سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال اول، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۸
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.1, No.4, Winter 2010
۴۱-۵۴

ارزش‌یابی روش‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری AHP_OWA, AHP, Fuzzy Screening در مکان‌یابی مراکز فرهنگی ـ ورزشی روستایی (مطالعه موردی دهستان کانی بازار مهاباد)

جمال امینی*[۱]، جلال کرمی[۲]، عباس علیمحمدی سراب[۳]، سیدهدایت هاشمی[۴]

۴ و ۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشجوی دکتری گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. استادیار گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۲/۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۵/۴

چکیده

مکان‌یابی مراکز فرهنگی و ورزشی فرایندی است پیچیده و مبتنی بر معیارهای کمی و کیفی فراوان. روش‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری چندمعیاره متعددی وجود دارد، که به فراخور مسائل پیش‌رو مورد استفاده قرار می‌گیرند. در فرایند تصمیم‌گیری در حوزه مکانی به‌ندرت مسائلی به چشم می‌خورند که در کنار معیارهای کمّی، متغیرهای کیفی و زبانی وجود نداشته باشند؛ و از طرفی نیز معمولاً در این قبیل مسائل گروه‌های ذی‌نفع متعددی وجود دارند که ملاحظات آنها بایستی در فرایند تصمیم‌گیری مدنظر قرار گیرد. با توجه به دو ویژگی بیان شده در مورد مسائل مکانی (وجود متغیرهای زبانی و گروه‌های مختلف ذی‌نفع) لزوم به‌کارگیری روش‌هایی اولویت می‌یابد که این دو ویژگی را در فرایند مذکور در نظر گیرد. دو روش تصمیم‌گیری فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و Fuzzy screening از جمله روش‌هایی هستند که قابلیت مدل‌سازی متغیرهای کیفی و زبانی را دارند، با این تفاوت که روش AHP فرایندی با سازماندهی سلسله‌مراتبی است و برآیند منطقی‌تری را ارائه می‌کند. از طرف دیگر، روش Ordered weighted Average (OWA) انعطاف‌پذیری زیادی در لحاظ کردن اولویت تصمیم‌گیرندگان دارد و در ترکیب با سایر روش‌های تصمیم‌گیری پشتیبانی می‌تواند به نتایج بهتری منجر شود. در این مقاله از سه روش AHP, Fuzzy Screening و روش ترکیبی AHP_OWA در مکان‌یابی مراکز فرهنگی و ورزشی روستایی دهستان کانی بازار از توابع شهرستان مهاباد استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده، حاکی از انعطاف‌پذیری بالا و عملکرد بهتر روش ترکیبی در مقیاسسه با دو روش دیگر است. افزون بر اینها، تحلیل حساسیت نیز به‌منظور ارزیابی پایداری سیستم صورت گرفت، که نتایج حاصل از آن نشان‌دهنده پایداری بالای سیستم بود.

کلیدواژه‌ها: مکان‌یابی، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، Fuzzy screeing، AHP، OWA، مراکز فرهنگی و ورزشی، دهستان کانی بازار.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، میدان انقلاب، بن‌بست خالقی، خوابگاه حیدری، دانشگاه تربیت مدرس، تلفن: ۰۹۱۴۱۶۷۶۸۷۱
Email: jamal.amini59@gmail.com

۱- مقدمه

چه‌بسا بتوان یکی از ویژگی‌های شاخص اجتماعی دهه‌های اخیر ایران را رشد شهرنشینی دانست. این ویژگی باعث شده است که جمعیت عظیمی از روستاها به شهر سرازیر شود و مشکلات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و امنیتی متعددی را بر شهرها تحمیل کند و سبب کسادی بازار تولید روستایی شود. در کنار جاذبه‌های شهرنشینی، عدم مدیریت و ساماندهی صحیح مراکز روستایی در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی از موجبات ایجاد این پدیده قلمداد می‌شود. از جمله مسائل مبتلابه جوامع امروز روستایی ایران، علاوه بر عدم مدیریت ساختار اقتصادی و بایر شدن زمین‌های بی‌شمار روستایی، عدم مدیریت یا سوءمدیریت ساخت‌های اجتماعی و فرهنگی روستاهاست، که تأثیرات ناشی از آن در تفاوت فاحش سطح فرهنگی و امکانات فرهنگی بین روستا و شهر دیده می‌شود. مدیریت یکپارچه فرهنگی و ورزشی سکونتگاه‌های روستایی گامی مؤثر و کارآمد در افزایش سطح دسترسی فرهنگی و ورزشی متمرکز به شکلی که همزمان امکان دسترسی چند روستا را فراهم سازد، علاوه بر کاهش هزینه‌ها، می‌تواند به مدیریت صحیح منطقه‌ای فرهنگی نیز منجر شود. ایجاد مراکز فرهنگی و ورزشی در مقیاس دهستان تابع عوامل متعدد جغرافیایی، اجتماعی ـ فرهنگی و سیاسی است و از طرف دیگر گروه‌های ذی‌نفع متعددی هم با آن مرتبط‌اند. این دو ویژگی لزوم استفاده از روش‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری چندمعیاره[1] در مکان‌یابی و تخصیص حوزه خدماتی[2] برای مراکز فرهنگی و ورزشی را توجیه می‌کند. در مواجهه با مسائل چندمعیاره معمولاً عوامل و متغیرهایی به چشم می‌خورند که بیش از کمّی بودن، درواقع کیفی‌اند و به اصطلاح به عنوان متغیرهای زبانی[3] مطرح می‌گردند. وجود چنین متغیرهایی لزوم استفاده از الگوریتم‌هایی را ایجاب می‌کند که بتوانند از این قبیل متغیرهای کیفی در کنار متغیرهای کمّی در فرایند تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره استفاده کنند. روش‌های چندمعیاره فازی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[4] (AHP) و Fuzzy screening از جمله روش‌هایی هستند که می‌توانند از متغیرهای کیفی استفاده کنند. از روش AHP در فرایندهای مختلف محیطی مانند پهنه‌بندی زمین‌لغزش (Komac, 2006, Wu and Chen, 2009) و مکان‌یابی (Wu et al., 2007, Vastava et al., 2003) استفاده‌های فراوانی شده است. Komac (2006) با استفاده از AHP و آمار چندمتغیره، مناطق مستعد زمین‌لغزش را شناسایی کرد، و به این نتیجه رسید که وزن فاکتورها با استفاده از AHP بهتر است و نتایج بهتری نیز می‌دهد. Wu (2009) و Chen مناطق مستعد زمین‌لغزش را با استفاده از AHP و با توجه به مناطقی که پیش‌تر زمین‌لغزش در آنها روی داده است، تعیین کردند. Wu و همکاران (2007) برای انتخاب مکان بهینه برای احداث بیمارستان در تایوان، برای ایجاد رقابت بین بیمارستان‌ها از AHP و تحلیل حساسیت استفاده کردند. Vastava و همکاران (2003) با استفاده از GIS و RS، و همچنین با استفاده از مدل‌ها و وزن‌دهی به شاخص‌ها از طریق مقایسه‌های زوجی، ۵ محل مجزا را برای دفن زباله برگزیدند. Contrerasa و همکاران 2009) به‌منظور تحلیل توجیهات سهامداران در مورد طرح‌های مدیریت زباله شهری، شهر بوستون امریکا از روش ترکیبی AHP و LCA[5] استفاده کرد و به این نتیجه رسید که AHP سبب شفافیت نتایج می‌شود و مقایسه زوجی گزینه‌ها ـ که قسمت مهمی از این فرایند است ـ ارزیابی گزینه‌ها با معیارهای گوناگون از طرف گروه‌های مختلف را آسان می‌کند. Hsu و همکاران (2008) برای ایجاد رقابت بین رقبا، مکان‌یابی خانه سالمندان را با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

