

## ارزیابی تناسب اراضی منطقه هوراند با استفاده از روش نقطه ایده آل برای جو آبی

مسلم ثروتی<sup>۱\*</sup>، مجیدپیشماز احمدی<sup>۲</sup>، حمیدرضا ممتاز<sup>۳</sup> و مصطفی حسنلو<sup>۴</sup>

- ۱- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
- ۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
- ۴- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخچه مقاله	چکیده
دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۰۶ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۳/۲۴	یکی از بهترین سیاست‌های کشاورزی، ارزیابی تناسب زمین‌های قابل کشت و پتانسیل تولید آن‌ها به منظور پشتیبانی و حمایت از کاربری‌های فعلی و آتی است؛ بنابراین مدل‌سازی پتانسیل تولید از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در این تحقیق از نقطه ایده آل برای مدل‌سازی تولید جو آبی در بخشی از اراضی شهرستان هوراند استفاده شد. برای این منظور تعدادی از ویژگی‌های خاک و زمین‌نما با بررسی منابع انتخاب و میزان وزن آن‌ها در تولید جو آبی توسط کارشناسان محلی معین گردید. به منظور استنتاج تناسب اراضی برای جو بر اساس نقشه برداری نقطه ایده آل، لایه‌های نقشه وزن دار شد و به عنوان داده‌های ورودی به کار گرفته گردید و نهایتاً نقشه تناسب اراضی جو به صورت مقیاس پیوسته متغیر از صفر (نامناسب) تا یک (کاملاً مناسب) تهیه شد. برای مقایسه نتایج حاصل از کاربرد روش نقطه ایده آل از عملگر ترکیب استفاده شد. نتایج نشان داد که ۴۸/۸۶ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای درجه تناسب بین ۰/۵ تا ۰/۶ می‌باشد، بنابراین در منطقه مورد مطالعه مکان‌های مناسب زیادی برای تولید جو یافت شد. تطابق نقشه کلاس‌های تناسب اراضی حاصل از نقطه ایده آل با نقشه تولید واقعی بیش از ۹۰٪ است؛ همچنین ضریب تبیین محاسبه شده از رابطه بین شاخص اراضی محاسبه شده با روش ایده آل ۰/۸۸ بوده که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است؛ بنابراین نقطه ایده آل نتایج نسبتاً دقیقی را حاصل می‌کند؛ زیرا اثرات ویژگی‌هایی را که ارزش نزدیک به حداقل و حداکثر از نقطه ایده آل را دارند را به حساب می‌آورد.
<b>کلمات کلیدی:</b> <b>عملگر ترکیب،</b> <b>کارشناسان محلی،</b> <b>مدل‌سازی،</b> <b>مقیاس پیوسته،</b> <b>نقشه تناسب</b>	
*عهده‌دار مکاتبات Email: sarvati@urmia.ac.ir	

تخریب اراضی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌باشد. یکی از بهترین سیاست‌های کشاورزی، ارزیابی و تناسب زمین‌های زراعی و پتانسیل تولید آن‌ها به جهت

### مقدمه

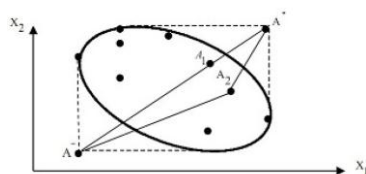
چالشی که در دهه‌های آتی وجود خواهد داشت تامین غذای جمعیت در حال رشد و جلوگیری از فقر و

این عمل بر اساس فاصله آن‌ها از نقطه ایده‌آل از رابطه (۱) قابل محاسبه است.

$$S_{i+} = \left[ \sum_i w_i^p (x_{ij} - x_{+i})^p \right]^{\frac{1}{p}} \quad (1)$$

در این رابطه  $S_{i+}$  میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل مثبت،  $w_i$  وزنی است که برای ویژگی با روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یا آنتروپی شانون محاسبه می‌گردد؛  $x_{ij}$  ارزش نرمال شده هر ویژگی انتخاب شده،  $x_{+i}$  ارزش ایده‌آل برای معیار  $p$  ضریب توان می‌باشد که از یک تا بی‌نهایت متغیر است. طبق نظر مالکس زوسکی<sup>۹</sup> (۱۵) مقادیر بالای  $p$  انعکاس دهنده حداقل شدن تفکیک از نقطه ایده‌آل می‌باشد. اگر ضریب توان یک باشد، فاصله مستطیلی تخمین زده می‌شود. برای  $P$  برابر با ۲ فاصله خط - مستقیم به - دست می‌آید. اگر  $P = \infty$  باشد، حداقل تفکیک جستجو می‌شود. فضای هدف بین دو ویژگی به عنوان نمونه در شکل ۱ نشان داده شده است. در اینجا  $A_+$  و  $A_-$  به ترتیب راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی هستند؛ مثلاً ویژگی  $A_1$  نسبت به ویژگی  $A_2$  فاصله کم‌تری از راه‌حل ایده‌آل مثبت و فاصله بیش‌تری از راه‌حل ایده‌آل منفی دارد. شایان ذکر است که هر دو شاخص دارای جنبه مثبت هستند.

روش نقطه ایده‌آل برای مرتب کردن مجموعه ویژگی‌های محتمل موثر در یک فرآیند به کار برده می‌شود. به عبارت دیگر این روش، روشی است که می‌تواند علاوه بر شناسایی نقطه ایده‌آل منفی، تفکیک ویژگی از آن نقطه را نیز محاسبه نماید. روش نقطه ایده‌آل



شکل (۱) فضای هدف بین دو ویژگی  $A_1$  و  $A_2$  در روش نقطه ایده‌آل

Figure (1) Goal extension between two  $A_1$  and  $A_2$  properties in ideal point methods

