

## پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی با استفاده از ترکیب روش تحلیل سلسه‌مراتبی در مناطق شمالی شهرستان خلخال ( مطالعه موردی: حوضه آبخیز میکائیل آباد)

فاطمه نظری ویند<sup>۱\*</sup>، حسین کوهستانی<sup>۲</sup>، شاپور ظریفیان<sup>۲</sup>، فاطمه کاظمیه<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۲۲

- ۱- کارشناسی ارشد توسعه روستایی، گروه ترویج و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
  - ۲- دانشیار، گروه ترویج و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
  - ۳- استادیار، گروه ترویج و توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
- \*مسئول مکاتبه: E-mail: fatemeh.nazari9470@gmail.com

### چکیده

بهره‌برداری مستمر از منابع طبیعی تجدیدشونده، متضمن شناسایی توان اکولوژیک سرزمین در هر محیطی است و این شناسایی با به‌کارگیری بهینه و برنامه‌ریزی‌شده امکان بهره‌برداری صحیح از منابع را فراهم و از تخریب محیط جلوگیری می‌کند. این تحقیق با هدف شناسایی مناطق مستعد کشاورزی حوضه میکائیل آباد شهرستان خلخال در استان اردبیل با روش تحلیل سلسله‌مراتبی - فازی انجام شد. ارزیابی توان منطقه با استفاده از ۱۳ معیار بارش، تراکم پوشش، میزان تولیدگیاهی، شیب، عمق خاک، بافت خاک، کاربری فعلی زمین، نفوذپذیری خاک، تیپ پوشش، گروه هیدرولوژیک خاک، زمین‌شناسی، فاصله از منابع آب سطحی و فرسایش خاک و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار Arc GIS 10 انجام شد. در ارزیابی چند معیاره برای تعیین وزن هر معیار از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و از توابع فازی‌سازی استفاده شد و در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10 با استفاده از عملگر ترکیب خطی وزنی کلیه لایه‌های اطلاعاتی با همدیگر تلفیق شدند و نقشه‌ی رستری توان کشاورزی تهیه شد. بعد از تهیه نقشه پتانسیل نهایی با روش شکست طبیعی در چهار کلاس طبقه‌بندی شد. کلاس‌های یک تا دو به فعالیت کشاورزی (حدود ۶۵٪ منطقه) و کلاس طبقه سه و چهار (۳۵٪ منطقه) به فعالیت غیر کشاورزی تقسیم‌بندی شد. نتایج انطباق کاربری فعلی اراضی با نقشه پتانسیل نیز نشان داد که در ۶۱/۸ درصد از منطقه کاربری فعلی اراضی با نقشه پتانسیل انطباق دارد. پیشنهاد می‌گردد که در اختصاص کاربری‌ها و فعالیت‌های کشاورزی به نقشه طبقات پتانسیل که بر اساس ارزیابی توان اکولوژیکی منطقه مورد مطالعه می‌باشد توجه گردد. در این راستا بهتر است که در مناطق با توان طبقه یک فعالیت کشاورزی به صورت زراعت آبی و باغداری و در مناطق با توان طبقه دو زراعت دیم انجام گیرد و در مناطق طبقه سه و چهار هیچ‌گونه فعالیت کشاورزی صورت نگیرد.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، قابلیت اراضی، روش ترکیب خطی وزن‌دار، سامانه اطلاعات جغرافیایی، AHP FUZZY

## Land Suitability Assessment for Agriculture Using Analytical Hierarchy Process in Northern Parts of Khalkhal County (Case Study: Mikaeel Abad catchment)

Fatemeh Nazari Viand<sup>1\*</sup>, Hossein Koohestani<sup>2</sup>, Shapoor Zarifian<sup>2</sup>, Fatemeh Kazemieh<sup>3</sup>

Received: April 29, 2019 Accepted: July 13, 2019

1Master of Rural Development, Dept. of Rural development, Faculty of Agriculture, University of Tabriz.

2Assoc. Prof., Dept., of Rural development, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

3-Assist. Prof., Dept. of Rural development, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

\*Corresponding Author Email: fatemeh.nazari9470@gmail.com

### Abstract

Continuous exploitation of renewable natural resources needs to identify the land ecological capability and this identification permit to exploit of the natural resources correctly by programed and optimum management. The purpose of this research is to land suitability assessment for agriculture activity using FUZZY-AHP method in Mikaeel abad catchment located in northern part of Khalkhal county, Ardabil. 13 factors including precipitation, Vegetation density, Vegetation production, slope, soil erosion, distance from water, vegetation type, soil hydrologic group, Geology, Soil depth, soil texture, soil penetrating and current land use utilized to land capability assessment in ArcGIS10 surrounding. To weigh the criteria AHP and to apply same scale to criteria Fuzzy method was used and using Weighted Linear Combination method all criteria were overlaid and potential map was prepared. Final potential map classified in 4 potential classes using natural break classification method. Classes with potential category from 1 to 2 (65% of area) were allocated to agriculture class and category from 3 to 4(35% of area) were allocated to non-agricultural activities. Also conformity map between current land use map and potential map showed that in 61.8% of area there is conformity between current land use map and potential categories map for agriculture activity. It is suggested that consideration be given to mapping of potential classes based on the ecological capability of the study area in assigning agricultural uses and activities. In this regard, it is advisable to carry out agricultural activities in areas with class I capacity in the form of irrigated farming or Gardening, And in areas with the capacity of the second potential class dry farming, and in the third and fourth potential class no agricultural activity will be carried out.

**Keywords:** FUZZY AHP, Land Capability, GIS, Weighted Linear Combination, Zoning

## مقدمه

در حال حاضر کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی کشور به شمار می‌آید تا جایی که می‌توان گفت رشد اقتصادی کشور بدون رشد کشاورزی امکان‌پذیر نیست و هر کشور بایستی بالاترین سطح اولویت خود را به ارزیابی منابع زمینی، آبی و اقلیمی معطوف دارد و به ایجاد یک سیستم اطلاعات فضایی جامع به‌منظور به‌کار بردن بهترین دانش و تکنولوژی در توسعه کشاورزی پایدار بپردازد (کریمی و همکاران ۲۰۱۳). از طرفی دیگر توسعه و توازن اکولوژیک زمانی محقق خواهد شد که از سرزمین به قابلیت و توانمندی‌های آن استفاده گردد. بر این اساس، شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمین پیش از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حائز اهمیت است در غیر این صورت، استفاده از قابلیت‌های سرزمین به‌نوعی صورت خواهد گرفت که محدودیت‌های طبیعی و اکولوژیک مانع از استمرار فعالیت‌ها شده و عملاً بسیاری از سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده به هدر خواهد رفت (نوری و همکاران ۲۰۱۰). تعیین توان بالقوه و تخصیص کاربری‌های متناسب با توان، روشی است که می‌تواند میان توان طبیعی محیط، نیاز جوامع و کاربری‌ها و فعالیت‌های انسان در فضا یک رابطه منطقی و یک سازگاری پایدار به وجود آورد. شکی نیست که نایل شدن به توسعه پایدار مستلزم اجرای انواع طرح‌های توسعه و بهره‌برداری از منابع طبیعی کشور بر اساس توان بالقوه منابع و ظرفیت قابل‌توجه محیط‌زیست است (لنگرودی و همکاران ۲۰۱۲). به همین دلیل تدوین برنامه‌های آمایش سرزمین که انتقال منابع طبیعی را برای نسل‌های آینده و استفاده درخور و شایسته از منابع سرزمین را متناسب با توان بالقوه‌ی آن‌ها میسر می‌سازد، ضروری است. پیش‌نیاز برنامه ریزی سرزمین، ارزیابی قابلیت سرزمین است. این برنامه‌ریزی‌ها با شناسایی اطلاعات مربوط به فرصت‌ها

