فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۵۰، پاییز ۹۸

ارزیابی و پهنه‌بندی تناسب سرزمین برای کاربری مرتع با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی- منطق فازی AHP-FUZZY

(مطالعه‌ی موردی: حوضه آبخیز سقزچی چای اردبیل)

داریوش ناصری[1]*

d.naseri1990@yahoo.com

دکتر علی اکبر شمسی پور[2]

دکتر محمد رضوانی[3]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۰۵**

چکیده

حفاظت، بهره‌برداری و مدیریت پایدار از منابع آبخیز با هدف تأمین نیازهای نسل حاضر و حفظ این منابع برای نسل‌های آتی، از اولویت‌های اساسی است. هدف این پژوهش، تعیین درجه‌ی تناسب سرزمین برای کاربری مرتع با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره (MCE) بر مبنای منطق فازی است. با در نظرگیری مدل اکولوژیک مخدوم برای کاربری مرتع، نه معیار بارش ، ارتفاع، شیب، بافت خاک، رسوب، خاک، گروه هیدرولوژیک خاک، عمق خاک، تراکم پوشش گیاهی و کاربری موجود زمین برای ارزیابی انتخاب و از سازمان‌ها و ادارات مربوطه تهیه گردید. برای تعیین وزن هر معیار از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد و در نرم‌افزار Arc/GIS9.3 با استفاده از عمل-گر ترکیب خطی وزنی (WLC) کلیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی با همدیگر تلفیق شدند و نقشه‌ی رستری توان مرتع‌داری تهیه شد. تناسب نهایی منطقه برای مرتع‌داری به ۵ طبقه‌ی بسیار خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی شد و نقشه‌ی پهنه‌بندی آن تهیه شد. نتایج نشان داد که ۱۱۸۶ هکتار (۱۵/۶ ٪) از منطقه دارای توان بسیار خوب، ۱۶۶۷/۷ هکتار (۲۲/۰۹ ٪) توان خوب، ۱۸۷۲/۵ هکتار (۲۴/۶۶ ٪) توان متوسط، ۲۱۷۶ هکتار (۲۸/۶۳ ٪) توان ضعیف و ۶۸۰ هکتار (۸/۹ ٪) بسیار ضعیف برای مرتع‌داری است. نتایج نشان می‌دهد که ترکیب سامانه‌ی اطلاعاتی جغرافیایی و تصمیم‌گیری‌های چند متغیره در ارزیابی تناسب سرزمین برای کاربری کشاورزی-مرتع داری بسیار کارآمد می‌باشد.

واژگان کلیدی: ارزیابی چند معیاره، سقزچی چای، مرتع، منطق فازی، AHP.

۱- باشگاه پژوهشگران جوان، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.

۲- استادیار، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار، دانشگاه پیام نور-گروه علمی محیط زیست و منابع طبیعی - تهران ۴۶۹۷ – ۱۹۳۹۵ – ج .ا . ایران

Human and Environment., No. 50 Autumn 2019

Evaluation and zoning of land suitability for rangeland using AHP-FUZZY method (Case study: saghezchi chay catchment, Ardabil)

Daruosh Naseri[1*] *(Corresponding Author)*
d.naseri1990@yahoo.com
Aliakbar Shamsipour[2]
Mohammad Rezvani[3]

Abstract

Conservation, exploitation sustainable management of watershed resources in order to meet the needs of the present generation and preserve these resources for future generations, are one of the main priorities. The purpose of this study is to determine the suitability of the land for rangeland using Multi Criteria Evaluation (MCE) based on fuzzy logic. Considering makhdoom ecological model for pasture land use nine factors include rainfall, elevation, slope, soil, sediment, soil hydrologic group, soil depth, vegetation density and current land use were evaluated and prepared from relevant agencies departments. To determine the weight of the factors analytical hierarchy process (AHP) was used and by ArcGIS9.3 software and using weighted linear combination (WLC) operator, all of the layers were overlaid and then, final raster map was created. Final suitability of the area for rangeland were categorized to very good, good, mediate, poor and very poor categories and zoning map was made.
The results showed that 1186 ha (15.6%) of the area has a very good capability, 1677.7 ha (22.9%) has good capability, 1872.5 hectares (24.66%) has mediate capability, 2,176 hectares (28.63%) has poor capability and 680 ha (8.9%) has very weak capability for Range Management. The results show that the combination of geographic information system and multi criteria decision making in evaluation of the suitability of lands for agriculture and range land use is very efficient.