1. Multi-Criteria Decision Making
2. Location-Allocation
3. Linguistic variable
4. Analytical Hierarchy Process
5. Life Cycle Assessment

انجام دادند، که هدف آنها معرفی این روش برای انجام بهتر کار و توجه به شرایط مجریان امر بوده است.

در دهه‌های اخیر عملگرهای تلفیقی[1] مختلفی مانند روش‌های جمع وزنی ساده[2] و جمع وزنی احتمالی[3] در زمینه تحلیل‌های چندمعیاره رشد و توسعه یافته‌اند. ویژگی مشترک همگی آنها، سادگی و انعطاف‌پذیری پایین آنهاست. در مقابل عملگرهای تلفیقی فازی، که Bellman و لطفی‌زاده (Bellman et al., 1970) ارائه کردند، تحولی شگرف در عملگرهای تلفیقی ایجاد کرد. دو عملگر تلفیقی Fuzzy Additive Weighting Method و Ordered Weighted Average Method از جمله روش‌های تلفیقی فازی هستند که برمبنای نظریه آنها مطرح شدند.

روش Ordered Weighted Average انعطاف‌پذیری بالایی در تلفیق لایه‌های اطلاعاتی دارد و در عین حال دارای قابلیت منحصر به‌فردی برای در نظر گرفتن اولویت‌های تصمیم‌گیرندگان است. از این روش به‌صورت انفرادی ـ و یا در تلفیق با سایر روش‌های تصمیم‌گیری ـ استفاده‌های زیادی شده است. Valente و Vettorazzi (Valent and Vettorazzi, 2008) برای تعریف مناطق اولویت‌دار به عنوان منطقه جنگلی در اطراف حوزه رودخانه برزیل، از روش OWA استفاده کردند و محدودیت‌هایی مانند مجاورت با آب‌های سطحی، فاصله از آب‌های سطحی، فاصله از مناطق شهری و آسیب‌پذیری از لحاظ فرسایش را در نظر گرفتند و به این نتیجه رسیدند که OWA انعطاف‌پذیر و به آسانی اجراشدنی است و به فهمیدن بهتر الگوهای کاربری زمین کمک می‌کند.

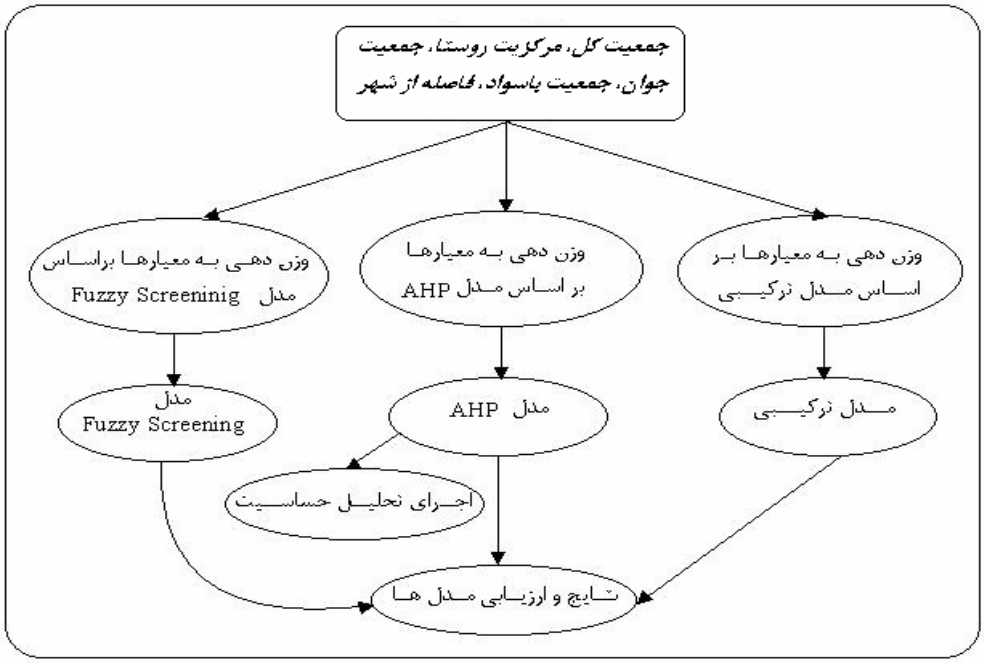
حیدرزاده (۱۳۸۰) برای مکان‌یابی محل دفن مواد زائد جامد شهری با استفاده از GIS، از الگوریتم Fuzzy با سه روش OWA و WLC[4] و روش ترکیبی OWA-WLC استفاده کرد و به این نتایج دست یافت که OWA قدرت تصمیم‌گیرنده را بالاتر می‌برد و با اعمال وزن‌های درجه‌ای مقادیر کوچک‌تر، کوچک‌تر جلوه می‌کنند و مقادیر بزرگ‌تر، بزرگ‌تر.

بروشکی و مالکوفسکی (Boroushaki and Malczewki, 2008) نیز یک عملگر ترکیبی AHP_OWA را در نرم‌افزار ArcGIS برای مدل‌سازی مسائل چندمعیاره ایجاد کردند.