پشتیبانی و حمایت از کاربری‌های فعلی و آتی است (۳). ارزیابی اراضی توسط FAO یعنی معمول‌ترین رویکرد برای ارزیابی تناسب اراضی می‌باشد که مبتنی بر ویژگی‌های بیوفیزیکی و اقتصادی-اجتماعی منطقه است. روش‌های مورد استفاده فائو ارزیابی‌کننده تناسب زمین برای استفاده‌های ویژه اراضی به‌جای استفاده‌های عمومی از آن (استفاده از اراضی بسته به قابلیت آن‌ها) می‌باشد (۷ و ۲۵). این روش توسط محققان زیادی در دنیا مورد استفاده قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات یاسمینا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۹)، خردبین و لندی (۱۴)، اشرف و همکاران<sup>۲</sup> (۱۱) هالدر<sup>۳</sup> (۱۱) و آیالو و سلاسی<sup>۴</sup> (۲) اشاره نمود. فائو برای ارزیابی تناسب اراضی از ۸ ویژگی برای تناسب اراضی استفاده می‌کند و وزن همه ویژگی‌ها را در تناسب اراضی بجز محدودکننده‌ترین ویژگی یکسان را در نظر می‌گیرد و نظرات کارشناسان کشاورزی را در تناسب اراضی وارد نمی‌کند (۲۲). روش‌های مختلفی برای غلبه بر مشکلات مرتبط با ابهام در تعریف و سایر بی‌اطمینانی‌ها پیشنهاد شده است که از آن جمله می‌توان به روش‌های نظریه مجموعه‌های فازی (۲۷)، میکرولیز (۶)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۵</sup> (۵) و روش‌های تلفیقی آن‌ها (۱۳) اشاره کرد. روش نقطه ایده‌آل<sup>۶</sup> نیز می‌تواند در ارزیابی تناسب اراضی مفید باشد. نقطه ایده‌آل یک روش تصمیم‌سازی قوی برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از طریق شبیه نمودن یافته‌ها به جواب ایده‌آل است. در این روش، گزینه انتخاب شده بایستی کوتاه‌ترین فاصله را از نقطه ایده‌آل مثبت<sup>۷</sup> و دورترین فاصله را از نقطه ایده‌آل منفی<sup>۸</sup> داشته باشد. این روش با استفاده از معیارهای متریک تفکیک، بهترین ویژگی‌ها را از گستره ویژگی‌ها استنتاج می‌کند (۱۹).

1- Yasmina et al

2- Ashraf et al

3- Halder

4- Ayalew1 and Selassie

5- Analytical Hierarchy Process

6- Ideal Point Methods

7- Positive ideal point, PIS

8- Negative ideal point, NIS

9- Malczewski

بر این فرض استوار است که بیشتر ویژگی‌های مناسب کوتاه‌ترین فاصله را از نقطه ایده‌آل مثبت دارند و بیشترین فاصله را از نقطه مطلوب منفی دارا می‌باشند (۲۸). این روش نخستین بار توسط هوانگ و یون (۱۲) پیشنهاد شد. این روش ویژگی‌هایی را در نظر می‌گیرد که نزدیک به نقطه ایده‌آل مثبت باشند؛ زیرا مناسب‌ترین گزینه است. بر این اساس ویژگی‌ها در شیوه نقطه ایده‌آل نرمال شده و سپس وزن‌دار شده تا مناسب‌ترین ویژگی مشخص شود. امتیاز استفاده از روش نقطه ایده‌آل در تناسب اراضی این است که کامل‌کننده مجموعه وزن‌ها برای هر ویژگی‌ها است. همچنین برطرف‌کننده برخی از اشکالاتی است که ناشی از همبستگی بین ویژگی‌ها در روش‌هایی مثل AHP و آنتروپی شانون می‌باشد. ایعالم و همکاران<sup>۱</sup> (۹) با ارزیابی تناسب اراضی دشت جفارا در کشور لیبی گزارش کردند که کاربرد روش نقطه ایده‌آل در مدل‌سازی گندم آبی با موفقیت همراه بوده است و چنانچه با منطق فازی ترکیب گردد، کارایی روش افزایش می‌یابد. هدف از این تحقیق ارزیابی تناسب اراضی بخشی از شهرستان هوراند با استفاده از روش نقطه ایده‌آل برای جو آبی می‌باشد.

#### منابع داده و اطلاعات

برای این منظور تعداد ۳۶ خاکرخ در منطقه مطالعاتی حفر گردید و براساس راهنمای تشریح خاک (۲۱) تشریح شد. بر اساس کلید رده‌بندی آمریکایی ۲۰۱۴ (۲۳) خاک‌های منطقه در رده‌های Entisols, Alfisols و Inceptisols رده‌بندی شدند. براساس نظرات کارشناسان کشاورزی ویژگی‌های موجود در شکل ۳ برای ارزیابی تناسب اراضی جو آبی در منطقه مطالعاتی انتخاب شدند. این ویژگی‌ها محدود کننده تولید جو در منطقه مطالعاتی هستند. ویژگی‌های آب و هوایی از جمله رطوبت نسبی و دما به دلیل شرایط کاملاً مساعد در منطقه و بارندگی به دلیل کشت آبی (۲۴) در مدل‌سازی مورد استفاده قرار نگرفت. سرمدیان و همکاران (۲۰)، بوروق (۴) نیز به ترتیب از ۸ و ۱۱ ویژگی‌های خاک برای مدل‌سازی تناسب اراضی استفاده کردند.

براساس الگوریتم نقطه ایده‌آل برای ارزیابی تناسب اراضی، ابتدا تناسب هر ویژگی اراضی در کلاس‌های مختلف تناسب اراضی برای کشت جو آبی تعیین و یک ماتریس تناسب اولیه تشکیل گردید. در مرحله بعد این ماتریس با استفاده از روش برداری (رابطه ۲) نرمال گردید.

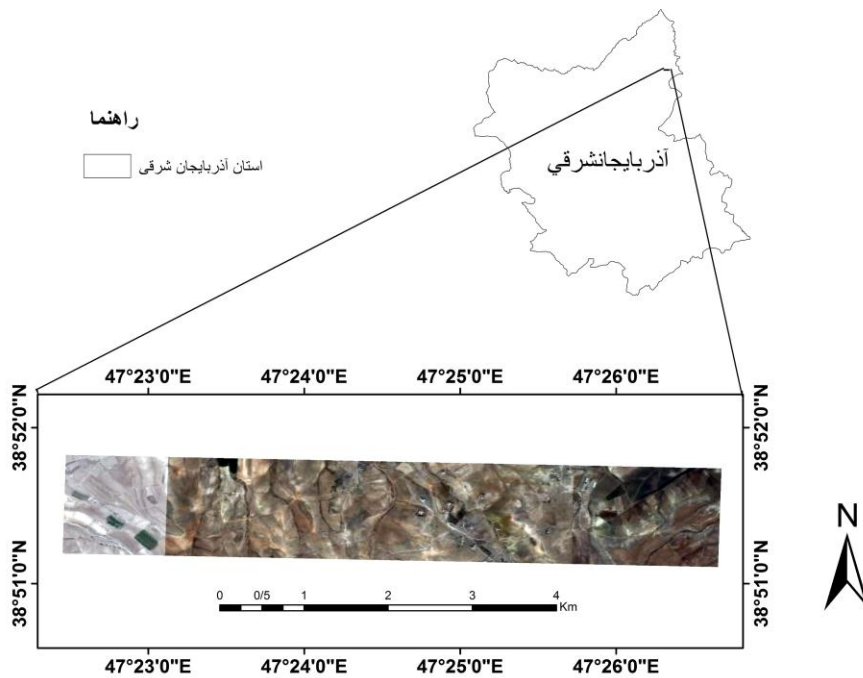
$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}} \quad (2)$$