و محدودیت‌های استفاده از سرزمین، برنامه‌ریزی‌ها را به سمت استفاده‌ی بهینه از سرزمین سوق می‌دهد و استفاده از سرزمین را متناسب با توان آن فراهم می‌آورد (بان‌دیو‌پادیای و همکاران ۲۰۰۹). در واقع ارزیابی قابلیت سرزمین فرآیندی است که توان و درجه‌ی توان سرزمین را برای کاربری خاص (جنگل، مرتع، کشاورزی، تفرج و ...) مشخص می‌کند. بخش مهمی از این فرآیند تعیین نوع معیارهای مهم در ارزیابی است (شلیبی و همکاران ۲۰۰۶). استفاده از معیارهای مختلف برای ارزیابی سرزمین، این فرآیند را بسیار پیچیده می‌سازد زیرا برای استفاده طولانی‌مدت از یک سرزمین بایستی معیارهای اقتصادی-اجتماعی، هزینه‌ها و پیامدهای زیست‌محیطی در کنار ویژگی‌های طبیعی سرزمین برای ارزیابی مورد‌استفاده قرار گیرد (دوک ۲۰۰۶). استاندارد مشخصی برای انتخاب معیارهای دخیل در ارزیابی توان بالقوه سرزمین برای کشاورزی-مرتعداری وجود ندارد اما در اکثر تحقیقات مرتبط (بان‌دیو‌پادیای و همکاران ۲۰۰۹، پاراکاش ۲۰۰۳ و پرون و همکاران ۲۰۰۷ و وانگ ۱۹۹۴) عمدتاً از معیارهای اکولوژیکی (منابع طبیعی) شامل منابع فیزیکی (اقلیم، آب‌وهوا، سنگ‌ها، شکل زمین، خاک) و منابع زیستی (رستنی‌ها و جانوران) مناطق مورد ارزیابی استفاده‌شده است هرچند که عامل کاربری فعلی اراضی عاملی تعیین‌کننده در این زمینه است. از طرفی دیگر امروزه در برنامه‌ریزی‌های محیطی به‌خصوص ارزیابی قابلیت و آمایش سرزمین از سامانه اطلاعات جغرافیایی بهره‌گیری می‌شود. سامانه اطلاعات جغرافیایی با داشتن خصوصیتی مانند توانایی اخذ و تبادل از منابع مختلف، سازماندهی، دریافت و نمایش به‌موقع اطلاعات، تجزیه و تحلیل داده‌های گوناگون و امکان ارائه خدمات چندمنظوره، به‌عنوان ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی، به‌ویژه ارزیابی‌های چند عامله مطرح است (کرم ۲۰۰۵). از آنجائی‌که در ارزیابی چند معیاره،

در ارزیابی سرزمین برای کاربری کشاورزی است. رضاپور (۲۰۱۵)، به ارزیابی توان محیطی حوضه سد تاجیار در شهرستان سراب پرداخت. معیارهای اصلی در نظر گرفته شده در این تحقیق شامل: نقشه‌های خاک‌شناسی، سنگ‌شناسی، توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، گسل، جاده‌های موجود، فاصله از آب‌های سطحی و موقعیت جاذبه‌های فرهنگی بوده است. سپس از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی به معیارها بهره گرفته شده و در نهایت، کلیه لایه‌ها با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار تلفیق شده‌اند و نقشه نهایی توان اکولوژیکی منطقه به دست آمده است. امیری و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی به ارزیابی توان اکو توریسم استان لرستان با استفاده از روش *AHP* و *Fuzzy* در محیط *GIS* پرداختند. عوامل در نظر گرفته شده در این پژوهش جهت پهنه‌بندی اراضی مستعد توسعه اکوتوریسم شامل هفت معیار (ارتفاع، پوشش گیاهی، جهت شیب، زمین‌شناسی، شیب، گسل، کاربری اراضی) بود. طبق نتایج این تحقیق پس از وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش *AHP* عامل ارتفاع با وزن ۵۸۹ در اولویت اول قرار گرفته و از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در پهنه‌بندی توسعه اکوتوریسم استان لرستان محسوب گشته است و در نهایت نقشه پهنه‌بندی اراضی مستعد توسعه اکوتوریسم به پنج طبقه خیلی مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و خیلی نامناسب تقسیم شده است.

در پایان با استفاده از تحقیقات صورت گرفته و مرور منابع می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که برای پهنه‌بندی اراضی با استفاده از *GIS* و *MCDM*<sup>۲</sup> ها در یک رویکرد تلفیقی مستلزم در نظر گرفتن مسئله عدم قطعیت و عدم دقت مرتبط با عدم آگاهی تصمیم‌گیرنده در اختصاص دادن وزن و اهمیت نسبی معیارهاست. این امر را می‌توان با استفاده از منطق فازی به عنوان

معیارها در واحدهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌شوند، امکان مقایسه آن‌ها با یکدیگر وجود ندارد. از همین رو لازم است ابتدا معیارها در یک قالب مشخص استاندارد شوند (سلمان مهینی و همکاران ۲۰۰۶) که در این میان استفاده از روش فازی برای استانداردسازی لایه‌ها در سال‌های اخیر بسیار مرسوم شده است.