در تحقیقات ذکر شده یا از روش AHP و یا روش OWA استفاده شده است، که روش AHP در فرایندی سلسله‌مراتبی به مقایسه گزینه‌ها و ویژگی‌ها می‌پردازد و همچنین در این روش وزن و اهمیت ویژگی‌ها استخراج می‌گردد و در نهایت در یک میانگین وزنی، رتبه نهایی گزینه‌ها تعیین می‌شود. روش OWA نیز به‌عنوان عملگری ترکیبی در مسائل چندمعیاره، با دو دسته از وزن‌ها سروکار دارد که عبارت‌اند از وزن ویژگی‌ها و ترتیب و ارجحیت اولویت وزن‌ها. می‌توان سناریوهای متعددی از تصمیم‌گیری ایجاد کرد که مزیت منحصر به‌فرد عملگر ترکیبی OWA است. بدین ترتیب، مشاهده می‌شود که هر کدام از روش‌ها مزیت‌های خاص خود را دارند؛ اما با ترکیب روش AHP و OWA میزان انعطاف‌پذیری روش AHP افزایش می‌یابد و با تغییر وزن‌ها، می‌توان سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری ایجاد کرد؛ در صورتی که اگر به تنهایی از این مدل‌ها استفاده شود، امکان ایجاد سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری وجود نخواهد داشت.

در این مقاله از سه روش Fuzzy Screening، AHP و روش تلفیقی AHP_OWA در مکان‌یابی و تخصیص خدمات فرهنگی ـ ورزشی دهستان کانی بازار استفاده شده است، که در شکل ۱ مراحل انجام تحقیق آورده شده است، و جزئیات این سه روش و نتایج به‌دست آمده، در ادامه به‌طور مفصل تشریح می‌شوند.

1. Aggregating Operators
2. Simple Additive Weighting Method
3. Probabilistic Additive Weighting
4. Weighted Linear Combination



شکل ۱. مراحل انجام تحقیق

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان مهاباد در ۱۱۹ کیلومتری مرکز استان آذربایجان غربی، جنوب دریاچه ارومیه واقع شده است که دارای دو بخش مرکزی و خلیفان است. بخش خلیفان شامل دهستان‌های منگور شرقی و کانی بازار است. دهستان کانی بازار با وسعت ۹۴۷/۶۱۷ کیلومترمربع، تعداد ۴۴ روستا و جمعیت ۱۰۱۹۹ نفر در سال ۱۳۸۵ در جنوب شهرستان مهاباد قرار گرفته است. پراکندگی روستاهای این دهستان برای انجام این تحقیق در شکل ۲ همراه با DEM منطقه نشان داده شده است.

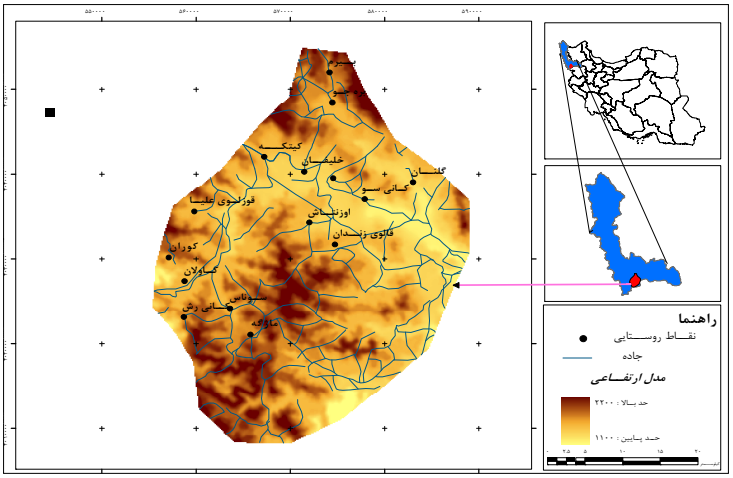
۲-۲- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارت‌اند از: ۱) جمعیت کل روستا در سال ۱۳۸۵؛ ۲) مرکزیت روستاها (فاصله روستاها از هم)؛ ۳) جمعیت باسواد روستا؛ ۴) جمعیت جوان روستا (۴۰-۱۵ساله)؛ و ۵) فاصله روستاها از مرکز شهرستان. در این تحقیق، با توجه به اینکه معیار جمعیت روستاها دارای ارزش زیادی است، روستاهایی برای مکان‌یابی انتخاب شده‌اند که جمعیت آنها بیشتر از ۲۵۰ نفر بوده است.

۲-۳- روش‌های مورد استفاده

۲-۳-۱- Fuzzy Screening

این تکنیک را که Yager در سال ۱۹۹۳ ارائه کرد، صرفاً نیازمند مقیاسی غیرعددی برای ارزیابی گزینه‌ها برمبنای عدد مربوط به ویژگی‌هاست. این تکنیک بر نظریه مجموعه‌های فازی استوار است و به دسته‌ای از عقاید تصمیم‌گیرنده احتیاج دارد که به صورت گستره‌ای زبانی ارائه می‌شوند (Wong et al., 2009). نکته تعیین‌کننده اصلی این روش آن است که منفی مقادیر کیفی نیز محاسبه می‌شود. در این روش، مقیاس‌های ارزش‌گذاری برمبنای اصطلاحات ارائه شده در جدول ۱ ارائه می‌شوند.



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. متغیرهای زبانی روش Fuzzy Screening

نماد	اصطلاح مورد استفاده در بیان مقیاس کیفی	اصطلاح مورد استفاده در بیان منفی مقیاس کیفی
S_7	*Outstanding(OU)*	*Neg(OU)=N*
S_6	*Very High(VH)*	*Neg(VH)=VL*
S_5	*High(H)*	*Neg(H)=L*
S_4	*Medium(M)*	*Neg(M)=M*
S_3	*Low(L)*	*Neg(L)=H*
S_2	*Very Low(VL)*	*Neg(VL)=VH*
S_1	*None(N)*	*Neg(N)=OU*

با استفاده از این وزن‌ها می‌توان گفت که چنانچه k>L، آن‌گاه Sk>SL است. با ارائه این اطلاعات، روش Fuzzy Screening ارزیابی نهایی برای هر گزینه را در قالب رابطه (۱) ارائه می‌کند:

$$u_i = \min_i \{Neg(\alpha j) \cup x_{ij}\} \geq S_k \qquad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)، $Neg(\alpha j)$ عملگر منفی برای اندازه‌گیری اهمیت ژامین ویژگی، x_{ij} ارزش و نمره مربوط به iامین گزینه مرتبط با ژامین ویژگی، U اجتماع دو مجموعه و S_k حداقل مقدار پذیرفتنی به‌عنوان مقدار نهایی است. در نهایت مجموعه آلترناتیوها را با گذاشتن شرط (Threshold) به دو دسته پذیرفتنی و ناپذیرفتنی تقسیم می‌کنند.