منطقه مطالعاتی به وسعت ۷۱۲ هکتار در شمال غرب ایران در استان آذربایجان شرقی و شهرستان هوراند واقع شده است (شکل ۲). از نظر جغرافیایی این منطقه بین ۷۰۶۰۲۲ تا ۷۱۲۱۰۵ متر طول شرقی و ۴۳۰۳۱۶۷ تا ۴۳۰۴۳۳۷ متر عرض شمالی قرار دارد. لندفرم‌های موجود در منطقه مطالعاتی شامل دشت دامنه‌ای و پدیمت پوشیده می‌باشد. براساس میانگین دمای سالیانه منطقه (۱۱/۸ درجه سلسیوس) و افزودن یک درجه به آن، میانگین دمای سالیانه خاک در عمق ۵۰ سانتی‌متری

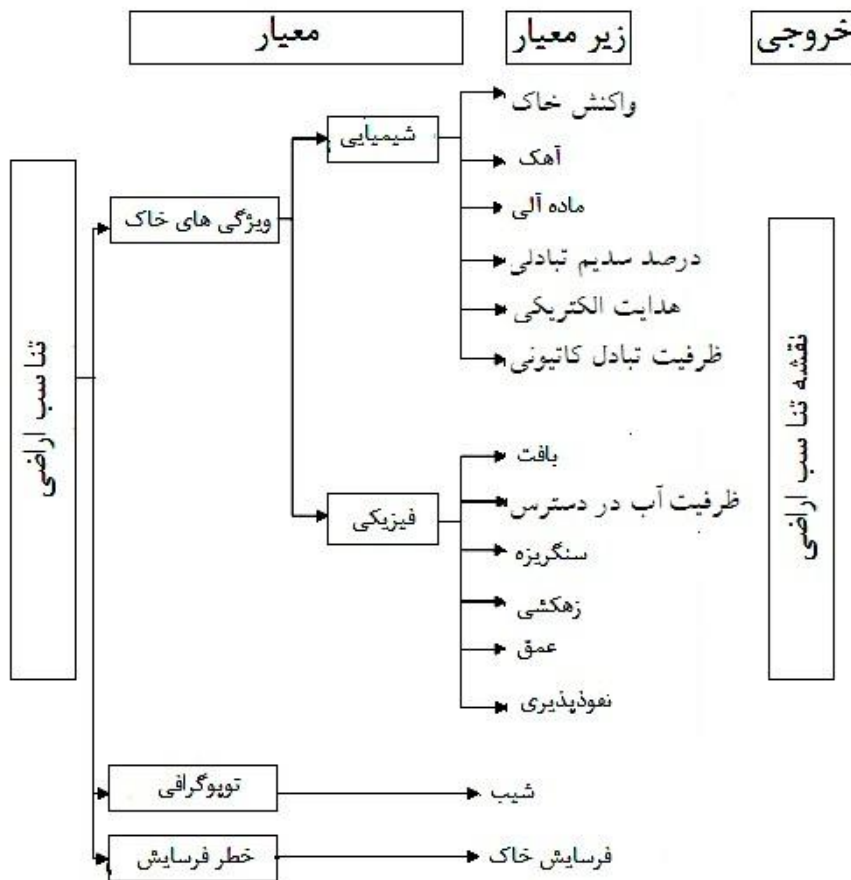
#### مواد و روش‌ها

برای این فرض استوار است که بیشتر ویژگی‌های مناسب کوتاه‌ترین فاصله را از نقطه ایده‌آل مثبت دارند و بیشترین فاصله را از نقطه مطلوب منفی دارا می‌باشند (۲۸). این روش نخستین بار توسط هوانگ و یون (۱۲) پیشنهاد شد. این روش ویژگی‌هایی را در نظر می‌گیرد که نزدیک به نقطه ایده‌آل مثبت باشند؛ زیرا مناسب‌ترین گزینه است. بر این اساس ویژگی‌ها در شیوه نقطه ایده‌آل نرمال شده و سپس وزن‌دار شده تا مناسب‌ترین ویژگی مشخص شود. امتیاز استفاده از روش نقطه ایده‌آل در تناسب اراضی این است که کامل‌کننده مجموعه وزن‌ها برای هر ویژگی‌ها است. همچنین برطرف‌کننده برخی از اشکالاتی است که ناشی از همبستگی بین ویژگی‌ها در روش‌هایی مثل AHP و آنتروپی شانون می‌باشد. ایعالم و همکاران<sup>۱</sup> (۹) با ارزیابی تناسب اراضی دشت جفارا در کشور لیبی گزارش کردند که کاربرد روش نقطه ایده‌آل در مدل‌سازی گندم آبی با موفقیت همراه بوده است و چنانچه با منطق فازی ترکیب گردد، کارایی روش افزایش می‌یابد. هدف از این تحقیق ارزیابی تناسب اراضی بخشی از شهرستان هوراند با استفاده از روش نقطه ایده‌آل برای جو آبی می‌باشد.

ثروتی و همکاران: ارزیابی تناسب اراضی منطقه هوراند...



شکل (۲) موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی  
Figure(2) Geographical position of study area



شکل (۳) سازمان دهی سلسله مراتبی ویژگی های اراضی موثر بر تولید جو آبی  
Figure(3) Hierarchical organization of the land characteristics for wheat production

در این رابطه  $Si_-$  اختلاف هر ویژگی اراضی از نقطه ایده آل منفی،  $a_{ij}$  عدد مربوط به هر ویژگی،  $a_{-j}$  نقطه ایده آل منفی می باشد.