Key words: Multi Criteria Evaluation, Saghezchi Chay, Rangeland, Fuzzy Logic, AHP

1-Young Researchers Club, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran (*Corresponding Author)
2-Assistant Prof, Department of Physical Geography, Faculty of Geography University of Tehran, Tehran, Iran.
3-Assistant Professor, Department of Environment and Natural Resources, Payame Noor University,Tehran, I.R. of Iran

مقدمه

توسعه‌ی پایدار در هر نظام نیازمند مؤلفه‌های تشکیل‌دهنده‌ی آن است. مدیریت‌های علمی و بهینه‌ی کشاورزی و منابع طبیعی از مؤلفه‌های مهم توسعه‌ی پایدار به شمار می‌آیند. آب، خاک، جنگل و مراتع از ارکان اصلی منابع طبیعی و کشاورزی بوده و ازجمله عوامل زیربنای اقتصاد در هر کشوری هست. تلاش در حفظ این منابع، نه تنها استقلال اقتصادی و رفع وابستگی و حفظ محیط‌زیست را در پی دارد، بلکه باعث استقلال فرهنگی، سیاسی و نظامی که از دیگر شاخص‌های توسعه‌ی پایدار هستند، می‌گردد (۱). استفاده درخور و شایسته از منابع طبیعی و سرزمین یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشد اقتصادی است. گروه جهانی محیط‌زیست و توسعه، در ارتباط با تناسب سرزمین و توسعه‌ی پایدار برگزار شد و توسعه‌ی پایدار را به‌عنوان راه‌حلی برای تأمین نیاز نسل حاضر بدون درخطر انداختن نیازهای نسل آینده معرفی نمود (۲). لیکن در دهه‌های اخیر وابستگی زیاد دامداران به مراتع کشور درحال‌توسعه و افزایش روزافزون جمعیت موجب به هم خوردن تعادل دام و مرتع شده است (۳). مراتع کشور ما در سه دهه اخیر در مقایسه با دیگر منابع تجدیدشونده به شدت در معرض تخریب و انهدام قرار گرفته و عوارض جبران ناپذیری از قبیل فرسایش خاک، وقوع سیل، بیابان‌زایی گسترده، اتلاف و کمبود آب، متروکه ماندن کشتزارها به خاطر مهاجرت روستاییان به شهرها و...شده است. ارزیابی توان محیط‌زیست (چه توان اکولوژیکی و چه توان اقتصادی اجتماعی) آن عبارت است از برآورد استفاده‌ی ممکن انسان از کاربری‌های کشاورزی، مرتع‌داری، جنگل‌داری، پارک داری (حفاظت و توریسم)، آبزی‌پروری، امور نظامی، مهندسی و توسعه‌ی شهری، صنعتی و روستایی در چارچوب استفاده‌های کشاورزی، صنعت، خدمات و بازرگانی است (۴). به‌طور کلی هدف از ارزیابی سرزمین تعیین قابلیت یا استعداد سرزمین برای کاربردهای مشخص هم‌چون کشاورزی، جنگل، تولید الوار، گردشگری، فضای سبز، کاربردهای مهندسی (احداث ساختمان، دفن زباله، معادن برداشت شن، جاده‌سازی و...)، حفاظت حیات‌وحش و محیط‌زیست یا حفاظت حوضه‌های آبخیز است که در پایان با بررسی جنبه‌های فیزیکی و در صورت نیاز جنبه‌های اجتماعی اقتصادی سرزمین، بهترین و پایدارترین کاربری از زمین را مشخص می‌کند (۵). قسمت‌های وسیعی از مراتع ایران نیازمند مناسب‌ترین و سریع‌ترین شیوه‌های تلفیق اطلاعات جهت برنامه‌ریزی و طراحی‌های فعلی و آتی می‌باشد و ارزیابی قابلیت و مدیریت مراتع کشور به روشی توانا، پویا و کم‌هزینه دارد در این زمینه سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به‌خوبی می‌تواند نقش خود را ایفا کند (۶). استفاده از GIS[1] شامل ذخیره، مدیریت و تجزیه تحلیل داده‌های مکانی و غیر زمانی هست (۷). GIS یک ابزار پیش‌بینی کننده و تحلیلی برای برنامه‌ریزی سرزمین و آزمون نتایج تصمیمات توسعه‌های مختلف در سطح سیمای سرزمین قبل از به‌کارگیری آن‌هاست(۸). اراضی مرتعی به عنوان یکی از کاربری‌های سرزمین هست که علاوه بر تأمین بخشی از علوفه مورد نیاز دام، دخالت در تنظیم رژیم آبی، تعدیل آب و هوا، رفع نیازهای دارویی و صنعتی، تفرج، زیبایی و غیره، نقش خود را در حوضه‌های آبخیز تکمیل می‌نماید. بنابراین ارزیابی توان کاربری مرتع‌داری در حوضه‌های آبخیز به منظور برنامه‌ریزی درست و اصولی از اهمیت خاصی برخوردار است. این امر می‌تواند مدیران را در معرفی و ارزش‌گذاری اقتصادی خدماتی که اکوسیستم‌های مرتعی به جوامع بشری ارایه می‌دهند، یاری نماید (۹). در ارتباط با ارزیابی توان در داخل و خارج از کشور مطالعات زیادی صورت گرفته است. جوزی و همکاران در سال ۱۳۹۱، با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره SMCEM[2] و منطق فازی و استفاده از توابع S شکل به ارزیابی توان محیط زیستی منطقه‌ی حفاظت‌شده‌ی ورجین