۲-۳-۲- فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی که توماس ساعتی بنا نهاده است، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله‌مراتبی فراهم می‌کند؛ و افزون بر آن، در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمّی و کیفی را در مسئله دارد و گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت می‌دهد و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و

زیرمعیارها را نیز دارد (قدسی‌پور، ۱۳۸۴). برای ارزیابی تعداد زیادی از معیارها و حل مسائل چندمتغیره، AHP به صورت گسترده به‌کار می‌رود و این مدل به گروه تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهد عضو هر گروهی که باشند، با استفاده از آزمون‌پذیری این مدل مسئله را به کمک آن حل کنند (Chang et al., 2008). AHP برمبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند و میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد، که این خود از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چندمعیاره است و مبنای نظری قوی و مستحکمی هم دارد. کلیه مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد، که در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر i با عنصر j مقایسه شود، تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر عنصر I با عنصر j مقایسه شود، تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات جدول ۲ است، که توماس ساعتی آن را ارائه کرده است. برای مثال، اگر سه گزینه A و B و C با توجه به معیارهای a و b و c مقایسه شوند، در ابتدا گزینه‌ها نسبت به سه معیار a و b و c با هم مورد مقایسه قرار می‌گیرند و وزن هر کدام از گزینه‌ها با توجه به آن سه معیار به‌دست می‌آید و خود معیارها نیز با هم مقایسه می‌گردند و در نهایت در ترکیب وزنی خطی، وزن نهایی گزینه‌ها محاسبه خواهد شد.

جدول ۲. مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی

ترجیحات (قضاوت شفاهی)	مقدار عددی
کاملا"مرجح (*Extremely Preferred*)	۹
مطلوبیت خیلی قوی (*Very strongly Preferred*)	۷
مطلوبیت قوی (*strongly Preferred*)	۵
کمی مطلوب‌تر (*Moderately Preferred*)	۳
مطلوبیت یکسان (*Equally Preferred*)	۱
ترجیحات بین فواصل مذکور	۸و۶و۴و۲

منبع: قدسی‌پور، ۱۳۸۴

بعد از تعیین اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر نباید نرخ سازگاری سیستم (CR)[1] از ۰/۱ بیشتر باشد، که CR از تقسیم شاخص سازگاری (CI)[2] بر متوسط شاخص سازگاری (RI) محاسبه می‌شود؛ یعنی CR=CI/RI. مقدار RI را نیز Vargas و Saaty در سال ۱۹۹۱ برای ماتریس‌های در ابعاد مختلف آماده کرده‌اند. مقدار CI هم از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$CI = \lambda_{max} - n/(n-1) \qquad \text{رابطه (۲)}$$

که n تعداد معیارها و λ_{max} بزرگ‌ترین مقدار ویژه است. اگر مقدار CR از ۰/۱ بیشتر شود، باید در وزن‌ها تجدیدنظر کرد (قدسی‌پور، ۱۳۸۴).

برای محاسبه وزن نهایی در روش AHP از روش‌های مختلف ترکیب وزنی استفاده می‌شود. روش ترکیب وزنی ساده[3] از جمله روش‌هایی است که غالباً مورد استفاده قرار می‌گیرد و ویژگی‌ها با رابطه (۳) با یکدیگر ترکیب می‌شوند:

رابطه (۳)

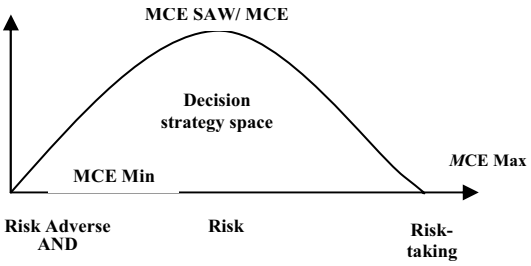
$$A_i = \sum_j w_j x_{ij} \qquad j = 1,2,...,n$$

(Malczewki, 1999)

گفتنی است که در روش ترکیب وزنی ساده دو فرض Linearity و Additivity مدنظر قرار می‌گیرند که اولی اشاره به این دارد که ارتباط بین مقادیر، ویژگی‌ای خطی است؛ یا به‌عبارتی، اضافه شدن یک مقدار به عدد ۵ و ۵۰ یکسان است؛ در حالی که دومی اشاره به استقلال بین لایه‌ها دارد، که اغلب این شرط صادق نیست. عیب دیگر این روش آن است که مبنای نظری قوی و مستحکمی ندارد (Malczewki, 1999). شکل ۳

1. Consistency Ratio
2. Consistency Index
3. Simple additive weighting

به گونه‌ای مناسب حالت‌های مختلف روش وزن‌دهی ساده را نشان می‌دهد.



شکل ۳. حالت‌های مختلف روش وزن‌دهی ساده
منبع: راهنمای نرم‌افزار IDRISI, version 15.00

۲-۳-۳- روش OWA

به‌خاطر محدودیت‌ها و انعطاف‌پذیری ناچیزی که روش وزن‌دهی ساده دارد، روش‌های ترکیب وزنی دیگری ارائه گردید که معروف‌ترین آنها OWA[1] است. این روش که اولین بار یاگر (۱۹۸۸) آن را ارائه کرد، تلفیق جمع وزنی با اولویت‌بندی معیارهای ارزیابی است و علاوه بر وزن معیارها، اولویت‌بندی آنها را نیز در نظر می‌گیرد. اولویت‌بندی وزن‌ها امکان کنترل مستقیم معیارها را فراهم می‌سازد. ویژگی اساسی این روش در مرحله بازمرتب‌سازی آن است. ضرایب وزن‌ها مستقیماً به معیارها اعمال نمی‌شود، بلکه به موقعیت اولویت‌بندی شده مقادیر معیارها برای گزینه مورد نظر الصاق می‌گردد، با این توضیح که وزن معیار ارزیابی با اولویت اول به مقداری اختصاص می‌یابد که بیشترین ارزش و مقدار را در بین آن معیارها داشته باشد. اگر فرض شود که گزینه‌ای برمبنای ۴ معیار ارزیابی می‌شود و مقادیر معیارها برای گزینه iام $X_{ij} = (۰/۷ , ۱ , ۰/۲ , ۰/۶)$ وزن معیارها $w = (۰/۴,۰/۳,۰/۲,۰/۱)$ باشد، آن‌گاه مقدار نهایی گزینه iام برابر است با :

$$F(x_{ij}) = ۰/۴\times۱ + ۰/۳\times۰/۷ + ۰/۲\times۰/۶ + ۰/۱\times۰/۲ = ۰/۷۵$$

(Malczewki, 1999).

عملگر OWA فضای n بعدی را به یک‌بعدی تصویر می‌کند (Liu and Han, 2008). به‌منظور انجام عملیات ادغام کردن مجموعه‌های فازی سه نوع عملیات پایه (یا توابع ادغام) بر پایه مدل Bellman-Zadeh وجود دارد که عبارت‌اند از: عملگرهای اشتراک مجموعه‌های فازی، عملگرهای اجتماع مجموعه‌های فازی، عملگرهای میانگین (Yager, 1988).