تهیه نقشه با محاسبه نزدیکی نسبی به نقطه ایده آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل (رابطه ۵) محاسبه می شود.

$$Ci_+ = \frac{Si_-}{Si_+ + Si_-} \quad (5)$$

در این رابطه  $Si_+$  و  $Si_-$  تفکیک ویژگی از نقطه ایده آل مثبت و منفی و  $Ci_+$  نزدیکی بین نقطه ایده آل و ویژگی ها می باشد.

### محاسبه درجه بندی نهایی لایه های نقشه تناسب اراضی

به منظور استنتاج تناسب اراضی برای جو آبی بر اساس نقشه برداری نقطه ایده آل، لایه های نقشه وزن دار شد و به عنوان داده های ورودی به کار گرفته شدند و در پایان نقشه تناسب اراضی مورد مطالعه برای جو آبی به صورت مقیاس پیوسته متغیر از صفر تا یک با استفاده از تکنیک هم اندازی لایه ها در محیط GIS با استفاده از نرم افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۲ تهیه شد و با نقشه تولید واقعی با استفاده از اپراتور ترکیب مقایسه شد. برای برآورد میزان تولید از پلات های چوبی ۱\*۱ متر استفاده شد. برای این منظور از ۵ نقطه محصول برداشت گردید و عملکرد برای هر پلات محاسبه و پس از میانگین گیری به هکتار تعمیم داده شد.

### تطابق نقشه

یانگ و گلداسمیت<sup>۲</sup> (۳۰) چنین اظهار داشتند که تفاوت ها در مدیریت زمین ممکن است منجر به تفاوت در عملکردها بین مزارع، در حدود ۳ تا ۵ برابر گردد. در حالی که در کشورهای در حال توسعه تفاوت های بین

در این رابطه  $X_{ij}$  میزان تناسب ویژگی  $i$  برای کلاس تناسب  $j$  و  $n_{ij}$  عدد نرمال شده است؛ نهایتاً وزن هر ویژگی با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی محاسبه و از طریق ضرب ماتریس نرمال شده در وزن ویژگی ها ماتریس موزون محاسبه گردید (۱۰).

### تعیین حداقل و حداکثر ارزش ها

محاسبه نقطه ایده آل مثبت و نقطه ایده آل منفی گام بعدی است. در این گام برای هر ویژگی یک ایده آل مثبت ( $a_{+j}$ ) و یک ایده آل منفی ( $a_{-j}$ ) بر اساس جداول پیشنهادی سالیس و همکاران<sup>۱</sup> (۲۶) تعریف شد. برای ویژگی هایی که بار مثبت دارند ایده آل مثبت بزرگ ترین مقدار و ایده آل منفی کوچک ترین مقدار آن ویژگی است. در مقابل، برای ویژگی هایی که بار منفی دارند ایده آل مثبت کوچک ترین مقدار آن ویژگی و ایده آل منفی بزرگ ترین مقدار آن ویژگی را دارا است.

### سنجش نقطه ایده آل مثبت

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل با استفاده از فاصله اقلیدسی (رابطه ۳) محاسبه شد.

$$s_{i+} = \left[ \sum_j (a_{ij} - a_{+j})^2 \right]^{0.5} \quad (3)$$

در این رابطه  $Si_+$  اختلاف هر ویژگی اراضی از نقطه ایده آل مثبت،  $a_{ij}$  عدد مربوط به هر ویژگی،  $a_{+j}$  نقطه ایده آل مثبت برای همان ویژگی می باشد.

### سنجش نقطه ایده آل منفی

فاصله بین نقطه ایده آل منفی با هر ویژگی دیگر با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$s_{i-} = \left[ \sum_j (a_{ij} - a_{-j})^2 \right]^{0.5} \quad (4)$$

نقشه با روش عملگر حداقل ارائه شده است (۱۶).

$$P_{nij} = \text{MIN}, P_{ni}, P_{n,j} \quad (V)$$

این عملگر در شرایطی مفید و قابل استفاده است که عضویت در یک کلاس با عدم قطعیت همراه باشد؛ هر چند که دارای نواقصی در آنالیزهای تفکیک پذیری چندگانه<sup>۸</sup> دارد. در نتیجه، اگر این عملگر مقایسه کننده یک لایه از نقشه طبقه بندی نرم<sup>۹</sup> با خودش باشد، ماتریس فهرست بندی متقابل ویژگی ها ضرورتاً ماتریس قطری نخواهد بود (۱۷).

### عملگر ترکیب

آنالیزهای تفکیک پذیری چندگانه به یک فرآیند دو بخشی در محاسبه ورودی های قطری (تطابق) و غیر قطری (عدم تطابق) گفته می شود. قانون ترکیب (رابطه ۸) ویژگی های منحصر به فردی دارد که قانون های دیگر آن را ندارند. ماتریس به موقع مقایسه تصویر یک طبقه بندی نرم با خودش، یک ماتریس تشخیص<sup>۱۰</sup> ایجاد می کند. بنابراین برای عدم تطابق از رابطه ۸ استفاده می شود (۱۷).

$$P_{nij} = (P_{ni} - P_{nii}) \times \left[ \frac{P_{n,j} - P_{nij}}{\sum_{j=1}^n (P_{n,j} - P_{nij})} \right] \text{ For } i \neq j \quad (8)$$

در رابطه های ۶، ۷ و ۸، n نشان دهنده تعداد پیکسل در نقشه، P<sub>ni</sub> تابع عضویت کلی و P<sub>nii</sub> درجه تطابق است. برای عدم تطابق، n پیکسل در نقشه مرجع برای کلاس j و عدم تطابق P<sub>nii</sub>-P<sub>nij</sub> می باشد.

عملگر ترکیب با مقیاس تفکیک پذیری مختلف، برای مقایسه نقشه ها بهتر است، زیرا نواقص محاسبه ماتریس فهرست بندی متقاطع ویژگی هایی را که ناشی از کاربرد عملگرهای چندگانه و حداقل است، برطرف می کند. عملگر ترکیب هم چنین در نشان دادن این که دو لایه یا نقشه چگونه به صورت فضایی کلاستر بندی شوند، مفید می باشد. در این تحقیق این عملگر برای مقایسه نتایج حاصل از کاربرد روش نقطه ایده آل استفاده شده است.

