نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۳۰ شماره ۱ / بهار ۱۳۹۹

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 [۱*]، حسین کوهستانی [۲]، شاپور ظریفیان[۲] ، فاطمه کاظمیه [۳]

تاریخ دریافت: ۹۸/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۸/٤/۲۲

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 میکائیل‌آباد شهرستان خلخال در استان اردبیل با روش تحلیل سلسله مراتبی- 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 سلسله مراتبی و از توابع فازی‌سازی استفاده شد و در محیط نرم‌افزار *Arc GIS10* با استفاده از عملگر ترکیب خطی وزنی کلیه‌ی 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 ٦٥٪ 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 در٦١/٨ 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: پهنه بندی، 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 [1*], Hossein Koohestani [2], Shapoor Zarifian[2], Fatemeh Kazemieh[3]

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 (کرمی 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 عملا" 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 (شلبی 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 ۱۹۹٤) 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 خصوصیاتی مانند توانایی اخذ و تبادل از منابع مختلف، سازماندهی، دریافت و نمایش به‌موقع اطلاعات، تجزیه‌وتحلیل داده‌های گوناگون و امکان ارائه خدمات چندمنظوره، به‌عنوان ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی، به‌ویژه ارزیابی‌های چند عامله مطرح است (کرم ۲۰۰۵). ازآنجائی‌که در ارزیابی چند معیاره،

معیارها در واحدهای متفاوتی اندازه‌گیری می‌شـــوند، امکان مقایســه آن‌ها با یکدیگر وجود ندارد. از همین رو لازم اسـت ابتدا معیارها در یک قالب مشخص استاندارد شـوند (سلمان مهینی و همکاران ۲۰۰۶) که در این میان اسـتفاده از روش فازی برای اسـتانداردسازی لایه‌ها در سال‌های اخیر بسیار مرسوم شده است.

در ارتباط با موضوع تحقیق، تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور انجام‌شده 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 تجزیه‌وتحلیل 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*[1] پس از اختصاص وزن به‌روش *AHP*[2] ، روی‌هم‌گذاری 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 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 درنهایت، کلیه لایه‌ها با استفاده از روش ترکیب خطی وزن‌دار تلفیق شده‌اند و نقشه نهایی توان اکولوژیکی منطقه به‌دست 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 اسـتفاده از تحقیقات صورت گرفته و مرور منـابع می‌توان چنین نتیجـه‌گیری نمود کـه برای پهنه‌بندی اراضـــی با اســـتفاده از *GIS* و *MCDM*[3] ها در یک رویکرد تلفیقی مســـتلزم در نظر گرفتن مســـئله عدم قطعیت و عدم دقت مرتبط با عدم آگاهی تصـــمیم‌گیرنده در اختصـــاص دادن وزن و اهمیت نســـبی معیارهاســـت. این امر را می‌توان بـا اســـتفاده از منطق فازی به‌عنوان

