولوژیکی بوده است. به عبارت دیگر محیط زیست طبیعی، توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده انسان از آن دارد. در برخی از محیط‌ها، طبیعت با کمترین خسران مهبیای بالاترین توسعه است و در برخی دیگر کمترین توسعه در آن منجر به خرابی محیط زیست می‌شود. این معنا بیان‌کننده آنست که برای انجام توسعه، پیش از برنامه‌ریزی برای استفاده از آن، باید به ارزیابی توان اکولوژیکی آن در چهارچوب یک برنامه‌ریزی منظم پرداخت.

در این پژوهش با طی روندی هدفمند در بستر GIS و با استفاده از تکنیک Fuzzy-AHP-OWA در قالب مدل فائو اقدام به ارزیابی مناطق مناسب برای کشت گندم در شهرستان میانه گردید و توزیع فضایی کلاسها در پهنه‌های گوناگون بدست آمد. لازم به ذکر است که مسئولین جهاد کشاورزی می‌توانند با آگاهی از این‌گونه مطالعات و پژوهش‌ها، امکانات موجود را به نحو احسن بین بخش‌های مختلف شهرستان تقسیم و از هدر رفت آن‌ها جلوگیری نمایند. همچنین کشاورزان نیز با آگاهی از درجه تناسب اراضی برای کاربری‌های گوناگون می‌توانند اقدام به کشت محصولات خاص در مکان‌های معین نموده، و علاوه بر افزایش میزان بهره‌وری و سودآوری از مشکلاتی همچون فرسایش، شور شدن خاک‌ها و آب‌های شیرین، هدر رفت امکانات اقتصادی و اجتماعی جلوگیری به عمل آورند. با بررسی معیارهای مورد استفاده و بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان به نتایج زیر دست یافت:

با توجه به نقشه درجه‌روز بدست آمده قسمت‌های جنوب، جنوبغربی و غربی شهرستان برای کشت گندم‌های دیررس و قسمت‌های شمالغربی، شمالی، شمالشرقی، شرقی و جنوبشرقی برای کشت گندم‌های زود رس مناسب می‌باشند.

با استناد به خروجی‌های بدست آمده بخش‌های شمالغرب دارای پتانسیل بالایی برای کشت گندم بوده و با حرکت به سمت شرق و جنوب از درجه تناسب اراضی کاسته می‌شود؛ به احتمال زیاد علت این

## منابع

- ۱- اطاعت ج. ۱۳۹۰، جمعیت و توسعه پایدار در ایران، رفاه اجتماعی، ۴۲: ۳۶-۷.
- ۲- جلالیان، ا.، گیوی ج.، بازگیر م. و ایوبی ش. ۱۳۸۵. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب اراضی دیمزارهای منطقه تلاندشت استان کرمانشاه برای محصولات مهم منطقه، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴: ۱۰۵-۹۱.
- ۳- رجبی م.، منصوریان ع.، طالیعی م. ۱۳۹۰. مقایسه روشهای تصمیم‌گیری چند معیاره AHP، AHP-OWA، Fuzzy-AHP-OWA برای مکانیابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز، محیط‌شناسی، ۵۷: ۹۲-۷۷.
- ۴- رسولی ع.، قاسمی گلعدانی ک. و سبحانی ب. ۱۳۸۴. نقش بارش و ارتفاع در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم در استفاده از سامانه