بهترین و بدترین شیوه های بسیار کمتر (۳۰ تا ۴۰ درصد) مدیریت می باشد (۷). برای غلبه بر این مشکل از یک کلاس - بندی انعطاف پذیر (مبتنی بر آنالیزهای غیر سخت گیرانه) برای حصول تطابق بین نقشه ها استفاده می گردد. چنین کلاس بندی این امکان را فراهم می آورد تا تمام نقاط عضویت جزئی همزمان در بیشتر از یک کلاس را داشته باشند که در این ارتباط می توان به سه عملگر تکثیر<sup>۱</sup>، حداقل<sup>۲</sup> و ترکیب<sup>۳</sup> (۱۷) اشاره نمود.

### عملگر تکثیر

هستی شناسی معاصر عناصر تصویری موجود در درون هر پیکسل<sup>۴</sup> را تصادفی و مستقل در نظر می گیرد، به عبارت دیگر آرایش تصادفی نقاط داخل هر پیکسل (عناصر تصویری) مستقل از آرایش تصادفی نقاط داخل پیکسل های دیگر می باشد. برای محاسبه تطابق و عدم تطابق نقشه های تناسب اراضی از فهرست بندی متقاطع<sup>۵</sup> ویژگی های موثر در تولید محصول انتخابی مطابق با رابطه ۶ استفاده می شود.

$$P_{nij} = P_{ni} \times P_{n,j} \quad (6)$$

عملگر تکثیر دارای نواقص بسیاری می باشد که اصلی ترین آن ها زمانی است که یک پیکسل به صورت طبقه بندی سخت<sup>۶</sup> انتخاب نشده باشد. در این حالت تطابق بین دو پیکسل یکسان در نقشه های مورد مقایسه از یک منطقه در این حالت برابر واحد نیست؛ بنابراین اگر عملگر تکثیر ارزیابی کننده یک نقشه با خودش باشد، ماتریس فهرست بندی متقابل ویژگی ها، ماتریس قطری نخواهد بود. از این رو، گاهی تطابق بین یک پیکسل در دو نقشه مورد مقایسه کمتر از تطابق بین پیکسل و یک پیکسل غیر مشابه<sup>۷</sup> می باشد.

### عملگر حداقل

این عملگر برای محاسبه اعضای قطری و غیر قطری ماتریس به کار می رود. رابطه ۷ برای برآورد تطابق و عدم تطابق

- 1- Multiplication operator
- 2- Minimum operator
- 3- Composite operator
- 4- Pixel
- 5- Cross-tabulated
- 6- Hard-classified
- 7- Dissimilar pixel

- 8 - Multiple-resolution
- 9- Soft-classified map
- 10- Identity matrix

## تحلیل نتایج

کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای مقایسه‌های دودویی براساس ظرف سنجش ساعتی (۱۸) نشان داد که بافت خاک، کربنات کلسیم و واکنش خاک وزن بیشتری از سایر ویژگی‌ها دارند و بنابراین به عنوان مهم‌ترین ویژگی‌ها در منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند (جدول ۲). میزان صحت وزن‌های محاسبه شده ویژگی‌ها اساساً وابسته به قضاوت و رای کارشناسان محلی بستگی دارد. وزن‌های ارائه شده توسط متخصصان محلی بوسیله نرم افزار expert choice نسخه ۹ به صورت دودویی بر

جدول ۱ پارامترهای آماری ویژگی‌های اراضی منطقه مطالعاتی را برای جو آبی نشان می‌دهد. میزان فرسایش و زهکشی با توجه به راهنمای تشریح خاک (۲۱) به ترتیب در ۵ و ۷ کلاس طبقه‌بندی شدند که با افزایش شماره کلاس از صفر تا ۴ برای فرسایش و از A تا G برای زهکشی محدودیت اراضی برای تناسب افزایش می‌یابد؛ بنابراین برای این دو ویژگی اعدادی بین ۰ (بیش‌ترین محدودیت) تا ۱ (کم‌ترین محدودیت) برای این دو ویژگی به صورت گسسته به منظور مقایسه‌ها دودویی استفاده شد.

جدول (۱) خصوصیات آماری ویژگی‌های اراضی مورد استفاده در ارزیابی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی برای جو آبی

Table(1) Statistical characteristics of used land properties for land suitability evaluation in study area for irrigated barley

Properties	ویژگی‌ها	حداکثر max	حداقل min	میانگین Mean	ضریب تغییرات CV	Standard division
CEC <sup>1</sup> (meq 100g soil <sup>-1</sup> )	ظرفیت تبادل کاتیونی	38.5	17.2	28.6	21.3	4.8
pH	واکنش خاک	8.4	6.9	7.6	1.5	0.3
AHWC <sup>2</sup> (%)	ظرفیت نگهداری آب در دسترس	24	19.2	21.4	4.8	2.1
Clay (%)	رس	48	19	35.9	29	6.5
Silt (%)	سیلت	45.7	15	32.5	30.7	6.9
Sand (%)	شن	57	13	31.4	44	9.7
Surface gravel (%)	سنگریزه سطحی	11	2	5.3	9	10.2
Soil depth (cm)	عمق خاک	150	90	114	60	17.9
ESP <sup>3</sup> (%)	درصد سدیم تبدالی	11.2	5.2	8.1	6	1.9
EC <sup>4</sup> (dS m <sup>-1</sup> )	هدایت الکتریکی	6.7	1.3	3.2	5.4	0.9
Infiltration rate (mm hr <sup>-1</sup> )	شدت نفوذ	12.7	1.2	7.6	11.5	1.7
Slop (%)	شیب	4	0	1.7	4	0.6
CaCo <sub>3</sub> (%)	کربنات کلسیم	23.8	4.1	7.1	19.7	1.4
OM <sup>5</sup> (%)	ماده آلی	2.3	0.75	1.3	1.55	0.33

1-Cation Exchange Capacity, 2-Available water holding capacity, 3-Exchangeable Sodium Percentage, 4-Electrical conductivity, 5-Organic matter

نقطه ایدآل مقدار ۱ و صفر به ترتیب نشان دهنده کلاس‌های کاملاً مناسب و نامناسب می‌باشد؛ بنابراین در منطقه مورد مطالعه مکان‌های مناسب زیادی برای تولید جو مشخص شد.