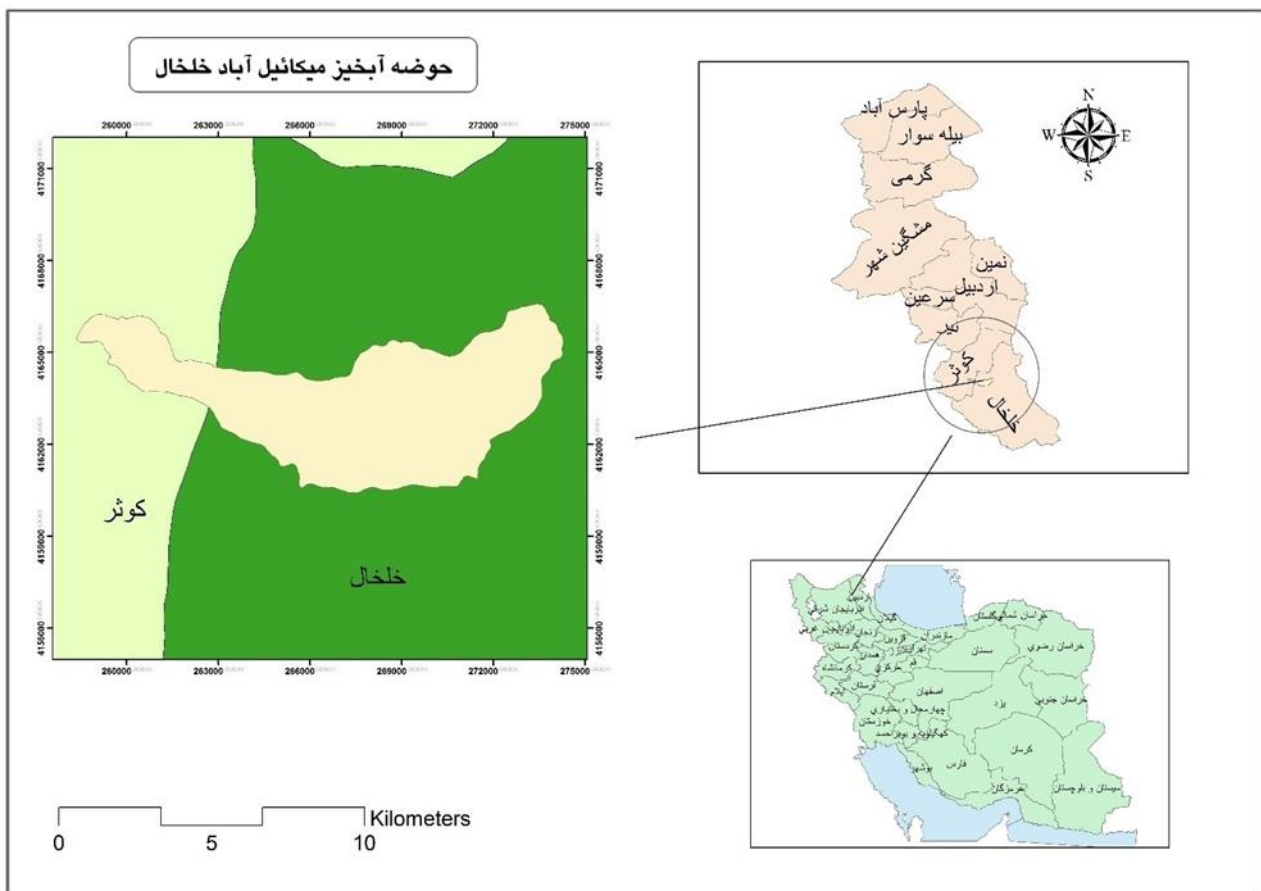
در ارتباط با موضوع تحقیق، تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. حسین و داس (۲۰۱۰)، با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش ارزیابی چند معیاره به ارزیابی قابلیت زمین برای کشاورزی در بنگلادش پرداختند. برای این کار از ۲۰ لایه اطلاعاتی در قالب ۳ معیار کلی خاک، آب و امکانات موجود منطقه استفاده کردند. نتایج نشان داد این منطقه دارای قسمت‌های با توان بسیار بالا، متوسط و فاقد توان است. کاظمی و همکاران (۲۰۱۱)، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی به پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان جهت کشت کلزا پرداختند. معیارهای در نظر گرفته شده در این پژوهش جهت پهنه‌بندی زراعی-بوم-شناختی شامل معیارهای خاک، توپوگرافی (شیب و غیره) و اقلیم (بارش و غیره) می‌باشد. در این مطالعه لایه‌های رقومی عوامل محیطی در محیط *GIS*<sup>۱</sup> پس از اختصاص وزن به روش *AHP*<sup>۲</sup>، روی هم‌گذاری و تلفیق شده‌اند. سپس پهنه‌بندی اراضی در چهار طبقه بسیار مستعد تا غیر مستعد انجام شده است. منداز و دلی (۲۰۱۲)، با استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی به ارزیابی توان منطقه برای توسعه نواحی کشاورزی و برای محصول گندم پرداختند. برای این کار یک سیستم تصمیم‌گیری مکانی برای ارزیابی توان منطقه برای کشاورزی تشکیل شده و به این نتیجه دست یافتند که استفاده از این روش در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی راه‌کاری بسیار مؤثر

اختصاص وزن در این روش، از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید.

### مواد و روش‌ها محدوده مورد مطالعه

حوضه آبخیز میکائیل آباد یکی از زیر حوضه‌های سد سفیدرود، واقع در جنوب استان اردبیل و قسمت شمالی شهرستان خلخال و در محدوده طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه و ۴۲ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه و ۳۹ ثانیه عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه و ۵۰ ثانیه قرار گرفته است. کل مساحت این منطقه ۴۷۰۱/۴۳ هکتار می‌باشد.

منطق مدل‌سازی ریاضی فرآیندهای غیردقیق و مبهم که بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌سازد، انجام داد (لنگرودی و همکاران ۲۰۱۲). بنابراین با توجه به نکات مطرح‌شده، تعیین توان اکولوژیک کشاورزی در حوضه آبخیز میکائیل آباد واقع در جنوب استان اردبیل که مهم‌ترین حوضه در منطقه به دلیل داشتن نقش مؤثر در امرار معاش مردم بومی منطقه محسوب می‌شود، با استفاده از منطق فازی و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، هدف اصلی این تحقیق است. به عبارت دیگر این پژوهش، با هدف پیاده‌سازی بهتر مدل اکولوژیکی کشاورزی و مرتع‌داری دکتر مخدوم که در آن وزن و اهمیت نسبی معیارها در نظر گرفته نمی‌شود و به لحاظ انعطاف‌پذیری و امکان



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به لحاظ هدف کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات توصیفی-پیمایشی می‌باشد. در این پژوهش جهت پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی از روش ارزیابی چند معیاره استفاده گردیده است.

## الف. استانداردسازی لایه‌ها

برای همسان‌سازی مقیاس‌های اندازه‌گیری و تبدیل آن‌ها به واحدهای قابل مقایسه از فرآیند استانداردسازی معیارها استفاده می‌شود. در سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ساخت نقشه‌های معیار قابل مقایسه و استاندارد شده چند رویکرد اصلی شامل روش‌های قطعی، احتمالاتی و فازی وجود دارد. استانداردسازی داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزش‌های لایه‌های نقشه‌ای را به دامنه یکسانی مثلاً بین صفر تا یک یا صفر تا ۲۵۵ تبدیل می‌کند. فرآیند استانداردسازی در روش فازی، از طریق باز قالب‌بندی مقادیر و ارزش‌ها، به شکل یک مجموعه عضویت عملی می‌گردد. در این حالت بیشترین ارزش یعنی مقدار ۱ یا ۲۵۵ به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی عدد صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد (سوئی ۱۹۹۹).