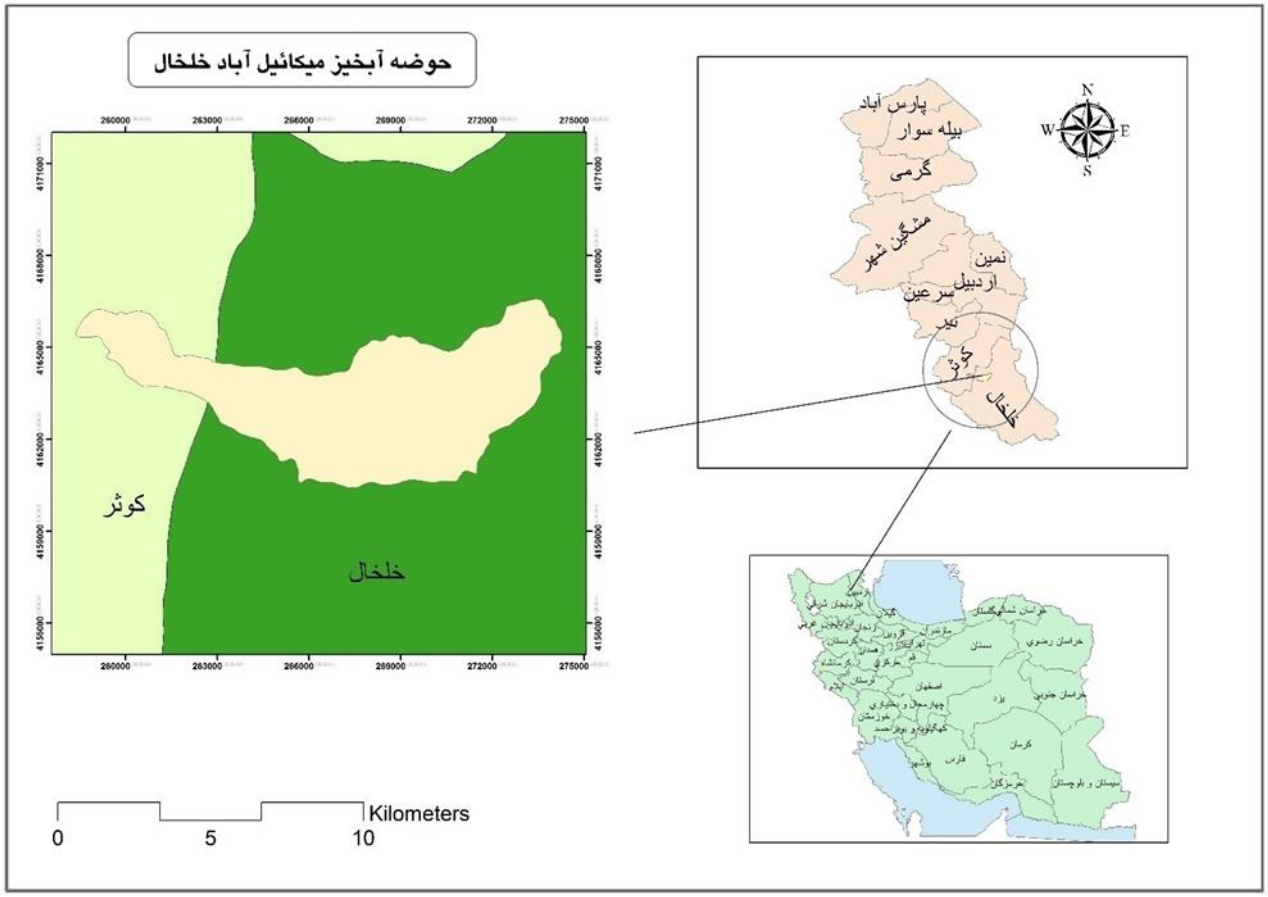
1 Geographic Information System
2 Analytical Hierarchy Process
3 Multi Criteria Decision Making

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. به‌عبارت‌دیگر 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 به‌لحاظ انعطاف‌پذیری و امکان اختصاص وزن در این روش، از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

محدوده موردمطالعه

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.



شکل ۱- موقعیت حوضه مورد مطالعه

مواد و روش ها

این تحقیق به‌لحاظ 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، به‌شکل 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 قرارگرفته 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 نُه رتبه‌بندی شدند. لذا به‌منظور 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 ٦ نفر دکتری آمایش سرزمین) که به‌صورت 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 Choice11* استفاده شد.

برای مقایسات زوجی از مقادیر ترجیحات ۹ طیفی استفاده شد (ساعتی ۱۹۸٦). 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).

جدول۱- مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (ساعتی ۱۹۸۶)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر	(Extremely Preferred)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(Very Strongly Preferred)	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	(Strongly Preferred)	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	(Moderately Preferred)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	(Equally Preferred)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۲و٤و٦و۸

ج. تلفیق لایه‌ها

در این تحقیق از ترکیب خطی وزنی (*WLC*[4]) 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 درنهایت با جمع‌کردن همه این نقشه‌ها، نقشه پهنه‌بندی اراضی مستعد کشاورزی در محیط جی‌آی‌اس به دست آمد.