- اطلاعات جغرافیایی (مورد مطالعه: استان اردبیل)، جغرافیا و توسعه، ۵: ۲۰۰-۱۸۳.
- ۵- زبیری ک. ۱۳۸۷. برنامه ریزی شهرهای جدید، سمت، تهران.
- ۶- ساری صراف ب.، بازگیر س. و محمدی غ. ۱۳۸۶. پهنه‌بندی پتانسیل‌های اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان غربی، جغرافیا و توسعه، ۱۳: ۵-۲۶.
- ۷- سازمان زمین‌شناسی. ۱۳۶۶. گزارش نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ شهرستان میانه.
- ۸- علیزاده ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
- ۹- فرج زاده اصل م. و تکلو بیغش ع. ۱۳۸۰. ناحیه بندی آگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر گندم دیم، پژوهش‌های جغرافیایی، ۴۱: ۱۰۵-۴۱.
- ۱۰- فرج زاده اصل م. و زرین آ. ۱۳۸۱. مدل سازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیمی شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی، مدرس علوم انسانی، ۲: ۹۶-۷۷.
- ۱۱- فرج زاده اصل م.، کاشکی ع. و شایان س. ۱۳۸۸. تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی)، مدرس علوم انسانی، ۳: ۲۵۶-۲۲۶.
- ۱۲- فیضی‌زاده ب.، ابدالی ح.، محمدی غ. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی قابلیت کشت گندم دیم در سطح استان آذربایجان شرقی با استفاده از تحلیل‌های مکانی GIS، نشریه زراعت، ۹۶: ۹۱-۷۷.
- ۱۳- کمالی غ.، صدقیانی پور ع. و صداقت کردار ع. ۱۳۸۷. بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی، نشریه آب و خاک، ۴۸۳: ۲-۴۶۷.
- ۱۴- کمالی غ.، ملائی پ. و بهیار م. ۱۳۸۹. تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS، نشریه آب و خاک، ۹۰۷: ۵-۸۹۴.
- ۱۵- کرمی کرد علیوند ت. ۱۳۷۹. مدل سازی بهینه کاربری اراضی در منطقه خرم آباد با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۶- گیوی ج. ۱۳۷۶. ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی، موسسه تحقیقات آب و خاک، ۱۱۸: ۱۰۱۵-۹۸.
- ۱۷- محمدی ج. و گیوی ج. ۱۳۸۰. ارزیابی تناسب اراضی برای گندم آبی در منطقه فلاورجان (اصفهان)، با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱۵: ۱۰۳-۱۰۳.
- ۱۸- مخدوم م. ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین، تهران: دانشگاه تهران.
- ۱۹- مدحج ع. و فتحی ق. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گندم، شوشتر: دانشگاه آزاد اسلامی (شوشتر).
- ۲۰- مهدیزاده م.، مهدیان م.ح. و حجام س. ۱۳۸۵. کارایی روش‌های زمین آماری در پهنه بندی اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، مجله فیزیک زمین و فضا، ۱۱۶: ۱۰۳-۱۰۳.
- ۲۱- موسوی ح.، معیری م.، سیف ع. و ولی ع. ۱۳۹۱. انتخاب مناسبترین نوع گونه گیاهی نیکا برای تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP (مطالعه موردی: ریگ نجارآباد، شمالشرق طرود)، محیط شناسی، ۶۱: ۱۱۶-۱۰۵.
- ۲۲- وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۹۱. آمار نامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۹، [www.agri-jahad.ir](http://www.agri-jahad.ir), [10/6/1391].
- 23- Alcan P., and Basligil H. 2011. A facility location selection problem by Fuzzy TOPSIS, 15<sup>th</sup> International Research/Expert Conference, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 12-18 September 2011. Prague, Czech Republic.
- 24- Arriaza M., and Nekhay O. 2008. Combining AHP and GIS modelling to evaluate the suitability of agricultural lands for restoration, 107th EAAE Seminar, Sevilla.
- 25- Ashraf Sh. 2010. Land suitability analysis for wheat using multicriteria evaluation and GIS method, Research Journal of Biological Sciences, 5(9): 601-605.
- 26- Beigbabayi B., and Azadi M.M. 2012. Using AHP modeling and GIS to evaluate the suitability of site with climatic potential for cultivation of autumn canola in Ardabil province, Annals of Biological Research, 3(5): 2307-2317.
- 27- Bhagat R.M., Singh S., Sood C., Rana R.S., Kalia V., Pradhan S., Immerzeel W., and Shrestha B. 2009. Land suitability analysis for cereal production in himachal pradesh. J. Indian Soc. Remote Sens. 37:233-240.
- 28- Bunruamkaew Kh., and Murayama Y. 2011. Site suitability evaluation for Ecotourism using GIS & AHP: A Case Study of Surat Thani Province, Thailand. Procedia Social and Behavioral Sciences. 21: 269-278.
- 29- Burrough P.A., MacMillan R.A., and Van Deursen W. 1992. Fuzzy classification methods for determining land suitability from soil profile observations and topography, Journal of Soil Science. 43: 193-210.