شکل ۴ تطابق و عدم تطابق موجود بین نقشه تناسب اراضی و تولید واقعی را برای جو آبی با روش نقطه ایده‌آل با افزایش مقیاس تفکیک پذیری را نشان می‌دهد (۱۷). این شکل نشان دهنده این مطلب است که اولاً با افزایش درجه تفکیک پذیری، دو نقشه مورد مقایسه دارای عدم تطابق کم‌تری خواهند بود. چنانچه ملاحظه می‌شود، درجه تفکیک پذیری ۱۶، حداقل درجه‌ای است که در آن دو نقشه مورد مقایسه کم‌تر از ۱۰ درصد عدم تطابق دارند. با این حال در حداقل تفکیک‌پذیری نیز عدم تطابق ۲۲ درصد خواهد بود.

اساس ظرف سنجش ساعتی مقایسه شدند و وزن نهایی از ترکیب آن‌ها محاسبه گردید. ضریب ناسازگاری محاسبه شده برای هر یک از مقایسه‌ها در حد قابل قبول (کم‌تر از ۰/۱) بودند. اگر این ضریب بیش‌تر از ۰/۱ باشد، باید در اظهار نظرها تجدید نظر صورت گیرد. بنابراین نتایج وزن‌های نسبی در تعیین تناسب اراضی قابل استفاده می‌باشند؛ زیرا میزان هماهنگی و همسانی در محدوده قابل قبول (کم‌تر از ۰/۱) هستند.

#### تفسیر نقشه

توزیع و پراکندگی نقشه‌های تناسب اراضی برای جو با استفاده از روش‌های نقطه‌ای ایده‌آل در جدول ۳ نشان داده شده است. بخش بزرگی از منطقه مورد مطالعه (۴۸/۸۶ درصد) دارای شاخص‌هایی با دامنه تغییر ۰/۵ تا ۰/۶ می‌باشند. ۳۵/۳۹ درصد اراضی نیز دارای شاخص‌هایی با دامنه تغییر ۰/۳ تا ۰/۵ هستند. در روش

جدول (۲) وزن ویژگی‌های موثر در تولید جو آبی

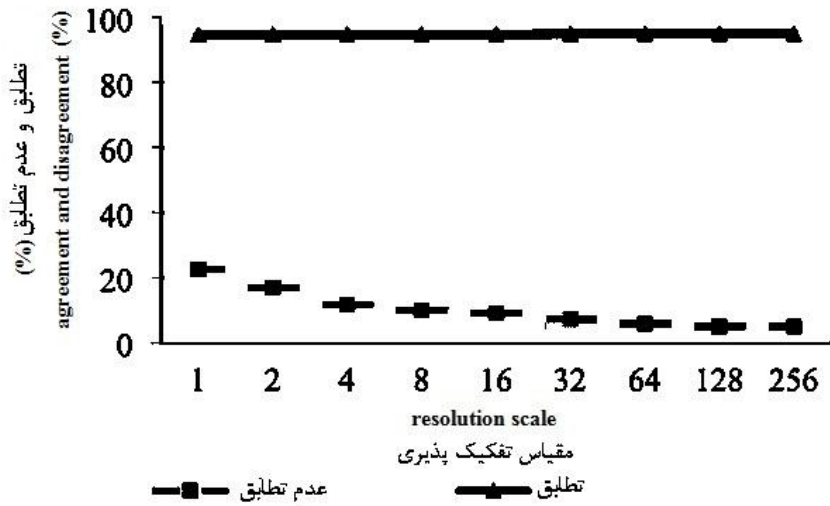
Table(2) The effective weights for irrigated barley production

وزن‌ها	ویژگی‌های اراضی	وزن‌ها	ویژگی‌های اراضی
weights	Land Properties	weights	Land Properties
0.172	بافت	0.052	شیب
0.158	کربنات کلسیم	0.084	سنگریزه سطحی
0.081	ظرفیت تبادل کاتیونی	0.139	واکنش خاک
0.097	عمق خاک	0.071	زهکشی
0.084	هدایت الکتریکی	0.046	مواد آلی
0.041	درصد سدیم تبدلی	0.091	ظرفیت نگهداری آب در دسترس
0.081	شدت نفوذپذیری	0.094	فرسایش خاک
Infiltration rate (mm hr <sup>-1</sup> )			



جدول (۳) مقایسه نتایج کلاس‌های تناسب اراضی با روش نقطه ایده‌آل و تولید واقعی برای جو آبی  
 Table(3) Comparison of observed yield and Ideal Point methods results for irrigated barley

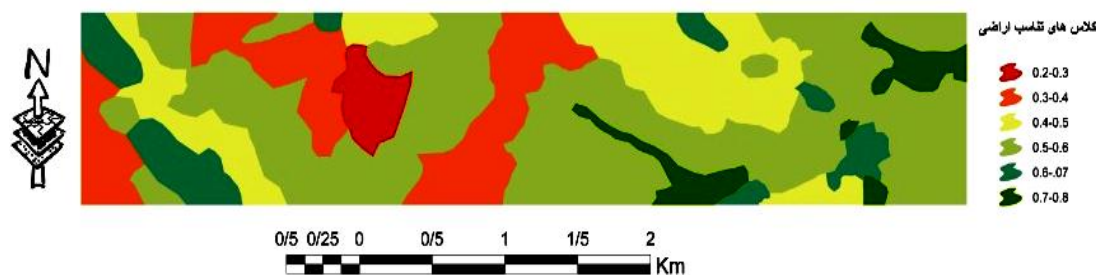
Suitability Classes	تولید واقعی		روش نقطه ایده‌آل	
	Observed Yield		Ideal Point method	
	وسعت کلاس‌ها		وسعت کلاس‌ها	
	درصد	هکتار	درصد	هکتار
	(%)	(ha)	(%)	(ha)
0.2-0.3	2.97	21	2.97	21
0.3-0.4	17.16	122	17.16	122
0.4-0.5	16.05	114	18.23	130
0.5-0.6	52.69	375	48.86	348
0.6-0.7	6.48	46	8.01	57
0.7-0.8	4.65	33	4.77	34