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.

جدول۲- معیارها

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

4 Weighted Linear Combination

بر اساس نقشه‌های تهیه‌شده در منطقه موردمطالعه 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 موردمطالعه، 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 *Topo To Raster* و با استفاده از فایل رقومی توپوگرافی منطقه، 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.

جدول ۳- ماتریس مقایسات زوجی و وزن معیارهای سطح اول

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

شکل ۲- نمودار وزن معیارهای سطح اول

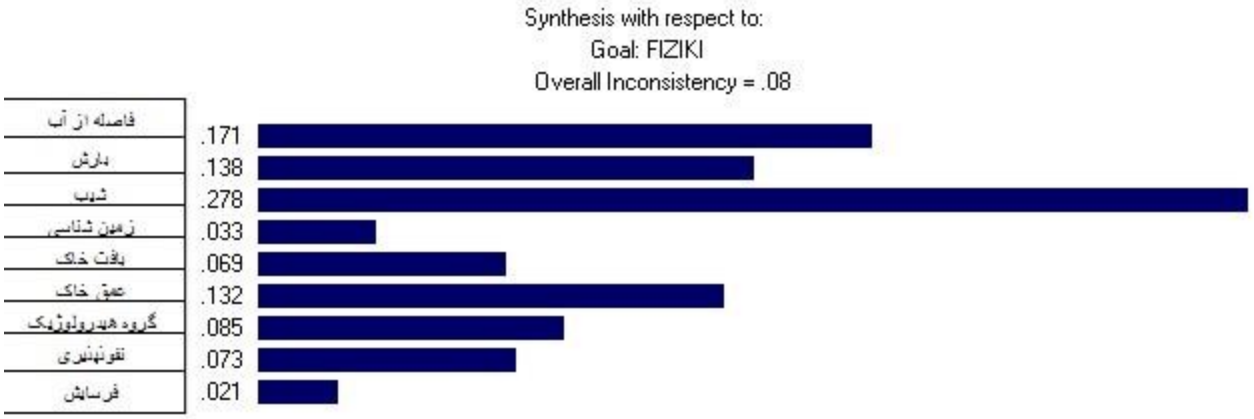
نتایج به‌دست‌آمده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی *(AHP)*، وزن‌دهی به معیارهای سطح دوم (عوامل فیزیکی)

بعد از وزن‌دهی به معیارهای سطح اول لازم بود 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،

مهم‌ترین عـامـل فیزیکی عامل شـــیب و بعد از آن عامل فاصـله از آب می‌باشد. همچنین در این بین کمترین وزن را عامل فرســـایش (درجات شـــدت فرســـایش) به‌خود اختصـاص داده است. همچنین میزان نرخ ناسازگاری با توجه به مقایسات صورت گرفته برابر ۰/۰۸ به‌دست آمد که چون از مقدار ۰/۱ کمتر بود لذا قابل‌قبول 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	٤	۱/۳	٦	۱	۱/۲	۲	۳	۷	۰/۱۷۱
بارش		۱	۱/۳	۳	۲	۳	۲	۲	٤	۰/۱۳۸
شیب			۱	٦	٥	۲	۳	٤	۷	۰/۲۷۸
زمین شناسی				۱	۱/٤	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۲	۰/۰۳۳
بافت					۱	۱/۳	۱/۲	۱/۲	۲	۰/۰٦۹
عمق						۱	۱	۲	٥	۰/۱۳۲
گروه هیدرولوژیک							۱	۲	۳	۰/۰۸٥
نفوذپذیری								۱	۲	۰/۰۷۳
فرسایش									۱	۰/۰۲۱



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

نتایج به‌دست‌آمده 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 قابل‌قبول 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)