1-Geographic Information System
2-Spatial multi criteria evaluation method

برای استقرار کاربری گردشگری پرداختند سپس با استفاده از تکنیک AHP[1] وزن دهی به معیارها را انجام داده و روابط ریاضی توسعه‌ی کاربری تفرج متمرکز و گسترده‌ی منطقه به دست آمد. سپس با روش ترکیب خطی وزن‌دارWLC[2] نقشه نهایی توان تفرجی منطقه به دست آمد (۹). عزیزی و همکاران (۱۳۸۶)، به ارزیابی توان اکولوژیک بخش مرکزی شهرستان کیار برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی و با استفاده از GIS پرداختند. پس از شناسایی منابع اکولوژیک و نقشه سازی در محیط GIS به مقایسه‌ی بین یگان‌ها و مدل پرداختند و پهنه‌های مستعد را شناسایی کردند (۱۰). کرمی و حسینی نصر (۱۳۹۲)، به ارزیابی توان اکولوژیک حوضه‌ی آبخیز بابل رود برای جنگل‌داری با استفاده از GIS پرداختند. با استفاده از روش دلفی و فرایند تحلیل سلسله مراتبی به تعیین وزن معیارها پرداختند و در نهایت با استفاده از تکنیک وزنی خطی در محیط GIS نقشه نهایی توان جنگل‌داری را تهیه کردند. نتایج نشان داد که این منطقه دارای توان جنگل‌داری طبقات ۱ تا ۵ می‌باشد (۱۱). شیدای کرکج و همکاران (۱۳۹۱)، به ارزیابی توان کاربری مرتع به روش سیستمی در حوضه آبخیز خانقاه سرخ ارومیه پرداختند. نتایج تحقیقات نشان داد که بخش‌های وسیعی از آن به اراضی مرتعی با کلاس‌های ۱ تا ۲ اختصاص دارد و قابلیت و توان اکولوژیک بالفعل اراضی مورد مطالعه برای کاربری مرتع باکلاس ۱ کم می‌باشد (۱۲). کرمی و همکاران (۱۳۹۰)، ارزیابی توان حوضه آبخیز بابل رود را با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی و GIS انجام دادند. برای این کار از معیارهای خاک، پوشش گیاهی، سنگ مادر و شکل زمین بهره جستند و بعد از وزن دهی به معیارها با استفاده از AHP و ساخت نقشه‌ها، از تکنیک WLC برای روی هم‌گذاری نقشه‌ها استفاده کردند. نتایج نشان داد این منطقه دارای توان طبقه ۱، ۲ و ۳ برای مرتع‌داری می‌باشد (۱۳). رشمیدوی[3] و همکاران در سال ۲۰۰۹، با استفاده GIS و منطق فازی به ارزیابی تناسب حوضه‌های کشاورزی در هند پرداختند. نتایج کار ایشان نشان داد که استفاده از منطق فازی در ارزیابی توان سرزمین نه تنها باعث حفظ قابلیت‌های GIS در ارزیابی می‌شود، بلکه باعث افزایش دقت کار نیز می‌شود (۱۴). خورین[4] و همکاران در سال ۲۰۱۳، با استفاده از GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره، به ارزیابی قابلیت سرزمین در کوئینزلند آمریکا پرداختند. برای وزن دهی به معیارها از تکنیک AHP استفاده کرده و با تغییر مقادیر وزن‌ها وابستگی مدل خروجی را به وزن‌های داده شده بررسی کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از این روش ساده، انعطاف‌پذیر و محلی است (۱۵). مرور منابع داخلی و خارجی نشان می‌دهد که برای ارزیابی توان اکولوژیک مناطق روش‌های مختلفی وجود دارد که می‌توان از روش‌های تجزیه تحلیل سیستماتیک، ارزیابی چندمعیاره (MCE)[5] و روش شبکه‌ها نام برد که در این بین روش شبکه کاربرد کم‌تری را نسبت به بقیه دارد و بیش‌تر در مناطق جزیره ای کاربرد دارد. هم‌چنین روش تجزیه تحلیل سیستماتیک نیز به دلیل آنکه دامنه‌ی تغییرات توان منطقه را نشان نمی‌دهد و درواقع بسیار سخت‌گیرانه عمل می‌کند نسبت به روش ارزیابی چند معیاره MCE کم‌تر مورد استفاده قرار گرفته است هرچند ریسک کار با استفاده از این روش پایین است اما روش ارزیابی چندمعیاره از پرکاربردترین روش‌هایی است که به دلیل سهولت انجام عملیات ریاضی در این روش، کاربرد فراوانی را پیدا کرده است. لذا در این تحقیق، هدف ارزیابی توان اکولوژیک حوضه آبخیز سقزچی چای اردبیل برای کاربری مرتع با استفاده از روش ارزیابی چند معیاره MCE مبتنی بر منطق فازی است.