- 30- Calijuri M.L., Melo A.L.O., and Lorentz J.F. 2000. Identificaco de a´reas para implantaco de aterros sanita´rios com uso de ana´lise estrate´gica de deciso. Inform.Pu´blica, 4 (2): 231–250.
- 31- Carlsson C., Fuller R., and Fuller S.1997. OWA operators for doctoral student selection problem. pp 167–177.In: Yager R.R, Kacprzyk J. (ed.) The ordered weighted averaging operators: theory, methodology, and applications. Kluwer, Boston.
- 32- Chen J., Zhang X., and Zhu Q. 2011. Multi-Objective decision making for land use planning with Ordered Weighted Averaging Method, Systems Engineering Procedia, 2: 434 – 440.
- 33- Cheng W.D., Cun-jun L., Xiao-yu S., Ji-hua W., Xiao-dong Y., Wen-jiang H., Jun-ying W., and Ji-hong Z. 2011. Assessment of land suitability potentials for selecting winter wheat cultivation areas in Beijing, China, Using RS and GIS, Agricultural Sciences in China, 10(9): 1419-1430.
- 34- Duc T.T. 2006. Using GIS and AHP technique for land use suitability analysis, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, Hanoi, Vietnam.
- 35- Eastman J.R. 2001. IDRISI 32: Guide to GIS and image processing. Clark Labs, Clark University, Worcester.
- 36- Elaalem M., Comber A., and Fisher P. 2010. Land evaluation techniques comparing FAHP with TOPSIS methods. p.1-8. 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2010. Guimarães, Portugal.
- 37- El-kawy, O.R.M., Ismail, H.A., Rød, J.K., Suliman, A.S. 2010. A Developed GIS-based Land Evaluation Model for Agricultural Land Suitability Assessments in Arid and Semi Arid Regions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. volum 6 (5): 589-599.
- 38- Faostat 3. 2013. Statistical database, Available at <http://faostat3.fao.org>. [Visited 28/1/2013].
- 39- Farida P., Ryota N., Imtiaz U., and Hossain K.M.D. 2007. Crop land suitability analysis using a multicriteria evaluation & Gis approach, 5th International Symposium on Digital Earth.. pp. 27-42. Berkley
- 40- Hartkamp A.D., Beurs K.De., Stein A. and White J.W. 1999. Interpolation Techniques for Climate Variables NRG-GIS Series 99-01. Mexico, DF: CIMMYT.
- 41- Hutchinson M.F. 1995. Interpolation mean rainfall using thin plate smoothing splines, Int. J. Geographical Information Systems. 9(4): 385-403.
- 42- Kumar P., Yadava R.K., Gollen B., Kumar S., Verma R.K., and Yadav S. 2011. Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat: A Review. Life Sciences and Medicine Research, 22: 1-10.
- 43- Makropoulos C.K., and Butler D. 2006. Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decisionmaking. Environ. Model. Softw. 21: 69–84.
- 44- Malczewski J. 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley, New York.
- 45- Malczewski J., Chapman T., Flegel C., Walters D., Shrubsole D., and Healy M.A. 2003. GIS-multicriteria evaluation with ordered weighted averaging (OWA): case study of developing management strategies. Environ. Plan. 35 (10): 1769–1784.
- 46- Malczewski J. 2006. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis, Applied Earth Observation and Geoinformation, 8: 270–277.
- 47- Mayer A.M., and Poljakoff-Mayber A. 1975. The germination of seeds, (ed.) Pergmon press, Elmsford, N.Y., the Mac-Millan Company, New York.
- 48- Mendas A. and Delali A. 2012. Support system based on GIS and weighted sum method for drawing up of land suitability map for agriculture. Application to durum wheat cultivation in the area of Mleta (Algeria), Agricultural Research, 10(1): 34-43.
- 49- Meng Y., Malczewski J., and Boroushaki S. 2011. A GIS-based multicriteria decision analysis approach for mapping accessibility patterns of housing development sites: a case study in canmore, Alberta, Geo. Inf. Sys. 3: 50-61
- 50- Miller W., Collins M., Steiner F., and Cook E. 1998. An approach for greenway suitability analysis, Landscape. Landscape Urban Plann. 42(2): 91–105.
- 51- Moreno J., and Francisco S. 2007. Applicability of knowledge-based and fuzzy theory-oriented approaches to land suitability for upland rice and rubber, as compared to the farmers’ perception: A case study of Lao PDR, Msc Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Netherlands.
- 52- Neamatollahi E., Bannayan M., Jahansuz M.R., Struik P., and Farid A. 2012. Agro-ecological zoning for wheat (*Triticum aestivum*), sugar beet (*Beta vulgaris*) and corn (*Zea mays*) on the Mashhad plain, Khorasan Razavi province, The Remote Sensing and Space Sciences, 15: 99-112.
- 53- Neameh J.B. 2003. Land evaluation for land use planning with especial attention to sustainable fodder production in the Rouzeh Chai catchment of Orumiyeh area-Iran. M.S. Thesis. International institute for GEO-Information science and earth observation. Netherland.
- 54- Prakash T.N. 2003. Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. M.S. Thesis. International Institute for geoinformation science and earth observation, Netherlands.
- 55- Sys C., Vanranst E., and Debaveye J. 1991. Land evaluation. part 1: Principles in land evaluation and crop production calculation. Ghent University. Ghent.
- 56- Valente, A., Vettorazzi, C. A. 2008. Definition of priority areas for forest conservation through the ordered