علمگر OWA شامل min و max فازی هستند، که عملگر max مطابق با OR منطقی است و عملگر min مطابق با AND منطقی (Malczewki, 1999).

۴- نتایج و بحث

در روش Fuzzy Screening مطابق رابطه (۱) از بین نتایج به‌دست آمده مینیمم آنها انتخاب گردید و حد آستانه ۵ برای نتایج به دست آمده در نظر گرفته شد، که در جدول ۳ برای نتایج حاصل از روش Fuzzy Screening سه نمونه از روستاها نشان داده شده است؛ و جدول ۴ نیز وزن معیارها را در روش Fuzzy Screening نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳ دو روستای خلیفان و قالوی زندان که وزن بیشتری از لحاظ معیارهای مورد استفاده داشتند، با امتیاز ۵ به‌عنوان گزینه‌های برتر انتخاب شدند.

در اجرای الگوریتم AHP، وزن معیارهای پنج‌گانه (جمعیت کلی، جمعیت باسواد، مرکزیت روستا، جمعیت جوان روستا و فاصله روستاها از مرکز شهرستان) از طریق ماتریس مقایسه زوجی (جدول ۱) به‌دست آمد، که نتیجه این روش برای محاسبه وزن معیارها در جدول ۵ آمده است. با توجه به این جدول، معیار جمعیت کل دارای بیشترین اهمیت به مقدار ۰/۳۹۲۲ و معیار فاصله از شهر دارای کمترین اهمیت به مقدار ۰/۰۲۷۴، نسبت به سایر معیارهای مورد استفاده است. شاخص ناسازگاری (CR) نیز ۰/۰۳ بوده است، که پذیرفتنی است.

1. Ordered Weighted Average

جدول ۳. نتیجه روش Fuzzy screening

روستاها	وزن جمعیت ۸۵	Neg وزن جمعیت	وزن مرکزیت روستا	Neg وزن مرکزیت روستا	وزن جمعیت باسواد	Neg وزن جمعیت باسواد	وزن جمعیت جوان	Neg وزن جمعیت جوان	وزن فاصله از شهر	Neg وزن فاصله از شهر	نتیجه نهایی
خلیفان	۵	۱	۷	۳	۷	۴	۷	۵	۷	۳	۵
قالوی زندان	۵	۱	۷	۳	۷	۴	۷	۵	۳	۳	۵
کانی‌سو	۷	۱	۳	۳	۷	۴	۷	۵	۵	۳	۳

جدول ۴. وزن معیارها در روش Fuzzy Screening

معیارها	معیار جمعیت ۸۵	معیار مرکزیت روستا	معیار جمعیت باسواد	معیار جمعیت جوان	معیار فاصله از شهر
وزن معیارها	۷	۵	۴	۳	۲
Neg وزن معیارها	۱	۳	۴	۵	۶

جدول ۵. مقایسه زوجی معیارها

Preference Matrix	جمعیت	مرکزیت روستا	جمعیت باسواد	جمعیت جوان	فاصله از شهر	وزن معیارها
جمعیت	۱	۲	۲	۴	۹	۰/۳۹۲۲
مرکزیت روستا	۰/۵	۱	۲	۳	۹	۰/۲۷۸۴
جمعیت باسواد	۰/۵	۰/۵	۱	۲	۸	۰/۱۸۷۷
جمعیت جوان	۰/۲۵	۰/۳۳۳۳	۰/۵	۱	۷	۰/۱۱۴۳
فاصله از شهر	۰/۱۱۱۱	۰/۱۱۱۱	۰/۱۲۵	۰/۱۴۲۹	۱	۰/۰۲۷۴

سپس وزن نهایی هر روستا محاسبه گردیده، که نتیجه نهایی روش AHP در جدول ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل از جدول نشان می‌دهد که روستای خلیفان با امتیاز ۸/۲ در رتبه اول، روستای قالوی زندان با امتیاز ۸/۱ در رتبه دوم، روستای بیرم با امتیاز ۱/۵ در رتبه آخر قرار دارد.

«الگوریتم OWA با دو دسته از وزن‌ها سروکار دارد: وزن معیارها و اولویت وزن‌ها. با تغییر اولویت وزن‌ها می‌توان تعداد زیادی از استراتژی‌های تصمیم‌گیری ایجاد کرد» (Boroushaki et al., 2008). در الگوریتم ترکیبی نتایج حاصل از روش AHP با پنج دسته وزن اولویت‌ها ترکیب شدند، شامل ANDnes، ORness، Tradeoff، وزن‌های روش AHP و عکس وزن‌های روش AHP، که در جدول ۷ آورده شده‌اند. نتایج حاصل از سناریوهای مختلف الگوریتمی ترکیبی AHP_OWA نیز در جدول ۸ نشان داده شده‌اند؛ که با توجه به جدول در سناریو عکس وزن‌های روش AHP روستای خلیفان با امتیاز ۸/۴ در رتبه اول و روستای بیرم با امتیاز ۱/۵ در رتبه آخر نسبت به سایر روستاها قرار دارد. در ترکیب براساس سناریوی Trade-off روستای

خلیفان با امتیاز ۸/۲ رتبه اول و روستای بیرم با امتیاز ۱/۵ در رتبه آخر قرار دارد. در ترکیب براساس دو سناریوی min و max یک نوع گروه‌بندی در روستاها مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که به عنوان مثال روستاهای خلیفان، قالوی زندان،کانی‌سو، ماژگه، اوزنتاش، شاره‌زور و کیتکه در یک گروه قرار دارند.

جدول ۶. نتیجه مقایسه روستاها با روش AHP

ردیف	روستاهای مورد مطالعه	نتایج حاصل از روش *AHP*
۱	خلیفان	۸/۲
۲	قالوی زندان	۸/۱
۳	کانی‌سو	۷/۸
۴	قوزلو	۷
۵	ماژگه	۶/۷
۶	اوزنتاش	۵/۹
۷	سوناس	۵/۹
۸	کاولان	۵/۳
۹	گلنان	۴/۸
۱۰	کوران	۴/۸
۱۱	شاره‌زور	۳/۴
۱۲	کیتکه	۳/۳
۱۳	کانی‌رش	۲/۹
۱۴	بره‌جو	۱/۷
۱۵	بیرم	۱/۵

جدول ۷. وزن اولویت‌ها (Ordered Weights)