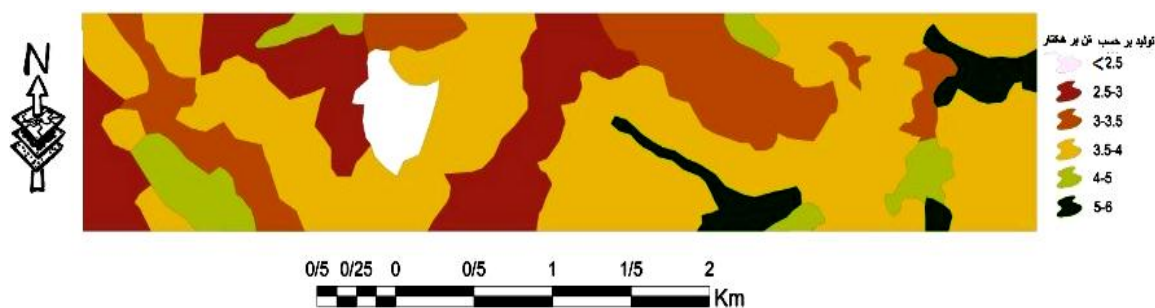
شکل (۴) درصد تطابق و عدم تطابق کلی نقشه تناسب جو با آنالیز مقیاس تفکیک پذیری چندگانه با استفاده از عملگر ترکیب  
 Figure (4) The percentages of overall agreement and disagreement for barley land suitability maps by using composite operator with multiple-resolution scale analysis

ضروری است. نتایج حاکی از این است که تطابق بیش‌تر بین نقشه‌ها حاصل از دقت مدل و عملگرهای مناسب می‌باشد. با این حال وسعت منطقه مطالعاتی کم، و امکان سنجش دقیق عملکرد زارعان وجود داشت؛ ولی در مقیاس‌های بزرگ چنانچه داده‌ها کم باشد، میزان عدم تطابق افزایش خواهد یافت.

بر این اساس با توجه به میانگین عدم تطابق در تفکیک‌پذیری‌های مختلف، تطابق نقشه نقطه ایده‌آل (شکل ۵) و تولید واقعی (شکل ۶) بیش از ۹۰٪ است. هنگامی که مقیاس تفکیک‌پذیری بیش‌تر می‌شود، درجه تطابق بیش‌تر و درجه عدم تطابق کاهش می‌یابد؛ بنابراین درجه عدم تطابق کم برای افزایش درجه تفکیک‌پذیری



شکل (۵) نقشه تناسب اراضی برای جو آبی با استفاده از روش نقطه ایده‌آل  
Figure (5) Land suitability map for barley by ideal point method

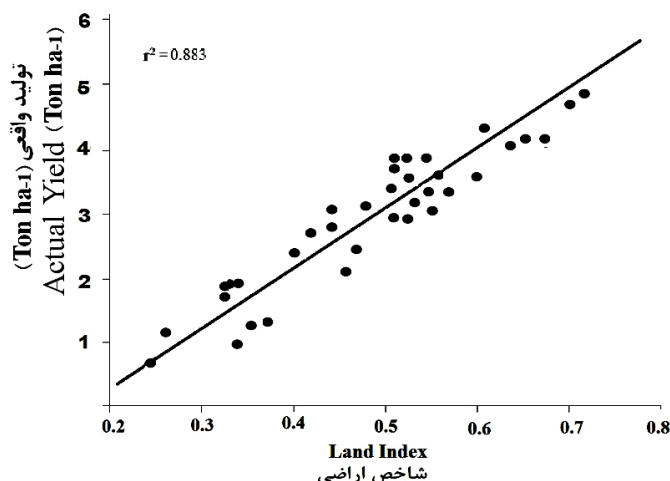


شکل (۶) نقشه تولید واقعی جو در منطقه مورد مطالعه  
Figure (6) Actual yield map for barley in study area

می‌کند. روش نقطه ایده‌آل سعی در محدود کردن سیستم اطلاعات مربوط به اراضی را توسط ارزیاب ندارند. نقطه ایده‌آل نتایج نسبتاً دقیقی را حاصل می‌آورد؛ زیرا اثرات ویژگی‌هایی را که ارزش نزدیک به حداقل و حداکثر از نقطه ایده‌آل را دارند، حساب می‌آورد. نقطه ایده‌آل به سمت ارزش‌های مثبت و منفی اریب است. این نتایج اطلاعاتی را برای پژوهشگران در مورد نقشه برداری‌های زمینی فراهم می‌نماید. در این روش محدودکننده‌ترین و مطلوب‌ترین ویژگی در تعیین تناسب اراضی بیش‌ترین تاثیر را دارد که به دلیل تمایل این روش در سوق یافتن به سمت مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی است.

ضریب تبیین محاسبه شده از رابطه بین شاخص اراضی محاسبه شده با روش نقطه ایده‌آل و تولید واقعی نسبتاً زیاد (۰/۸۸) و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. این نتیجه حاکی از دقت بالای این مدل در ارزیابی تناسب اراضی منطقه مطالعاتی برای جو آبی دارد.

روش نقطه ایده‌آل به این صورت است که مفهوم تغییرات پیوسته ویژگی‌هایی زمین را از فضای جغرافیایی به فضای مدل تعمیم داده است. با کاربرد نقطه ایده‌آل، ارزیابی تناسب اراضی در مقیاس‌های پیوسته انجام و امکان بررسی تفاوت‌های ریز در مقیاس‌ها فراهم می‌آید. اطلاعات مهم در رابطه با محدودیت تولید محصول و استراتژی‌هایی را برای غلبه بر آن محدودیت‌ها آشکار



شکل (۷) رابطه بین شاخص اراضی و تولید واقعی

Figure(7) Relationship between land index and actual yield

ویژگی هاست. ضریب تبیین محاسبه شده از همبستگی شاخص اراضی محاسبه شده از روش نقطه ایده آل و تولید واقعی بالا و ۰/۸۸ است که حاکی از دقت بالای مدل می باشد. تطابق کلی میان نقشه های نقطه ایده آل نیز بالا و به این معنا است که مطابقت و تشابه خوبی بین پیکسل و مجموعه درجه های تناسب اراضی برای جو آبی وجود دارد. نهایتاً نتایج مویده این مطلب است که ۴۸/۸۶ درصد اراضی دارای تناسب متوسط، ۳۵/۳۹ درصد دارای تناسب بحرانی، ۱۲/۷۸ درصد تناسب بالا و بقیه نامناسب هستند. در کل می توان بیان کرد که روش نقطه ایده آل به دلیل همبستگی زیاد شاخص های اراضی محاسبه شده با تولید واقعی، تطابق زیاد نقشه حاصل از این روش با نقشه تولید واقعی بر اساس عملگر ترکیب، برآورد تاثیر ویژگی های اراضی در میزان تناسب برای یک محصول خاص و ارائه نقشه هایی با کلاس های تناسب پیوسته به عنوان روشی کارا معرفی می گردد.