در این نوشتار سیزده معیار (زمین‌شناسی، شیب، عمق خاک، میزان نفوذپذیری خاک، گروه هیدرولوژیک خاک، فرسایش، بارش، فاصله از آب سطحی، کاربری اراضی، تیپ پوشش گیاهی، تراکم پوشش گیاهی، میزان تولید علوفه و بافت خاک) جهت پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی منطقه شمالی شهرستان خلخال موسوم به حوضه آبخیز میکائیل آباد مورد استفاده قرار گرفته است که در این رابطه جهت انجام فرآیند فازی‌سازی برای استاندارد کردن لایه‌ها و تعیین توابع فازی ابتدا لازم است که تمامی لایه‌ها در

محیط GIS سازماندهی شوند. به همین ترتیب تمام لایه‌ها با مقیاس و سیستم مختصات مشترک گردآوری شده‌اند. استانداردسازی لایه‌های مورد نظر، با استفاده از مدل فازی توسط نرم‌افزار IDRISI انجام و با تغییر فرمت وارد محیط GIS شد.

## ب. وزن‌دهی نهایی لایه‌ها با استفاده از روش AHP

ابتدا رده‌های متغیرهای مورد استفاده، به تناسب اهمیت در پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی و بر اساس نظرات کارشناسان به مقادیری بین یک تا نه رتبه‌بندی شدند. لذا به منظور تعیین اهمیت و وزن‌نسبی معیارها، پرسش‌نامه که با توجه به هدف تحقیق تشکیل گردیده بود بین ۲۵ نفر از کارشناسان خبره (۱۲ نفر کارشناسی ارشد زراعت، ۷ نفر دکتری زراعت و ۶ نفر دکتری آمایش سرزمین) که به صورت نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شده بودند توزیع گردید.

پس از رتبه‌بندی رده‌های متغیرهای مورد استفاده، در مورد متغیرها نیز ماتریس مقایسه زوجی تشکیل شد و وزن و اهمیت آن‌ها تعیین شد. جهت تعیین وزن‌های معیار (تأثیرگذاری لایه‌ها نسبت به هم) و همچنین تعیین میزان اهمیت طبقات هر لایه اطلاعاتی (وزن درون لایه‌ای) از نرم‌افزار Expert Choice 11 استفاده شد.

برای مقایسات زوجی از مقادیر ترجیحات ۹ طیفی استفاده شد (ساعتی ۱۹۸۶). در این جدول مقادیر ۱ نشان‌دهنده ارجحیت یکسان و مقدار ۹ نشان‌دهنده ارجحیت مطلق می‌باشد.

قابل‌ذکر است که محدوده قابل‌قبول ناسازگاری در هر سیستم تصمیم‌گیرنده متفاوت است اما در حالت کلی ساعتی پیشنهاد می‌کند که اگر ناسازگاری تصمیم بیشتر از ۰/۱ باشد بهتر است تصمیم‌گیرنده در قضاوت‌های خود تجدیدنظر کند (قدسی پور ۲۰۱۲).

جدول ۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (ساعتی ۱۹۸۶)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)	
۹	(Extremely Preferred)	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	(Very Strongly Preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	(Strongly Preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	(Moderately Preferred)	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	(Equally Preferred)	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۲ و ۶ و ۸		ترجیحات بین فواصل فوق

### عوامل تأثیرگذار جهت پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی

در این تحقیق از طریق جستجوی علمی، مطالعات کتابخانه‌ای و منابع موجود، عوامل تأثیرگذار جهت پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی در سه سطح ذیل شناسایی گردید. همچنین با توجه به اینکه امکان دسترسی به نقشه معیارهای نظیر شوری، سدیمی و زهکشی خاک وجود نداشت (یا موجود نبود)، از استفاده از این معیارها در این تحقیق صرف‌نظر شد.

### ج. تلفیق لایه‌ها

در این تحقیق از ترکیب خطی وزنی (WLC) جهت تلفیق لایه‌ها استفاده شد. بدین ترتیب که پس از مشخص شدن وزن هر یک از لایه‌های اطلاعاتی به روش AHP، وزن هرکدام از لایه‌ها در لایه فازی‌سازی شده ضرب گردیده و در نهایت با جمع‌کردن همه این نقشه‌ها، نقشه پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی در محیط جی‌آی‌اس به دست آمد.

جدول ۲- معیارها

نام معیار	سطح و نوع معیار
فیزیکی	معیارهای سطح اول
زیستی	
اقتصادی- اجتماعی	
آب	
بارش	
سنگ‌شناسی	معیارهای سطح دوم (عامل فیزیکی)
شیب	
میزان فرسایش خاک	
میزان نفوذپذیری خاک	
عمق خاک	معیارهای سطح سوم عامل زیستی (پوشش گیاهی)
بافت خاک	
گروه هیدرولوژیک خاک	
تیپ پوشش	
تراکم پوشش گیاهی	
میزان تولید علوفه	

لایه DEM منطقه به‌دست آمد. سپس با استفاده از لایه مدل رقومی ارتفاعی، لایه شیب منطقه به‌دست آمد. همچنین لایه فاصله از آب با دستور Distance و لایه بارش با روش پهنه‌بندی IDW با استفاده از آمار ایستگاه‌های مجاور، تهیه شدند.

### نتایج و بحث

#### نتایج به‌دست آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

#### (AHP)، وزندهی به معیارهای سطح اول

بر اساس شکل ۲، مهم‌ترین عامل سطح اول، اقتصادی-اجتماعی (که شامل لایه کاربری اراضی باکلاس‌های کاربری زراعت دیم، مرتع، زراعت آبی، مسکونی، و درصد کمی هم باغات و برونزد سنگی است)، می‌باشد. معیارهای فیزیکی و زیستی نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. همچنین میزان نرخ ناسازگاری با توجه به مقایسات صورت گرفته برابر ۰/۰۴ به‌دست آمد که چون از مقدار ۰/۱ کمتر بود لذا قابل‌قبول است.

بر اساس نقشه‌های تهیه‌شده در منطقه مورد مطالعه بافت خاک رسی، گروه هیدرولوژیک خاک C و سپس B، نفوذپذیری متوسط خاک، عمق خاک متوسط تا زیاد، قسمت بیشتری از منطقه را تشکیل داده است. بیشترین میزان بارش در قسمت‌های شرقی منطقه مشاهده می‌شود. شیب عمومی منطقه کمتر از ۱۵ درصد بوده و واحدهای زمین‌شناسی *plms* نیز قسمت اعظمی از منطقه را تشکیل داده است. از حیث کاربری اراضی نیز اراضی زراعی بیش از نیمی از منطقه را تشکیل می‌دهد.

#### تهیه نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی محیطی

نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ مربوط به منطقه مورد مطالعه، نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی منطقه با فرمت رقومی از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اردبیل تهیه شد.