اولویت وزن‌ها بر اساس *min*	اولویت وزن‌ها براساس *max*	اولویت وزن‌ها براساس *Tradeoff*	اولویت وزن‌ها براساس عکس وزن‌های *AHP*	اولویت وزن‌ها براساس وزن‌های *AHP*	مرتبه اولویت
۰	۱	۰/۲	۰/۰۲۷۴	۰/۳۹۲۲	اولویت اول
۰	۰	۰/۲	۰/۱۱۴۳	۰/۲۷۸۴	اولویت دوم
۰	۰	۰/۲	۰/۱۸۷۷	۰/۱۸۷۷	اولویت سوم
۰	۰	۰/۲	۰/۲۷۸۴	۰/۱۱۴۳	اولویت چهارم
۱	۰	۰/۲	۰/۳۹۲۲	۰/۰۲۷۴	اولویت پنجم

جدول ۸. اولویت‌بندی روستاها براساس سناریوهای مختلف الگوریتم AHP-OWA

ردیف	نام روستا	اولویت وزن‌ها براساس وزن‌های AHP	اولویت وزن‌ها براساس عکس وزن‌های AHP	اولویت وزن‌ها براساس Tradeoff	اولویت وزن‌ها براساس max	اولویت وزن‌ها براساس min
۱	خلیفان	۸/۱	۸/۴	۸/۲	۹	۷
۲	قالوی زندان	۸	۸/۱	۸/۱	۹	۵
۳	کانی سو	۷/۹	۷/۶	۷/۸	۹	۵
۴	قوزلو	۷	۷	۷	۷	۷
۵	ماژگه	۷/۲	۵/۹	۶/۷	۹	۱
۶	اوزنتاش	۶/۱	۵/۵	۵/۹	۹	۳
۷	سوناس	۵/۹	۵/۷	۵/۹	۹	۱
۸	کاولان	۵/۳	۵/۳	۵/۳	۷	۳
۹	گلنان	۴/۹	۴/۷	۴/۸	۷	۳
۱۰	کوران	۴/۸	۴/۶	۴/۸	۵	۳
۱۱	شاره زور	۴	۲/۹	۳/۴	۹	۱
۱۲	کیتکه	۴/۱	۲/۸	۳/۳	۹	۱
۱۳	کانی رش	۲/۹	۲/۸	۲/۹	۳	۱
۱۴	بره جو	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۵	۱
۱۵	بیرم	۱/۶	۱/۵	۱/۵	۵	۱

از جمله مزیت‌های الگوریتم Fuzzy Screening، امکان استفاده از متغیرهای کیفی در قالب عبارت‌های زبانی است و می‌تواند دیدگاه‌های کیفی را بدین وسیله اعمال کند؛ اما از آنجا که برخلاف روش AHP گزینه‌ها با یکدیگر مقایسه نمی‌شوند، لذا جامعیت لازم را ندارند. با توجه به نتایج حاصل از این روش، به‌نظر می‌رسد که این روش بیشتر در دسته‌بندی گزینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و نه رتبه‌بندی، به‌طوری‌که روستاها به چهار دسته تقسیم شده‌اند. الگوریتم AHP یکی از روش‌های جامع تصمیم‌گیری است. به‌طوری‌که علاوه بر اینکه امکان مدل کردن متغیرهای زبانی را فراهم می‌سازد، برخلاف روش Fuzzy screening، در فرایندی سلسله‌مراتبی به مقایسه گزینه‌ها و ویژگی‌ها می‌پردازد و رتبه نهایی گزینه‌ها را تعیین می‌کند. با مقایسه نتایج حاصل از دو روش مذکور ملاحظه می‌شود که رتبه نهایی گزینه‌ها در روش AHP دارای انعطاف‌پذیری بالاتری است و امکان قضاوت درباره تمام گزینه‌ها وجود دارد. در روش AHP وزن و اهمیت ویژگی‌ها استخراج می‌شود و در نهایت در میانگین وزنی، رتبه نهایی گزینه‌ها تعیین می‌گردد. از جمله مزیت‌های سیستم‌های تصمیم‌گیری کارآمد، امکان ایجاد سناریوهای مختلف براساس اولویت‌های مختلف تصمیم‌گیران است. روش OWA به‌عنوان عملگر ترکیبی در مسائل چندمعیاره، با دو دسته از وزن‌ها سروکار دارد که عبارت‌اند از وزن ویژگی‌ها و ترتیب و ارجحیت وزن‌ها. با تغییر اولویت وزن‌ها می‌توان سناریوهای متعددی از تصمیم‌گیری ایجاد کرد که مزیت منحصر به‌فرد عملگر ترکیبی OWA است. در این تحقیق ترکیبی AHP و OWA منجر به افزایش انعطاف‌پذیری روش AHP شد و با تغییر وزن‌ها، سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری ایجاد گردید (جداول ۷ و ۸). با نگاهی به جدول ۷ دیده می‌شود که متناسب با تغییر وزن‌ها، گزینه‌ها دارای رتبه‌های مختلفی شده‌اند و نتایج حاصل از عملگرهای Min و Max منجر

به پیامد کاملاً متفاوتی از بقیه عملگرها شده است. این عملگرها روستاها را در هر دو حالت در چهار گروه دسته‌بندی کرده‌اند، با این تفاوت که عملگر Max با امتیازات بالا و عملگر Min با امتیازات پایین گزینه‌ها را گروه‌بندی کرده‌اند.

به‌منظور ارزیابی میزان پایداری الگوریتم تصمیم‌گیری و بررسی وزن‌های اختصاص‌یافته، تحلیل حساسیت بر روی روش AHP صورت گرفت. «اساساً دو رویکرد برای برآورد عدم قطعیت در تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره وجود دارد که عبارت‌اند از روش‌های مستقیم و غیرمستقیم. روش‌های مستقیم به ارزیابی عدم قطعیت در قواعد تصمیم‌گیری، به‌طور مستقیم اشاره دارد، در حالی‌که تحلیل حساسیت روش جایگزینی برای برآورد غیرمستقیم عدم قطعیت در روند تصمیم‌گیری است و با این مسئله سروکار دارد که خطا در مجموعه ورودی‌ها بر روی خطا در خروجی نهایی تأثیر می‌گذارد» (Malczewki, 1999). در ارزیابی میزان تأثیر خطای ورودی بر روی نتایج خروجی از دو روش انتشار خطا و تحلیل حساسیت استفاده می‌شود. تفاوت میان انتشار خطا و تحلیل حساسیت در این است که روش انتشار خطا نیازمند دانش اولیه از خطای مرتبط با داده‌های ورودی است، در حالی‌که روش تحلیل حساسیت روی نوسانات یا تغییرات روی ورودی‌ها متمرکز است. در این مقاله از روش تحلیل حساسیت و با تغییر وزن ویژگی‌ها به‌منظور ارزیابی میزان پایداری مدل استفاده گردید.