- weighted averaging method, *Forest Ecology and Management*, 256: 1408–1417.
- 57- Verma A.K., Verma R., and Mahanti N.C. 2010. Facility Location Selection: An Interval Valued Intuitionistic Fuzzy TOPSIS Approach, *Modern Mathematics and Statistics*, 4(2): 68-72.
- 58- Yager R.R. 1988. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* 18 (1): 183–190.
- 59- Yang K., Koike T. and Ye B. 2006. Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets, *Agricultural and Forest Meteorology*. 137:43–55.

## Land Suitability Evaluation for Cultivation of Wheat, Based on The FAO Model and Fuzzy-AHP-OWA Technique in GIS Environment (Case Study: Miyaneh County)

M. Taleai<sup>1</sup> - H. Soleymani<sup>2\*</sup> - M. Farajzadeh Asl<sup>3</sup>

Received:09-06-2013

Accepted:18-02-2014

### Abstract

According to predictions, due to population increase and income growth, demand for food will continue to rise by over 3% annually. Wheat with providing over 33% of global world foods is one of the main sources for food security and meeting the needs of increased population. Land suitability assessment (LSA) is one of the basic approaches for obtaining maximum profit while protecting environmental resources for future. In this context, the suitability of arable lands of Miyaneh County is assessed for rain-fed wheat based on the FAO model and Fuzzy-AHP-OWA technique in GIS environment. In this study, with considering regional conditions and previous scientific researches, 8 environmental parameters (depth and texture of soil, erosion, slope, elevation, rainfall, temperature and degree days), 3 economic parameters (cooperatives, distance to markets and communication lines) and a social parameter (force labor) are used for land evaluation. These parameters were aggregated in two-stage using OWA model. Resulted suitability maps based on environmental criteria and fuzzy linguistic quantifier (LQ) includes: at least one, few, some, half, many, most and all, illustrate an overall accuracy, 26.7, 61, 84.3, 57, 44, 8, 38.5 and 22% respectively, in compared with ground truth map. The final suitability maps based on social and economical criteria present 21.5, 61.8, 88.2, 53.7, 39.6, 38 and 19.3% overall accuracy. Based on this research finding, the proposed approach based on Fuzzy-AHP-OWA has great potential to model land use suitability evaluation problem. In addition, from the used criteria climate, soil, slope, number of co-operatives, distance to markets and communication lines are most important in evaluating land suitability for rain-fed wheat.

**Keywords:** Land suitability, Rain-fed wheat, Miyaneh, GIS, Fuzzy-AHP-OWA

---

1- Assistant Professor, Faculty of Geodesy and Geometrics, K.N.Toosi University of Technology, Tehran  
2,3- MSc Student and Associate Professor of RS and GIS Department, Tarbiat Modares University Tehran  
(\* Corresponding Author Email: adnansadeghi@yahoo.com)