تهیه نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع: در محیط نرم‌افزار ArcGIS10 با استفاده از ماژول و Topo To Raster و با استفاده از فایل رقومی توپوگرافی منطقه،

جدول ۳- ماتریس مقایسات زوجی و وزن معیارهای سطح اول

وزن	اقتصادی-اجتماعی	زیستی	فیزیکی	
۰/۳۴۲	۱/۵	۳	۱	فیزیکی
۰/۰۸۱	۱/۶	۱		زیستی
۰/۵۷۷	۱			اقتصادی-اجتماعی

Synthesis with respect to:  
Goal: sathe avval  
Overall Inconsistency = .03



شکل ۲- نمودار وزن معیارهای سطح اول

تا عوامل مربوط به پارامترهای فیزیکی نیز وزندهی شوند. با توجه به اینکه معیار اقتصادی-اجتماعی به‌کار رفته تنها شامل لایه کاربری اراضی می‌باشد لذا فرآیند وزندهی صورت نمی‌گیرد. بر اساس نتایج شکل ۳،

#### نتایج به‌دست آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

#### (AHP)، وزندهی به معیارهای سطح دوم (عوامل

#### فیزیکی)

بعد از وزندهی به معیارهای سطح اول لازم بود



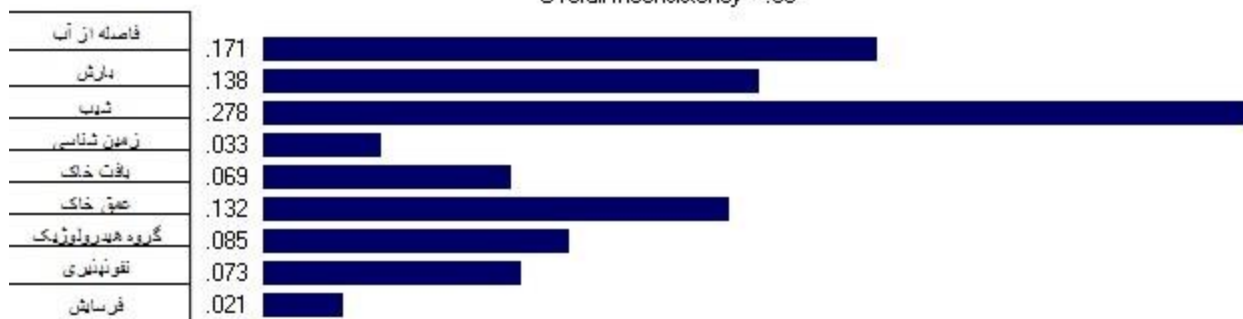
مهم‌ترین عامل فیزیکی عامل شیب و بعد از آن عامل فاصله از آب می‌باشد. همچنین در این بین کمترین وزن را عامل فرسایش (درجات شدت فرسایش) به خود اختصاص داده است. همچنین میزان نرخ ناسازگاری با توجه به مقایسات صورت گرفته برابر ۰/۰۸ به دست آمد که چون از مقدار ۰/۱ کمتر بود لذا قابل قبول است.

مهم‌ترین عامل فیزیکی عامل شیب و بعد از آن عامل فاصله از آب می‌باشد. همچنین در این بین کمترین وزن را عامل فرسایش (درجات شدت فرسایش) به خود اختصاص داده است. همچنین میزان نرخ ناسازگاری با توجه به مقایسات صورت گرفته برابر ۰/۰۸ به دست آمد که چون از مقدار ۰/۱ کمتر بود لذا قابل قبول است.

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی و وزن معیارهای سطح دوم (عوامل فیزیکی)

فاصله از آب	بارش	شیب	زمین شناسی	بافت	عمق	گروه هیدرولوژیک	نفوذپذیری	فرسایش	وزن
فاصله از آب	۱	۴	۱/۳	۶	۱	۱/۲	۳	۷	۰/۱۷۱
بارش	۱	۱	۱/۳	۳	۲	۲	۲	۴	۰/۱۳۸
شیب	۴	۱	۱	۵	۲	۳	۴	۷	۰/۲۷۸
زمین شناسی	۱/۳	۱/۳	۱	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۲	۰/۰۳۳
بافت	۶	۳	۱	۱	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۲	۰/۰۶۹
عمق	۱	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۵	۰/۱۳۲
گروه هیدرولوژیک	۳	۴	۱/۳	۱	۱	۱	۲	۳	۰/۰۸۵
نفوذپذیری	۲	۲	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۰/۰۷۳
فرسایش	۷	۴	۷	۲	۲	۱	۲	۱	۰/۰۲۱

Synthesis with respect to:  
Goal: FIZIKI  
Overall Inconsistency = .08



شکل ۳- نمودار وزن معیارهای سطح دوم (عوامل فیزیکی)

نتایج به دست آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، وزن‌دهی به معیارهای سطح سوم عوامل زیستی (پوشش گیاهی) بر اساس نتایج شکل ذیل، میزان نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۰۱ است که چون از مقدار ۰/۱ کمتر است لذا قابل قبول است. همچنین بر اساس نتایج، تیپ پوشش (مرتعی) از بیشترین اهمیت برخوردار است و میزان تولید و تراکم پوشش در رده‌های بعدی قرار دارند.

نتایج به دست آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، وزن‌دهی به معیارهای سطح سوم عوامل زیستی (پوشش گیاهی) بر اساس نتایج شکل ذیل، میزان نرخ ناسازگاری برابر با ۰/۰۱ است که چون از مقدار ۰/۱ کمتر است لذا قابل قبول است. همچنین بر اساس نتایج، تیپ پوشش (مرتعی) از بیشترین اهمیت برخوردار است و میزان تولید و تراکم پوشش در رده‌های بعدی قرار دارند.

جدول ۵- ماتریس مقایسات زوجی و وزن معیارهای سطح سوم عوامل زیستی (پوشش گیاهی)

وزن	میزان تولید	تراکم پوشش	تیپ پوشش
۰/۵۴۰	۲	۳	تیپ پوشش
۰/۱۶۳	۱/۲	۱	تراکم پوشش
۰/۲۹۷	۱		میزان تولید

Synthesis with respect to:  
Goal: ZISTI  
Overall Inconsistency = .01



شکل ۴- نمودار وزن معیارهای سطح سوم عوامل زیستی (پوشش گیاهی)

لایه (گسسته یا پیوسته)، هم‌مقیاس‌سازی لایه‌ها با روش گسسته یا فازی انجام شد. جدول ۶، نحوه فازی‌سازی لایه‌ها را نشان می‌دهد. گفتنی است اختصاص اعداد یا انتخاب توابع برای فازی‌سازی بر اساس نظرات کارشناسان خبره بوده است. بدین منظور بعد از انتخاب نوع تابع و اعداد فازی برای هر طبقه، تمامی لایه‌ها به فرمت رستری تبدیل شده و فازی شدند.