برای انجام تحلیل حساسیت به‌عنوان نمونه ۴ تغییر وزن بررسی شد، که تغییر وزن‌ها و نتایج حاصل از این تغییرات در جداول ۹ و ۱۰ آورده شده‌اند. با توجه به جدول ۹، وزن ویژگی‌ها دو به دو، به مقدار ۰/۰۵ تغییر داده شده‌اند و نتایج این تغییرات در جدول ۱۰ دیده می‌شود که با توجه به جدول در همه حالات تغییرات ناشی از وزن‌ها، روستاهای خلیفان و قالوی زندان با امتیازات ۸ و بیشتر از ۸ در رتبه‌های اول و دوم جای می‌گیرند و روستای بیرم با امتیاز ۱/۷ و کمتر از ۱/۷ به‌عنوان گزینه آخر مدنظر است. در کل با تغییر وزن‌ها اکثر روستاها نوسانات اندکی در رتبه نهایی داشتند و فقط سه روستا دارای نوسانات نسبتاً بالایی بودند، که این حاکی از پایداری بالای سیستم است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت و تغییرات نهایی رتبه روستاها در شکل ۴ نشان داده شده است که شکل حاکی از پایداری سیستم نیز هست.

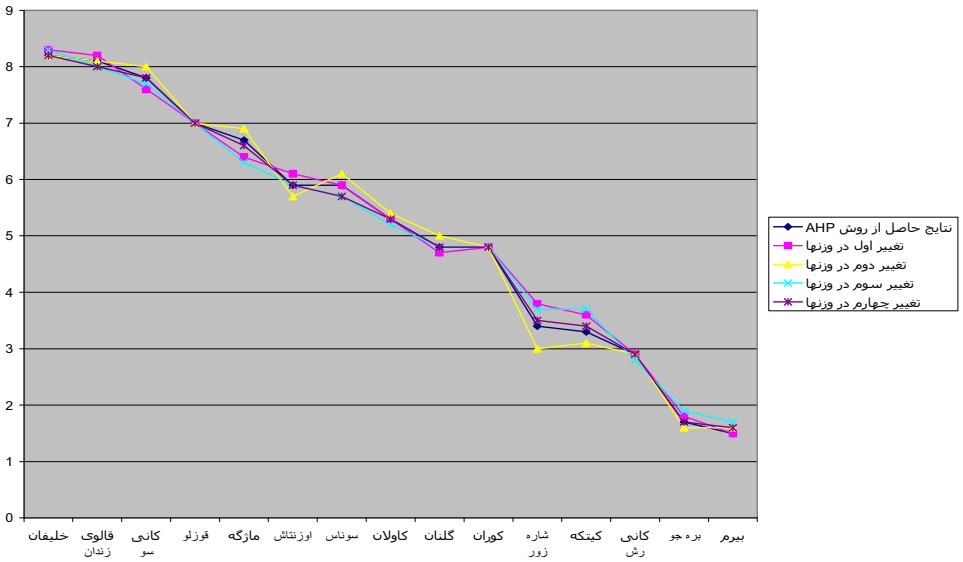
با نگاهی به نتایج جدول‌های حاصل از سه‌روش به‌کار گرفته شده در تحقیق و شکل ۳، مشاهده می‌شود که سه روستای خلیفان و قالوی زندان و کانی‌سو دارای جمعیت بیشتر و از لحاظ مرکزیت در قیاس با سایر روستاها، دارای موقعیت بهتری بوده‌اند و در کل با توجه به معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شرایط بهتری داشتند و به علاوه، دارای رتبه بالاتر و تغییر وزن کمتری در تحلیل حساسیت بوده‌اند، که بنابراین به‌عنوان گزینه‌های انتخابی معرفی می‌شوند.

جدول ۹. چهار نمونه از تغییر وزن ویژگی‌ها به‌منظور تحلیل حساسیت در روش AHP

معیارها	وزن معیارها	مرحله اول تغییر وزن ویژگی‌ها	مرحله دوم تغییر وزن ویژگی‌ها	مرحله سوم تغییر وزن ویژگی‌ها	مرحله چهارم تغییر وزن ویژگی‌ها
جمعیت	w1=0.3922	w1-0.05	w1	w1-0.05	w1
مرکزیت روستا	w2=0.2784	w2+0.05	w2-0.05	w2	w2
جمعیت باسواد	w3=0.1877	w3	w3+0.05	w3	w3
جمعیت جوان	w4=0.1143	w4	w4	w4	w4-0.05
فاصله از شهر	w5=0.0274	w5	w5	w5+0.05	w5+0.05

جدول ۱۰. نتایج تحلیل حساسیت حاصل از روش AHP

ردیف	روستاهای مورد مطالعه	نتایج حاصل از روش AHP	نتایج حاصل از مرحله اول تغییر وزن ویژگی‌ها	نتایج حاصل از مرحله دوم تغییر وزن ویژگی‌ها	نتایج حاصل از مرحله سوم تغییر وزن ویژگی‌ها	نتایج حاصل از مرحله چهارم تغییر وزن ویژگی‌ها	انحراف معیار تغییر نمره نهایی روستاها وابسته به تغییر وزن‌ها
۱	خلیفان	۸/۲	۸/۳	۸/۲	۸/۳	۸/۲	۰/۰۵
۲	قالوی زندان	۸/۱	۸/۲	۸/۱	۸	۸	۰/۰۸
۳	کانی سو	۷/۸	۷/۶	۸	۷/۷	۷/۸	۰/۱۵
۴	قوزلو	۷	۷	۷	۷	۷	۰
۵	ماژگه	۶/۷	۶/۴	۶/۹	۶/۳	۶/۶	۰/۲۴
۶	اوزنتاش	۵/۹	۶/۱	۵/۷	۵/۹	۵/۹	۰/۱۴
۷	سوناس	۵/۹	۵/۹	۶/۱	۵/۷	۵/۷	۰/۱۷
۸	کاولان	۵/۳	۵/۳	۵/۴	۵/۲	۵/۳	۰/۰۷
۹	گلنان	۴/۸	۴/۷	۵	۴/۸	۴/۸	۰/۱۱
۱۰	کوران	۴/۸	۴/۸	۴/۸	۴/۸	۴/۸	۰
۱۱	شاره زور	۳/۴	۳/۸	۳	۳/۷	۳/۵	۰/۳۱
۱۲	کیتکه	۳/۳	۳/۶	۳/۱	۳/۷	۳/۴	۰/۲۴
۱۳	کانی رش	۲/۹	۲/۹	۲/۹	۲/۸	۲/۹	۰/۰۴
۱۴	بره جو	۱/۷	۱/۸	۱/۶	۱/۹	۱/۷	۰/۱۱
۱۵	بیرم	۱/۵	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۶	۰/۰۸