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

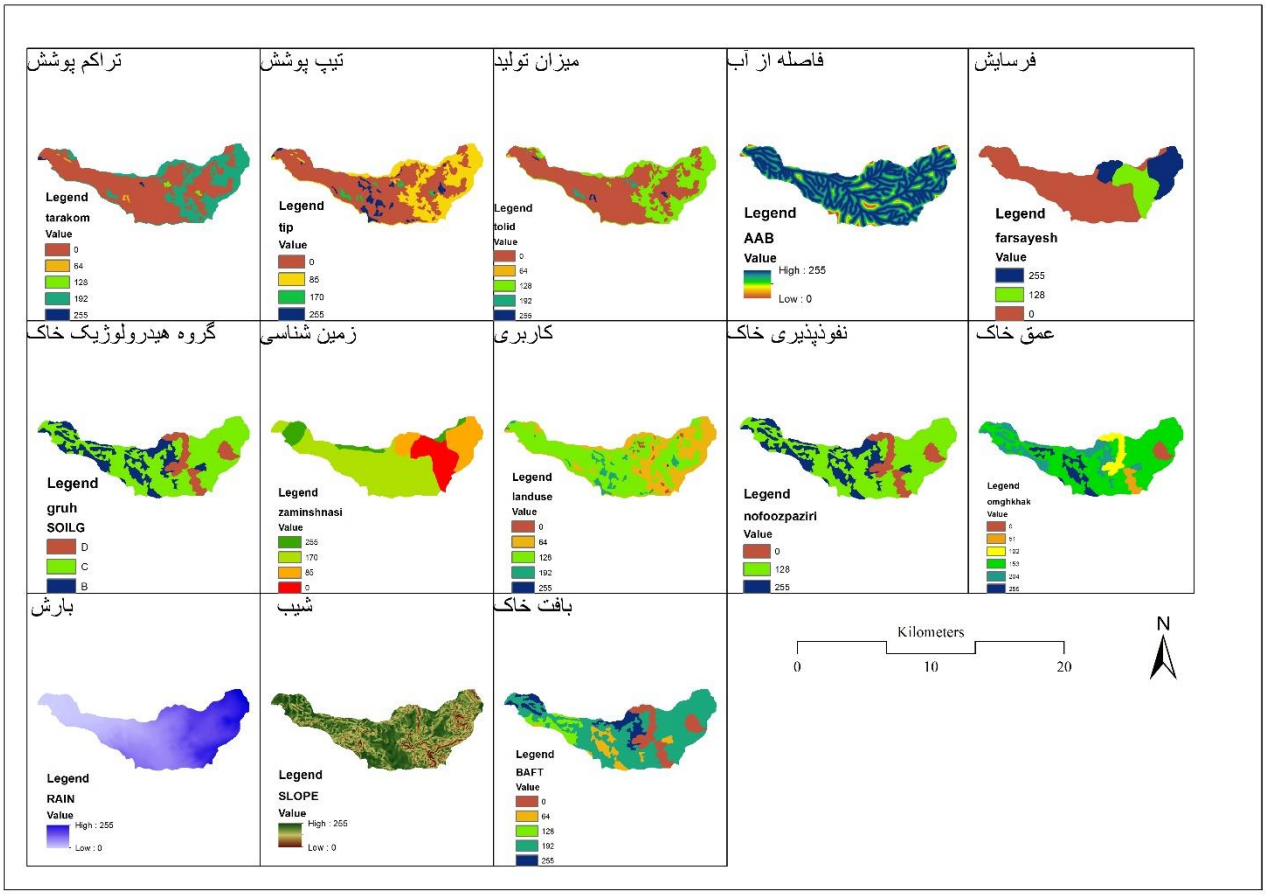
شکل۴- نمودار وزن معیارهای سطح سوم عوامل زیستی (پوشش گیاهی)

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 به‌دست آورد. بدین منظور بسته به نوع لایه (گسسته یا پیوسته)، هم‌مقیاس‌سازی لایه‌ها با روش گسسته یا فازی انجام شد. جدول ٦، 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 تبدیل‌شده و فازی شدند.