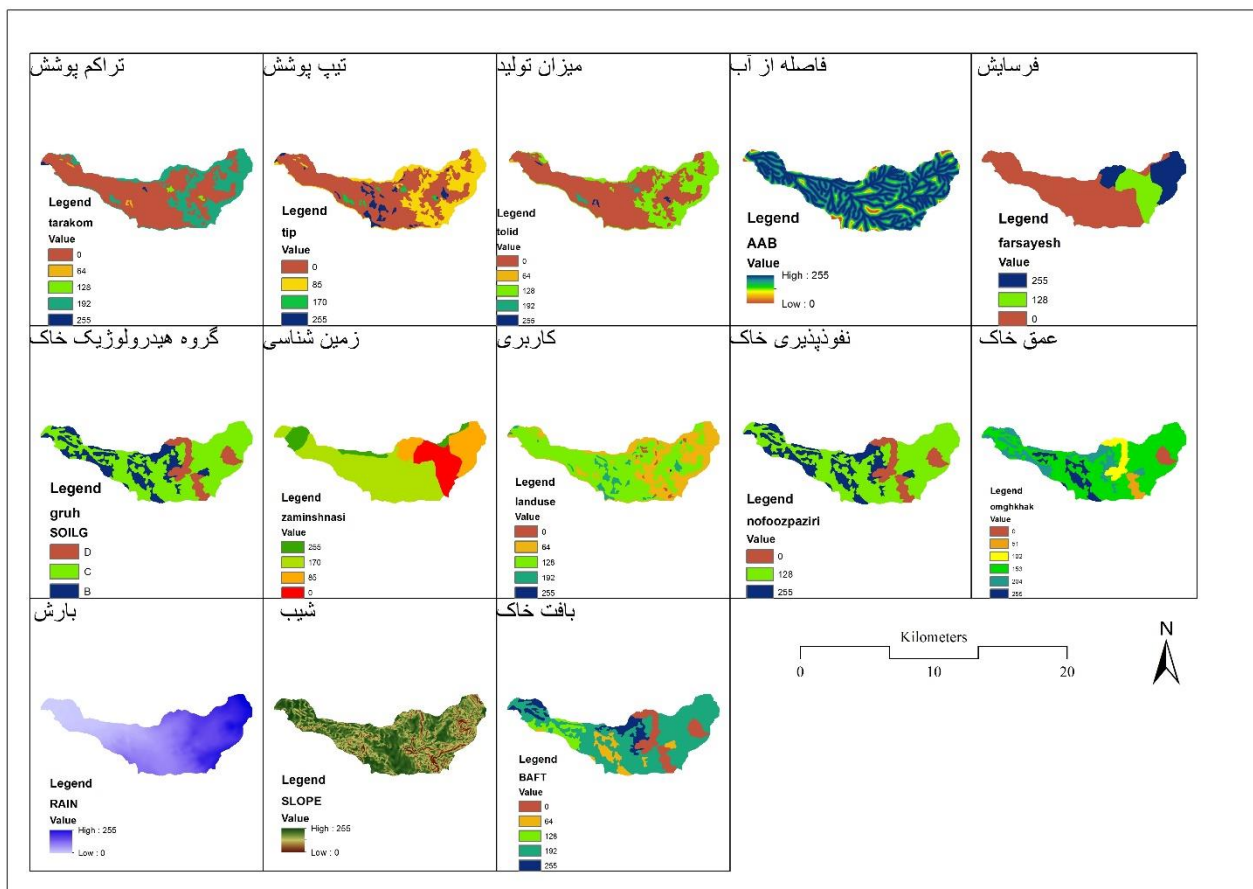
نتایج مربوط به فازی‌سازی معیارهای فیزیکی،

زیستی، اقتصادی- اجتماعی

بعد از تعیین وزن معیارهای فیزیکی و زیستی، لازم بود تا معیارهای مورد استفاده فازی شوند. هدف از این کار هم‌مقیاس‌سازی تمامی لایه‌ها در مقیاس ۰ تا ۲۵۵ بود تا بتوان روی هم‌گذاری کرد و نقشه قابلیت را برای کشاورزی به دست آورد. بدین منظور بسته به نوع

جدول ۶- نحوه فازی‌سازی لایه‌ها

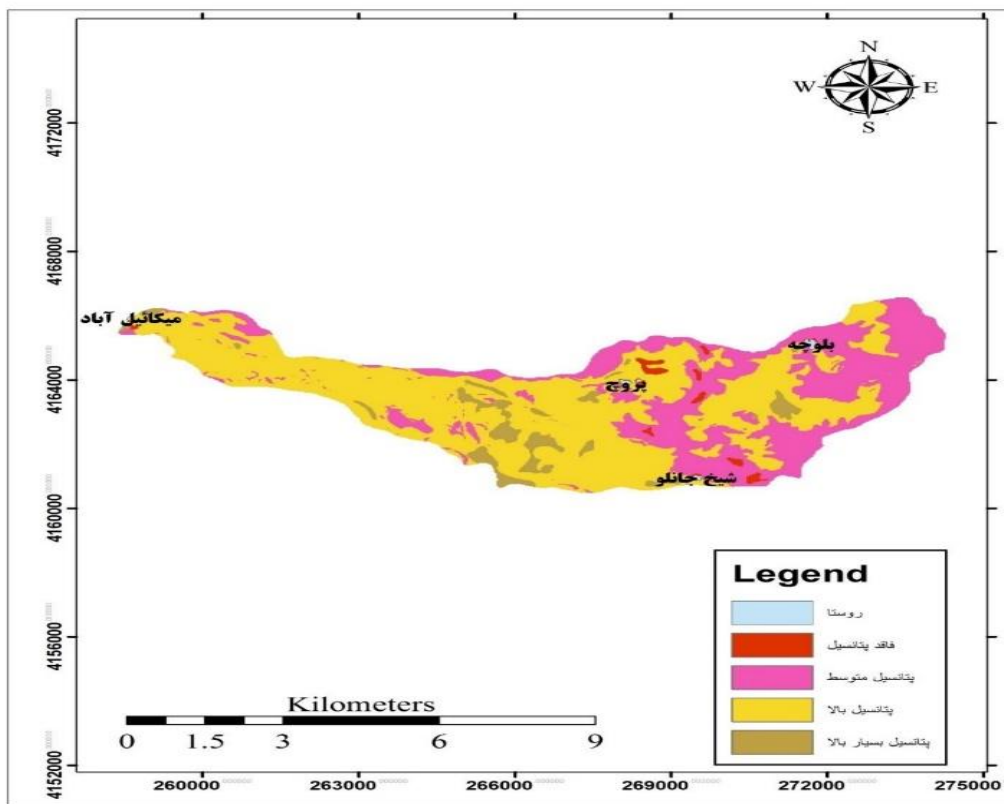
ردیف	معیار	نوع تابع	توضیحات
۱	زمین‌شناسی	گسسته	کواترنری معادل ۲۵۵، پلی سنی معادل ۱۷۰، ائوسین میانی معادل ۸۵، کرتاسه معادل صفر.
۲	شیب	خطی کاهنده	از ۰ تا ۳۰ معادل ۲۵۵ تا صفر و بیشتر از ۳۰ معادل صفر
۳	تیپ پوشش گیاهی	گسسته	زراعت آبی معادل ۲۵۵، گون-شکرتیغال-فرفریون معادل ۱۷۰، گون - فرفریون معادل ۸۵، خارشتر-فرفریون و سایر اراضی معادل صفر.
۴	بارش	خطی افزایشی	از ۲۸۰ تا ۴۳۰ معادل صفر تا ۲۵۵
۵	عمق خاک	گسسته	خیلی عمیق معادل ۲۵۵، عمیق معادل ۲۰۴، متوسط معادل ۱۵۳، کم عمق معادل ۱۰۲، خیلی کم عمق معادل ۵۱، فاقد عمق معادل صفر
۶	کاربری اراضی	گسسته	باغ معادل ۲۵۵، زراعت آبی ۱۹۲، زراعت دیم معادل ۱۲۸، مرتع معادل ۶۴، مسکونی و رخنمون سنگی معادل صفر
۷	فاصله از آب	خطی کاهنده	از صفر تا ۵۸۳ متر معادل ۲۵۵ تا صفر.
۸	میزان حساسیت به فرسایش	گسسته	III معادل ۲۵۵، IV معادل ۱۲۸، VII معادل صفر.
۹	میزان نفوذپذیری	گسسته	زیاد معادل ۲۵۵، متوسط معادل ۱۲۷ و کم معادل صفر.
۱۰	گروه هیدرولوژیک	گسسته	B معادل ۲۵۵، C معادل ۱۲۸ و D معادل صفر.
۱۱	تراکم پوشش گیاهی	گسسته	زیاد معادل ۲۵۵، متوسط معادل ۱۹۲، کم معادل ۱۲۸، خیلی کم معادل ۶۴، سایر اراضی
۱۲	میزان تولید علوفه	گسسته	۵۸۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۲۵۵، ۴۱۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۱۹۲، ۲۳۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۱۲۸، ۸۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۶۴، سایر اراضی.
۱۳	بافت خاک	گسسته	فاقد بافت معادل صفر، لوم شنی معادل ۶۴، شنی معادل ۱۲۸، رسی معادل ۱۹۲، رسی لوم معادل ۲۵۵