1-Analytical Hierachery Process
2-Weighted Linear Combination

3-Reshmidevi
4-Joerin
5 Multi Criteria Evaluation

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

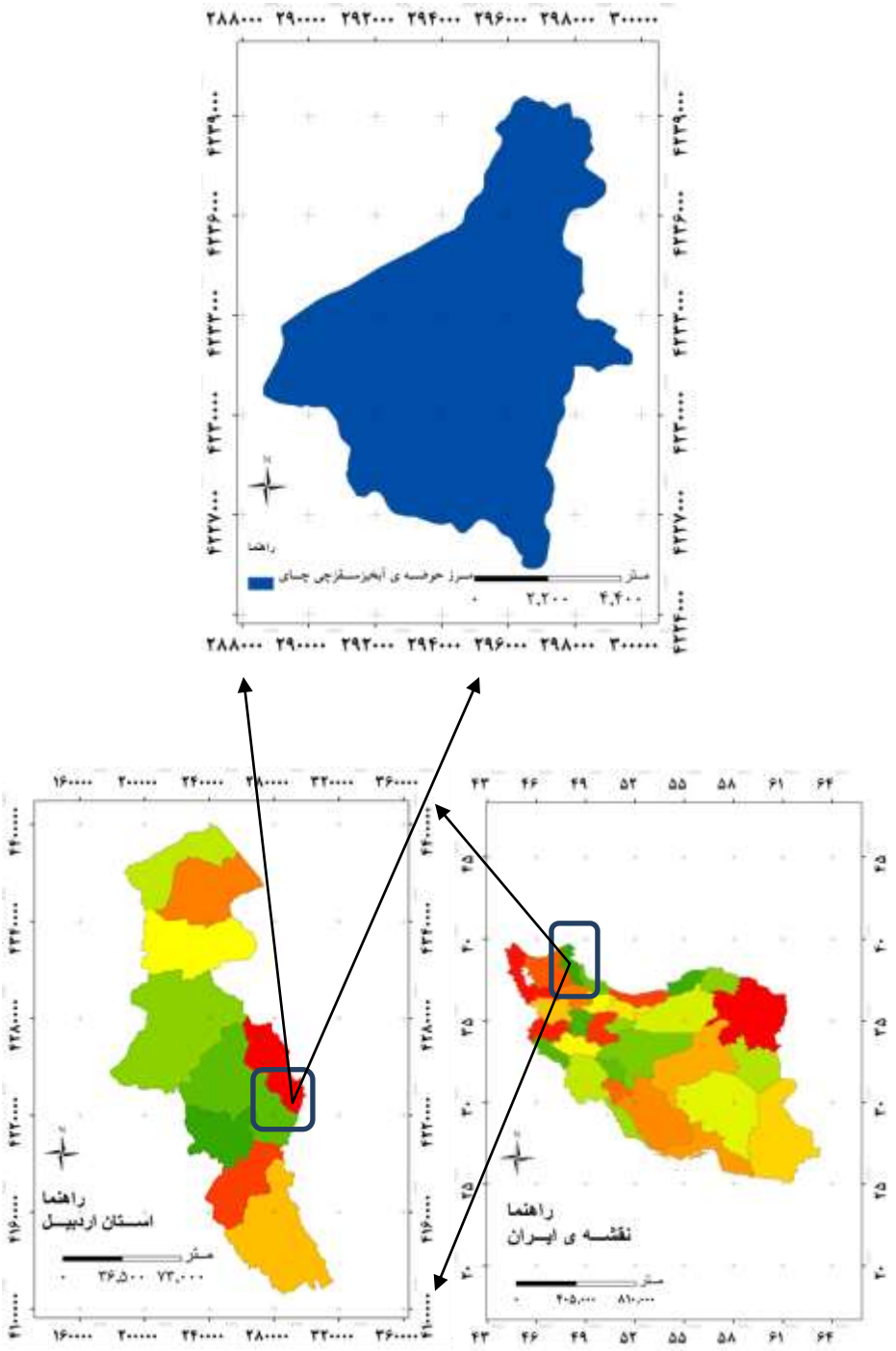
حوضه آبخیز سقزچی چای با وسعت ۷۵۹۳/۹۹ هکتار با مختصات ˝ ۹/۹ ˊ۳۵ ˚۴۸ تا ˝۴۵/۰۶ ˊ۴۲ ˚۴۸ طول شرقی و ˝ ۱۱/۶۷ ˊ۹ ˚۳۸ تا ˝۵۲/۹۶ ˊ۱۶ ˚۳۸ عرض شمالی و در سیستم تصویر UTM در زون ۳۹N و در قسمت شرقی استان اردبیل واقع گردیده است. اختلاف ارتفاع در منطقه ۹۶۰ متر می‌باشد به طوری که مرتفع‌ترین نقطه، در جنوب محدوده مورد مطالعه با ۲۳۲۴متر و پایین‌ترین نقطه آن نیز به ارتفاع ۱۳۸۴ متر در خروجی حوضه آبخیز سقزچی چای واقع شده است. متوسط بارندگی منطقه ۳۹۴ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۹/۱ درجه سانتی گراد می‌باشد. مناطق مسکونی داخل حوضه عبارت‌اند از: سقزچی چای، حور، رز و تفیه. در داخل حوضه کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی مختلفی از جمله جنگل، مرتع، کشاورزی، مسکونی و اراضی حفاظتی نیز وجود دارد. در شکل شماره ۱ نیز موقعیت جغرافیایی حوضه در استان نشان داده شده است.

داده‌ها و نرم‌افزارهای مورداستفاده

جهت انجام ارزیابی توان منطقه برای مرتع‌داری از داده‌های منابع فیزیکی، زیستی و اقتصادی-اجتماعی استفاده شده است. در جدول (۱) لیست داده‌های مورد استفاده در تحقیق آورده شده است. برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها در طول فرایند تحقیق نیز از نرم‌افزارهای Idrisi selva17، Arc GIS9.3 و Expert Choice 11 استفاده شده است.