جدول۶- نحوه فازی‌سازی لایه‌ها

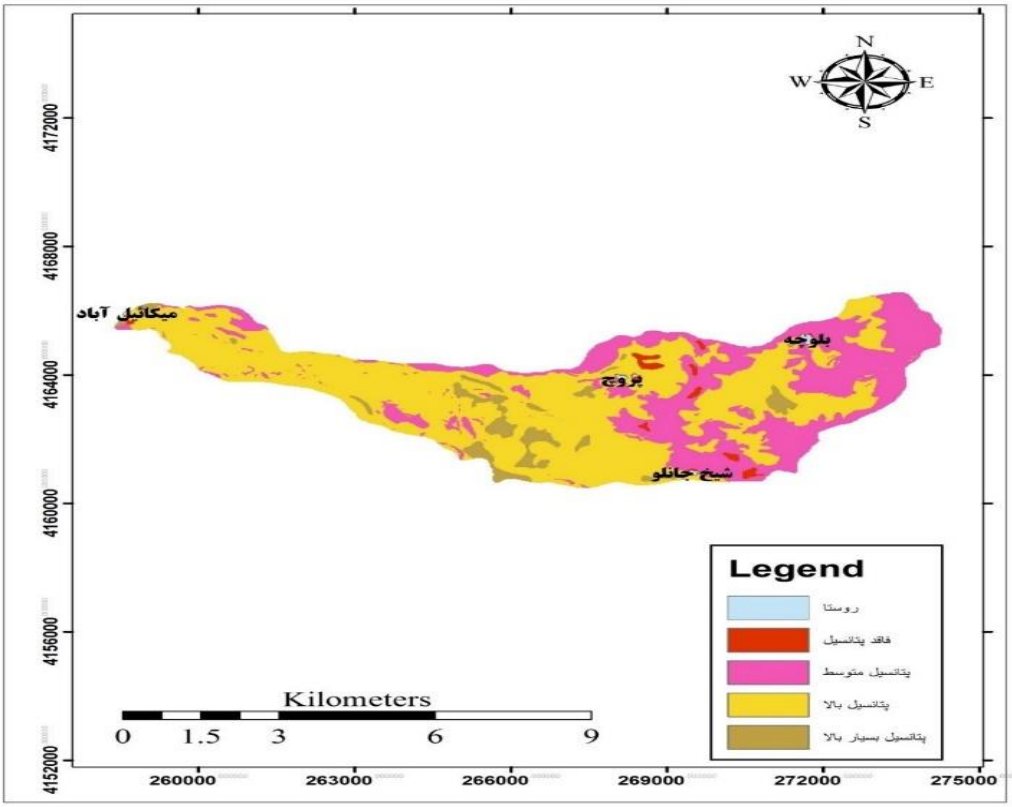
ردیف	معیار	نوع تابع	توضیحات
۱	زمین‌شناسی	گسسته	کواترنری معادل ۲۵۵، پلی سنی معادل ۱۷۰، ائوسین میانی معادل ۸۵، کرتاسه معادل صفر.
۲	شیب	خطی کاهنده	از ۰ تا ۳۰ معادل ۲۵۵ تا صفر و بیشتر از ۳۰ معادل صفر
۳	تیپ پوشش گیاهی	گسسته	زراعت آبی معادل ۲۵۵، گون-شکرتیغال-فرفریون معادل ۱۷۰، گون – فرفیون معادل ۸۵، خارشتر-فرفریون و سایر اراضی معادل صفر.
٤	بارش	خطی افزاینده	از ۲۸۰ تا ٤۳۰ معادل صفر تا ۲۵۵
٥	عمق خاک	گسسته	خیلی عمیق معادل ۲۵۵، عمیق معادل ۲۰٤، متوسط معادل ۱۵۳، کم‌عمق معادل ۱۰۲، خیلی کم‌عمق معادل ۵۱، فاقد عمق معادل صفر
٦	کاربری اراضی	گسسته	باغ معادل ۲۵۵، زراعت آبی ۱۹۲، زراعت دیم معادل ۱۲۸، مرتع معادل ٦٤، 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 ۱۲۷و 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 ٦٤، سایر اراضی
۱۲	میزان تولید علوفه	گسسته	۵۸۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۲۵۵، ٤۱۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۱۹۲، ۲۳۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ۱۲۸ ، ۸۰ کیلوگرم بر هکتار معادل ٦٤، سایر اراضی.
۱۳	بافت خاک	گسسته	فاقد بافت معادل صفر، لوم شنی معاد ٦٤، شنی معدل ۱۲۸، رسی معادل ۱۹۲ ، رسی لوم معادل ۲۵۵