شکل ۵- نقشه فازی شده معیارها

منطقه برای کشاورزی در مقیاس ۰ تا ۲۵۵ به دست آورده و در ادامه به منظور تفکیک بهتر طبقات پتانسیل منطقه برای کشاورزی، با استفاده از دستور (*Reclassify*) در سیستم اطلاعات جغرافیایی شکل ۶ به دست آمد که نشان‌دهنده طبقات پتانسیل کشاورزی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. به گونه‌ای که مناطق با پتانسیل طبقه یک از بیشترین ارزش و مناطق با پتانسیل طبقه چهار از کمترین ارزش برای کشاورزی برخوردار هستند.

روی همگذاری نقشه‌ها و تهیه نقشه پتانسیل منطقه برای کشاورزی پس از تعیین وزن معیارها و فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی، جهت همپوشانی لایه‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی از روش ترکیب خطی وزن‌دار که یکی از متداول‌ترین مدل در کار بر روی مسائل تصمیم‌گیری چند صفتی مکانی می‌باشد، استفاده گردید و در نهایت با تلفیق وزن به دست آمده از نتایج فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فازی‌سازی لایه‌ها و فرمول‌نویسی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه پتانسیل



شکل ۶- نقشه طبقات پتانسیل کشاورزی

**نتیجه‌گیری کلی**

به‌منظور نمایش طبقات پتانسیل منطقه برای کشاورزی با استفاده از قابلیت‌های جی‌آی‌اس، نقشه قابلیت منطقه در قالب چهار کلاس تهیه شد تا بتوان درجه قابلیت سرزمین را برای هدف موردنظر مشخص نمود. طبقات قابلیت شامل چهار سطح طبقه یک (پتانسیل

بسیار بالا)، طبقه دو (پتانسیل بالا)، طبقه سه (پتانسیل متوسط) و طبقه چهار (فاقد پتانسیل) می‌باشد. جدول ۷ به‌منظور نمایش مساحت هر یک از طبقات پتانسیل ارائه شده است، که نشان می‌دهد بیشترین مساحت از منطقه را به ترتیب اراضی با پتانسیل طبقه دو، سه، یک و چهار تشکیل داده است.

جدول ۷- مساحت طبقات پتانسیل کشاورزی در حوضه میکائیل آباد

ردیف	کلاس پتانسیل	مساحت (هکتار)	(درصد)
۱	طبقه یک (پتانسیل بسیار بالا)	۲۳۹/۴۳	۵/۲۲
۲	طبقه دو (پتانسیل بالا)	۲۷۱۵/۸۱	۵۹/۳۱
۳	طبقه سه (پتانسیل متوسط)	۱۵۵۹/۸۱	۳۴/۰۹
۴	طبقه چهار (فاقد پتانسیل)	۶۳/۳۱	۱/۳۸

طبق نتایج به‌دست‌آمده قسمت‌های مرکزی و غربی منطقه از پتانسیل بالایی برای انجام فعالیت

کشاورزی برخوردار است. قسمت‌های شرقی منطقه نیز از پتانسیل متوسطی برخوردار هستند. بر اساس شکل

زمین‌شناسی از نوع پلی‌سنی، شیب کمتر از پنج درصد، تیپ پوشش گیاهی گون و شکر تیغال و فرفریون، بارش بیشتر از ۲۵۰ میلی‌متر (بر اساس نقشه پهنه‌بندی تهیه شده از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک نزدیک حوزه مورد مطالعه)، عمق زیاد، کاربری زراعت آبی و دیم، نزدیک به مناطق آبی و فرسایش کم یا متوسط، نفوذپذیری خاک زیاد، گروه هیدرولوژیک B، تراکم پوشش گیاهی متوسط و تولید علفه ۴۱۰ کیلوگرم بر هکتار می‌باشند. در مناطق با توان طبقه یک بهتر است که فعالیت کشاورزی به صورت زراعت آبی و باغداری و در مناطق با توان طبقه دو زراعت دیم انجام گیرد.

پس از پهنه‌بندی و طبقه‌بندی نقشه‌های نهایی پتانسیل منطقه برای کشاورزی به منظور تعیین میزان مطابقت پتانسیل منطقه برای فعالیت کشاورزی با کاربری فعلی اراضی، نقشه پتانسیل با نقشه کاربری فعلی منطقه روی هم‌گذاری شد. در ادامه مناطقی که دارای پتانسیل بالا (طبقه ۲) یا خیلی بالا (طبقه ۱) برای کشاورزی بودند و در شرایط حاضر نیز دارای کاربری زراعت دیم و آبی بودند، مشخص شد که از مساحتی بالغ بر ۲۹۳۶/۷ هکتار برخوردار است و بنابراین در ۶۱/۸ درصد از منطقه کاربری فعلی برای کشاورزی با پتانسیل آن برای فعالیت کشاورزی مطابقت دارد.

نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در قسمت‌هایی از منطقه که دارای توان مناسب برای زراعت طبقه ۱ و ۲ می‌باشد بهتر است با حفظ کاربری فعلی (زراعت)، به ادامه فعالیت کشاورزی پرداخته شود هر چند که با انجام مطالعات بیشتر می‌توان به انتخاب گونه مناسب کشت در منطقه نیز که در شرایط فعلی گندم و جو می‌باشند، پرداخت. در اراضی با کلاس ۳ برای کشاورزی بهتر است به انجام فعالیت‌های جایگزین کشاورزی نظیر نوغان‌داری و زنبورداری پرداخت. همچنین در این اراضی می‌توان به انجام فعالیت‌های مرتبط با صنایع تبدیلی در منطقه پرداخت تا ضمن ایجاد اشتغال بیشتر از نظر اقتصادی نیز بهره بیشتری برد. در اراضی با طبقه

۶، نواحی مجاور روستاهای شیخ جانلو و میکائیل آباد در جنوب و غرب حوضه در شرایط مطلوب‌تری نسبت به روستای پروچ که در قسمت مرکزی متمایل به شرق منطقه قرار گرفته است برخوردار است و روستای بلوچه که در قسمت شرقی منطقه واقع شده است نسبت به سه روستای دیگر از پتانسیل کمتری برای کشاورزی برخوردار است. بر اساس این نقشه روستای میکائیل آباد و شیخ جانلو نسبت به روستاهای دیگر حوضه از مطلوبیت بیشتری برای انجام فعالیت کشاورزی برخوردار است.