### نتیجه گیری

طبق نظر کارشناسان منطقه، ویژگی های خاک حساس ترین ویژگی ها در طبقه بندی تناسب اراضی برای جو آبی می باشند. بنابراین، کارشناسان منطقه وزن های - های بیشتری را برای ویژگی های خاکی در مقایسه با سایر ویژگی ها، اختصاص داده اند، که در این میان بافت خاک، کربنات کلسیم و واکنش خاک بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند؛ همچنین به معیارهای شیب و فرسایش وزن های کمتری نسبت به بقیه ویژگی ها توسط کارشناسان تعلق گرفت که دلیل آن می تواند، شیب کم و فرسایش نسبتاً کم در منطقه مورد مطالعه باشد؛ با این وجود، حساسیت نتایج این کار وابسته به وزن های تعیین شده توسط کارشناسان برای ویژگی های مختلف زمین است. نتایج روش نقطه ایده آل نشان داد که هیچ جایی در منطقه مورد مطالعه با درجه تناسب بالا (یک) مکان یابی نشده است. دلیل نتیجه مذکور آن است که به علت اتخاذ مقادیر حداکثر و حداقل نقشه های وزن دار شده توسط شیوه نقطه ایده آل و نادیده گرفتن نسی سایر

### منابع

1. Ashraf, S.h. 2011. Estimating the land production potential for wheat, using GIS method. Australian Journal of Basic and Applied Science, 5 (8): 118-122.

2. Ayalew<sup>1</sup>, G., and Selassie, Y.G. 2015. Evaluation of land suitability for cash and perennial crops using geographical information system in east Amhara region, Ethiopia. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 4: 1-7.
3. Ayoubi, Sh., and Jalalian, A. 2010. *Land Evaluation (Agricultural and Natural Resources) Second Edition*. Isfahan University of Technology Publication Center, Isfahan, Iran. 386p, (In Persian).
4. Burrough, P.A. 1989. Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *European Journal of Soil Science*, 40: 477-492.
5. Bydekerke, L., Van Ranst, E., Vanmechelen, R., and Groenemans, R. 1998. Land suitability assessment for Cherimoya in southern Ecuador using expert knowledge and GIS. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 69: 89-98.
6. De la Rosa. D., Moreno, J. A., Garcia, L.V., and Almorza, J. 1992. MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system. *Soil Use and Management*, 8: 89-96.
7. Dent, D., and Young, A. 1981. *Soil Survey and Land Evaluation*. London, George Allen and Unwin. 45p.
8. East Azarbaijan Regional Water Authority, 2010. *Semidetailed Soil Survey in Aliabad dam coastal, Khodafarin region*. Ministry of Energy, 91p.
9. Elaalem, M., Comber, A., and Fisher, P.A. 2011. Comparison of fuzzy AHP and ideal point methods for evaluating land suitability. *Transactions in GIS*, 15(3):329–346.
10. Feick, R.D., and Hall, G.B. 2012. A method for examining the spatial dimension of multicriteria weight sensitivity. *International Journal of Geographical Information Science*, 18:815–840.
11. Halder, J.C. 2013. Land suitability assessment for crop cultivation by using remote sensing and GIS. *Journal of Geography and Geology*, 5(3): 65-78.
12. Hwang, C.L., and Yoon, K. 1981 *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Berlin, Springer-Verlag. 514p.
13. Jiang, P., and Thelen, K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in North-central con soybean cropping system. *Agronomy Journal*, 96: 252-258.
14. Khordbin, S., and Landi, A. 2011. Comparison of the land qualitative suitability with the use of FAO methods and ALES model for major crops in Sardasht of Behbahan, Khuzestan province, Iran. *Middle-East Journal of Scintefic Research*, 10(4): 477-481.
15. Malczewski, J. 2006. Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based Multicriteria evaluation for land use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geonformation*, 8: 249–68.

16. Newhall, F., and Berdanier, C.R. 1996. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Natural Resources Conservation Service, Soil Survey Investigation Report, No. 46, 13p.
17. Pontius, R.G., and Cheuk, M.L. 2006. A generalized cross-tabulation matrix to compare soft classified maps at multiple resolutions. *International Journal of Geographical Information Science*, 20: 1–30.
18. Saaty TL, 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
19. Sante-Riveira, I., Crecente-Maseda, R., and Miranda-Barros. D. 2011. GIS-based planning support system for rural land-use allocation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 63:257–273.
20. Sarmadian, F., Keshavarzi, A., Rajabpour, B., and Asgari, S. 2011. Application of MCDM methods in Fuzzy modeling of land suitability evaluation. Pp. 25-28. 19<sup>th</sup> World congress of soil science, Soil solution for changing world. 1-6 August, Brisbane, Australia.
21. Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., and Broderon, W.D. 2006. *Field Book for Describing and Sampling Soils*. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln, NE. 580p.
22. Servati, M. 2014. Comparison of Parametric, MicroLESE, Fuzzy Set Theory and Analytical Hierarchy Process for land suitability evaluation of some crops in Khajeh region. PhD Thesis of Soil Science and Engineering Department, University of Tabriz. 248p.
23. Soil Survey Staff. 1014. *Keys to soil taxonomy* 12<sup>th</sup> ed. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, 360 pp.
24. Sys, C., Van Ranset, E., and Debaveye, J. 1991a. *Land Evaluation, Part I, Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculation*, International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent., Belgium. 360p.
25. Sys, C., Van Ranset, E., and Debaveye, J. 1991b. *Land Evaluation, Part II, Methods in Land Evaluation*. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium. 238p.
26. Sys, C., Van Ranset, E., Debaveye, J., and Beernaert, F. 1993. *Land Evaluation, Part III, Crop Requirements*. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium. 247p.
27. Tang, H., Debaveye, J., Ruan, D., and Van Ranset, E. 1991. Land suitability classification based on fuzzy set theory. *Pedologie*, 3: 277-290.
28. Tzeng, G.H., and Huang, J.J. 2011. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Taylor and Francis Group. 76p.

29. Yasmina, A., Moulay, A., Najmia, AM., Enrico, B., Yasmina, B., Paolo Omar, C., and Aldo, D. 2001. Land evaluation in the province of Ben Slimane, Morocco. Pp. 1-148. Ministry of Foreign Affairs, Istituto Agronomico per L'oltremare, Italy.
30. Young, A., and Goldsmith, P.F. 1977 Soil survey and land evaluation in developing countries. Geographical Journal, 143: 67-74.