شکل ۵- نقشه فازی شده معیارها

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 صفته مکانی می‌باشد، استفاده گردید و در نهایت با تلفیق وزن به‌دست آمده از نتایج فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و فازی‌سازی لایه‌ها و فرمول‌نویسی در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه پتانسیل منطقه برای کشاورزی در مقیاس ۰ تا ۲۵۵ به‌دست آورده و در ادامه به‌منظور تفکیک بهتر طبقات پتانسیل منطقه برای کشاورزی، با استفاده از دستور *(Reclassify)* در سیستم اطلاعات جغرافیایی شکل ٦ به دست آمد که نشان‌دهنده طبقات پتانسیل کشاورزی منطقه موردمطالعه می‌باشد. به‌گونه‌ای که مناطق با پتانسیل طبقه یک از بیشترین ارزش و مناطق با پتانسیل طبقه چهار از کمترین ارزش برای کشاورزی برخوردار هستند.



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.

جدول۷ به‌منظور نمایش مساحت هر یک از طبقات پتانسیل ارائه‌شده 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)	۲۳۹/٤۳	٥/۲۲
۲	طبقه دو (پتانسیل بالا)	۲۷۱٥/۸۱	٥۹/۳۱
۳	طبقه سه (پتانسیل متوسط)	۱٥٥۹/۸۱	۳٤/۰۹
٤	طبقه چهار (فاقد پتانسیل)	٦۳/۳۱	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

٦، 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 ٦٣/٣١ هکتار (١/٣٨درصد) 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 موردنظر (در نقشه کاربری اراضی) می‌باشند که امکان انجام فعالیت کشاورزی در آن میسر نمی‌باشد.

همچنین ١٥٥٩/٨١ هکتار (٣٤/٠٩ 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 بالابرده و به لحاظ اقتصادی نیز بهره بیشتری برد.

اما در منطقه موردمطالعه و بر اساس نتایج ٢٣٩/٤٣ هکتار و ٢٧١٥/٨١ هکتار (٥/٢٢ و ٥٩/٣١ 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 ٤٠٠ میلی‌متر، عمق خیلی زیاد، می‌باشد.

مناطق با توان طبقه دو دارای واحدهای زمین‌شناسی از نوع پلی‌سنی، شیب کمتر از پنج درصد، تیپ پوشش گیاهی گون و شکرتیغال و فرفریون، بارش بیشتر از ٣٥٠ میلی‌متر (بر اساس نقشه پهنه‌بندی تهیه‌شده از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک نزدیک حوزه موردمطالعه)، 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 علوفه ٤١٠ کیلوگرم بر هکتار می‌باشند. در مناطق با توان طبقه یک بهتر است که فعالیت کشاورزی به‌صورت 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 به‌منظور 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 ٢) یا خیلی بالا (طبقه ١) برای کشاورزی بودند و در شرایط حاضر نیز دارای کاربری زراعت دیم و آبی بودند، مشخص شد که از مساحتی بالغبر ٢٩٣٦/٧ هکتار برخوردار است و بنابراین در ٦١/٨ 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 ١ و ٢ می‌باشد بهتر است با حفظ کاربری فعلی (زراعت)، به ادامه فعالیت کشاورزی پرداخته شود هرچند 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 ٣ 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 ازنظر اقتصادی نیز بهره بیشتری برد. در اراضی با طبقه

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 مورداستفاده

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 rosenber*gii) 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 Yaghobzadeh 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.