بر اساس نتایج تحقیق ۶۳/۳۱ هکتار (۱/۳۸ درصد) از مساحت منطقه دارای توان طبقه چهار برای کشاورزی است که این مناطق اصلاً برای فعالیت کشاورزی مناسب نیست. این مناطق در واقع همان اراضی برونزد سنگی یا مسکونی در ناحیه مورد نظر (در نقشه کاربری اراضی) می‌باشند که امکان انجام فعالیت کشاورزی در آن میسر نمی‌باشد.

همچنین ۱۵۵۹/۸۱ هکتار (۳۴/۰۹ درصد) از مساحت منطقه دارای توان طبقه سه برای اجرای فعالیت کشاورزی است که طبقه متوسط محسوب می‌شود و برای اجرای فعالیت کشاورزی نسبتاً مناسب است اما می‌توان با فعالیت‌های نظیر زنبورداری و غیره سطح راندمان تولید را بالا برده و به لحاظ اقتصادی نیز بهره بیشتری برد.

اما در منطقه مورد مطالعه و بر اساس نتایج ۲۳۹/۴۳ هکتار و ۲۷۱۵/۸۱ هکتار ( ۵/۲۲ و ۵۹/۳۱ درصد) از مساحت منطقه به ترتیب دارای توان طبقه یک و دو برای اجرای فعالیت کشاورزی است. مناطق با توان طبقه یک دارای واحدهای با میزان فرسایش کم، نزدیک به آب، شیب کمتر از دو درصد، نفوذپذیری خاک زیاد، گروه هیدرولوژیک خاک B و کاربری فعلی عمدتاً زراعت آبی، بارش بیشتر از ۴۰۰ میلی‌متر، عمق خیلی زیاد، می‌باشد.

مناطق با توان طبقه دو دارای واحدهای

چهار اما نمی‌توان فعالیت کشاورزی را انجام داد، در این نواحی بهتر است انجام فعالیت‌های مرتبط با حفظ آب‌و‌خاک نظیر انجام فعالیت‌های مرتع‌داری پرداخته شود.

تا شرایط برای چرای دام و دامداری در منطقه نیز مهیا شود.

#### منابع مورد استفاده

- Al-Shalabi MA, Mansor SB, Ahmed NB, Shiriff R. 2006. GIS based multi criteria approaches to housing site suitability assessment. XXIII FIG Congress, October 8–13, Germany.
- Amiri H, Mansouri GhR, Mansouri MR, Darwishi H. 2016. Evaluating the power of ecotourism in Lorestan province using AHP-fuzzy in GIS environment. *Journal of Recent Research in Humanities*, 14:175-190.
- Bandyopadhyay S, Jaiswal RK, Hegde VS, Jayaraman V. 2009. Assessment of land suitability potentials for agriculture using a remote sensing and GIS based approach. *International Journal of Remote Sensing*, 30(4): 879–895.
- Department of natural resources and watershed management, 2016, Watershed study in Mikaeel Abad watershed (Khalkhal town), 2016. Watershed office, soil and climatology study reports.
- Duc TT. 2006. Using GIS and AHP technique for land-use suitability analysis", In: International Symposium on Geo informatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences (GIS-IDEAS 2006). 9–11 November, Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Ghodsipur H. 2012. Analytical Hierarchy Process of AHP, Amir Kabir University of Technology Publishing, 5: 4.
- Hossein S, Das N.2010. GIS based multi criteria evaluation to land suitability modelling for giant grown (*Macrobrachium rosenbergii*) farming companigongs upazila of Bangladesh. *Computers and electronics in agriculture*, 70: 172-186.
- karam A. 2005. Analysis of Land Suitability for Physical Development in the Northwest Shiraz Axis Using the MCE Multidisciplinary Approach in the Geographic Information System Environment, *Journal of Geographic Research*, 54: 94-106.
- Karami A, Hosseini Nasr SM, Jalilvand H, Mir Yaghoobzadeh MH. 2013. Estimation of Ecological Capacity of Babolrood Area for Agricultural Use Using Analytical Hierarchy Process (AHP), *Journal of the Iranian Natural Ecosystem*, 5(48): 38-48.
- Kazemi Posht Masari H, Tahmasebi Sarvestani Z, Kamkar B, Shatay Sh and Sadeghi S. 2011. Agronomy-ecological zoning of agricultural lands of Golestan province for cultivating rapeseed using GIS and Analytical Hierarchy Process (AHP), *Journal of Electronic Production of Agricultural Plants*, 5(1): 123-139.
- Mendas A, Delli A. 2012. Integration of multicriteria decision analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: application to durum wheat cultivation in the region of melta in Algeria, *Computers and Electronics in Agriculture*, 83: 117-126.
- Moteiy Langroudi H, Nasiri H, Azizi A, Mostafaei A. 2012. Modeling the ecological potential of the land from the perspective of agricultural and rangeland applications using the Fuzzy AHP method in the GIS environment. *Land Exposure*, Year 4, 6:101-124.
- Nuri SH, S.A. Seyedaei S, Kiani Z, Soltani & A nurouzi-Avergani. 2010. Evaluation of environment ecological capability to determine suitable areas for agriculture using GIS (central zone of Kiar township). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 37: 33-46.
- Parakash TN, 2003. Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multi criteria Decision Making Approach. MSc Thesis. The International Institute for Geo-information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands.

- Perveen MF, Nagasawa R, Uddin MI, Delowar HKM. 2007. Crop-land suitability analysis using a multi criteria evaluation & GIS approach. 5th International Symposium on Digital Earth (ISDE5), June 5–9, University of California, Berkeley, USA.
- Rezapur N. 2015. Evaluation of Ecological Capacity of Tahayar Dam Basin for Recreational Activities Using Analytical Hierarchy Process (AHP). MS thesis, Payame Noor University of Tehran, Tehran Shargh Center.
- Saaty TL. 1986. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used, *Mathematical Modelling*. Volume 9(3–5): 161-176.
- Salman Mahini A and Gholamalifard M, 2006. Siting MSW landfills with a weighted linear combination methodology in a GIS environment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 3: 435-445.
- Sui DZ. 1999. A Fuzzy GIS Modeling Approach for Urban land Evaluation. *Computer, Environment, and Urban systems*.
- Wang F, 1994. The use of artificial neural networks in a geographical information system for agricultural land-suitability assessment. *Environment and Planning*, 26: 265–284.