شکل ۴. تغییرات رتبه نهایی روستاها وابسته به تغییرات وزن‌ها

۴- نتیجه‌گیری

در تحقیقات انجام شده قبلی الگوریتم AHP به تنهایی برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش یا مکان‌یابی مورد استفاده قرار گرفته است (Wu and Chen, 2009, Wu et al., 2007)، و الگوریتم OWA نیز برای تعیین مناطق اولویت‌دار به عنوان منطقه جنگلی، بدون ترکیب با دیگر مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (Valent and Vettorazzi, 2008). این مدل‌ها ضمن اینکه ویژگی‌ها و مزیت‌های خاص خود را دارند، با توجه به اهداف استفاده از آنها، نتایجی را هم ارائه می‌دهند. اما دو الگوریتم AHP و OWA در ترکیب با همدیگر ضمن ارائه نتایج بهتر، سبب می‌شوند که انعطاف‌پذیری الگوریتم AHP بیشتر شود و سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری ایجاد گردد. در این تحقیق، ضمن اینکه دو مدل AHP و OWA با هم ترکیب شده‌اند، ارزیابی میان مدل‌های مورد استفاده صورت گرفته است و تحلیل حساسیت نیز انجام شده است، که نتایج بیان شده در ادامه حاصل این تحقیق است.

الگوریتم Fuzzy Screening، بیشتر در دسته‌بندی گزینه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد تا رتبه‌بندی؛ به‌طوری‌که در این تحقیق روستاها را به چهار دسته تقسیم کرده است و با توجه به اینکه برخلاف روش AHP گزینه‌ها با یکدیگر مقایسه نمی‌شوند، لذا جامعیت لازم را ندارد. الگوریتم AHP در فرایندی سلسله‌مراتبی به مقایسه گزینه‌ها و ویژگی‌ها می‌پردازد و رتبه نهایی گزینه‌ها را تعیین می‌کند. با مقایسه نتایج حاصل از دو روش AHP و Fuzzy Screening ملاحظه می‌شود که رتبه نهایی گزینه‌ها در روش AHP دارای انعطاف‌پذیری بالاتری است و امکان قضاوت درباره تمام گزینه‌ها وجود دارد.

روش OWA به‌عنوان عملگر ترکیبی در مسائل چندمعیاره، با دو دسته از وزن‌ها سروکار دارد که عبارت‌اند از وزن ویژگی‌ها و ترتیب ارجحیت وزن‌ها. با تغییر اولویت وزن‌ها می‌توان سناریوهای متعددی از تصمیم‌گیری ایجاد کرد، که مزیت منحصر به‌فرد عملگر ترکیبی OWA است. ترکیب روش AHP و OWA منجر به افزایش انعطاف‌پذیری روش AHP می‌گردد و با تغییر وزن‌ها، سناریوهای مختلف تصمیم‌گیری ایجاد می‌شود.

در نهایت، نتایج حاصل از تحلیل حساسیت و تغییرات نهایی رتبه روستاها نشان‌دهنده پایداری سیستم است و سه روستای خلیفان، قالوی زندان و کانی‌سو، که با توجه به معیارهای مورد استفاده در این تحقیق شرایط بهتری داشتند و دارای رتبه بالاتر و تغییر وزن کمتری در تحلیل حساسیت بودند، به عنوان گزینه‌های انتخابی معرفی شدند.

۵- منابع

Ballman, R.E., and Zadeh, A.L., 1970, **Decision-Making in a Fuzzy Environment**, Management Science 17(4), 141-164.

Boroushaki, S., Malczewski, J., 2008, **Implementing an Extension of the Analytical Hierarchy Process using Ordered Weighted Averaging Operators with Fuzzy Quantifiers in ArcGIS**, Computers & Geosciences 34, 399–410.

Contrerasa, F., Hanaki, K., Aramaki, T., Connors, S., 2008, **Application of Analytical Hierarchy Process to Analyze Stakeholders Preferences for Municipal Solid Waste Management Plans**, Boston, USA, Resources, Conservation and Recycling, 52, 979–991.

Chang, N.B., Parvathinathan, G., Breeden, J., 2008, **Combining GIS with Fuzzy Multicriteria Decision-making for Landfill Siting in a Fast-growing Urban Region**, Journal of Environmental Management, 87,139–153.

Ghodsipor, S.H., 2005, **Analytical Hierarchy Process.**

Haidarzadeh, N., 2001, **Municipal Solid Waste Disposal Sitting using Geographic Information System for Tehran**, Master of science Thesis, Tarbiat Modares university.

Hsu. PF, Wu. CR, Li. ZR, 2008, **Optimizing Resource-based Allocation for Senior Citizen Housing to Ensure a Competitive Advantage using the Analytic hierarchy Process**, Building and Environment, 43, 90–97.

Komac, M, 2006, **A landslide Susceptibility Model using the Analytical Hierarchy Process Method and Multivariate Statistics in Perialpine Slovenia**, Geomorphology, 74, 17–28.

Liu, X., Han, S., 2008, **Orness and Parameterized RIM Quantifier Aggregation with OWA Operators: A Summary**, International Journal of Approximate Reasoning, 48, 77–97.

Malczewki, J., 1999, **GIS and Multi Criteria Decision Analysis**, John Wily & Sons Inc.

Sharifi, M.A., Vanwesten, C.J., 1997, **Site Selection for Waste Disposal Through Spatial Multiple Criteria Decision Making**, ITC.

Valente, R, Vettorazzi, C, 2008, **Definition of Priority Areas for Forest Conservation Through the Ordered Weighted Averaging Method**, Forest Ecology and Management, 256,1408–1417.

Vastava, and Nathwat, 2003, **Selection of Potential Waste Disposal Sites around Ranchi Urban Complex Using Remote Sensing and GIS Techniques**, urban planning, map Asia conference.

Yager, R.R. 1988, **On Ordered Weighted Averaging Aggregation Operators in Multi-criteria Decision Making**, IEEE Transaction on Systems, Man and Cyberentics 18(1).

Wong. W.K, Zeng X.H, Au. W.M, Mok. P.Y, Leung. S.Y, 2009, **A Fashion Mix-and-Match Expert System for Fashion Retailers using Fuzzy Screening Approach**, Expert Systems with Applications 36, 1750–1764.

Wu. CR, Lin. CT, Chen. HC, 2007, **Optimal Selection of Location for Taiwanese Hospitals to Ensure a Competitive Advantage by using the Analytic Hierarchy Process and Sensitivity Analysis**, Building and Environment 42,1431–1444.

Wu. CH, Chen. SC, 2009, Determining Landslide Susceptibility in Central Taiwan from Rainfall and Six Site Factors using the Analytical Hierarchy Process Method, Geomorphology, xxx–xxx.