روش تحقیق

روش مورد استفاده برای ارزیابی توان منطقه برای مرتع‌داری در این تحقیق، روش ارزیابی چند معیاره (MCE) مبتنی بر منطق فازی است. در شکل (۲) الگوریتم مورد استفاده در تحقیق آورده شده است. ارزیابی چند معیاره (MCE) شامل مجموعه‌ای از مفاهیم، روش‌ها، مدل‌ها و متود هایی است که به امر ارزیابی در ارتباط با وزن و اهمیت معیارها کمک می‌کند و در نهایت منجر به تصمیم‌گیری‌های بهتر می شود (۱۶). هدف عمده ارزیابی‌های چند معیاره، بررسی گزینه‌ها در ارتباط با چند معیار مختلف است (۱۷). GIS برای ذخیره‌سازی، پردازش دستکاری دیتابیس ها بسیار مناسب هستند در نتیجه تلفیق GIS و ارزیابی چند معیاره می‌تواند موجب تقویت فرایند تصمیم‌گیری شود (۱۸)، که این امر روشی قوی برای ارزیابی تناسب اراضی می‌باشد (۱۹). تصمیم‌گیری‌های چند معیاره می‌تواند در مواقعی که تصمیم‌گیری‌ها نیاز به بررسی چندین معیار مختلف و گاهی متضاد باهم وجود دارد، تصمیم‌گیری را راحت‌تر کند (۲۰). در واقع کاستی‌های روش تلفیق بولین را می‌توان با تلفیق GIS و تصمیم‌گیری‌های چند معیاره از بین برد (۲۱). به دلیل قابلیت‌های بالای این روش و انعطاف‌پذیری این روش نسبت به روش بولین، در این تحقیق از روش ارزیابی چندمعیاره استفاده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی در استان

جدول ۱- معیارهای مورد استفاده در تحقیق

ردیف	نوع منبع	نام معیار
۱	**فیزیکی**	بارش بافت خاک میزان رسوب سالیانه عمق خاک ارتفاع از سطح دریا شیب گروه هیدرولوژیک خاک
۲	**زیستی**	تراکم پوشش گیاهی
۳	**اقتصادی- اجتماعی**	کاربری فعلی اراضی

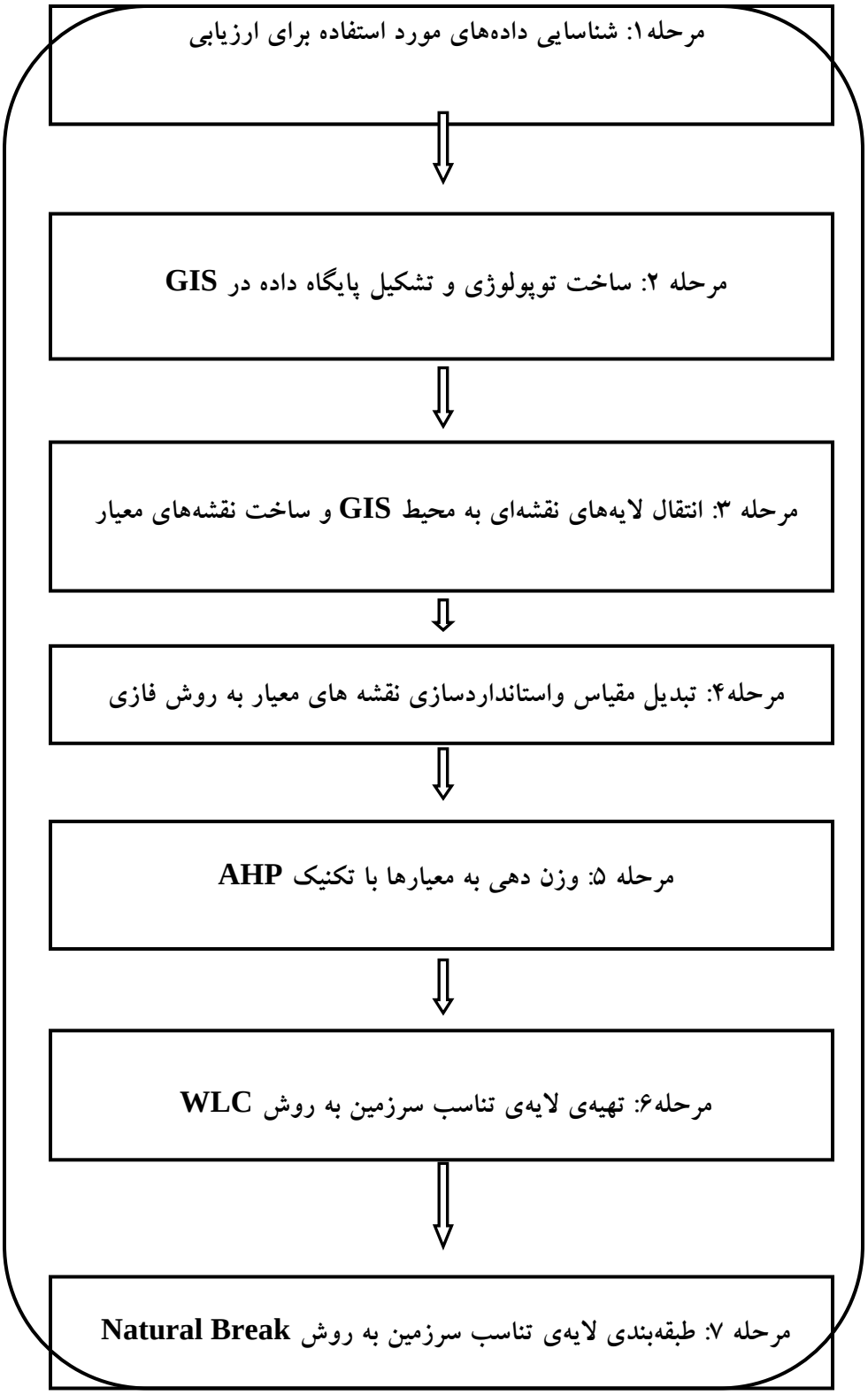
-فازی سازی لایه‌ها

در ارزیابی چند معیاره قبل از روی هم‌گذاری لایه‌ها لازم است تا تمامی لایه‌های مورد استفاده از اعداد و مقادیر معیار ارایه شده استاندارد شوند. این بدان معنی است که کلیه لایه‌های مورد استفاده به مقیاسی تبدیل گردند که با استفاده از قواعد تصمیم‌گیری قابلیت ادغام داشته باشند و برای این کار می‌توان از منطق فازی بهره جست. به منظور فازی کردن لایه‌ها، ابتدا باید نوع تابع فازی و نقاط آستانه تعیین شود. مرحله تعیین نقاط آستانه برای هر معیار به وسیله توابع فازی، با توجه به نظرات تصمیم گیران تغییر می‌کند. انتخاب تابع فازی مناسب و تعیین نقاط کنترل مناسب مرحله‌ای مهم در استاندارد کردن معیارها است. توابع عضویت فازی، در نرم‌افزار Idrisi وجود دارند و عبارت‌اند از توابع S شکل، J شکل، خطی افزایشی، خطی کاهشی و تعیین‌شده توسط کاربر. نوع تابع انتخاب شده برای هر معیار به مدل حرفی نوشته شده برای آن بستگی دارد (۲۲). در جدول (۲)، شکل و نوع تابع برای استانداردسازی معیارها آورده شده است. استانداردسازی داده‌ها، کلیه مقادیر و ارزش‌های لایه‌های نقشه‌ای را به دامنه‌ای یکسان مثلاً بین صفرتا یک یا صفر تا ۲۵۵ تبدیل می‌کند که در آن مقادیر بیش‌تر بیان‌گر مطلوبیت بیش‌تر و مقادیر کم‌تر بیانگر مطلوبیت کم‌تر برای هدف مورد نظر می‌باشد. هم‌چنین داده‌های گسسته مثل بافت خاک، گروه هیدرولوژیک خاک و کاربری فعلی اراضی نیز می‌توان با استفاده از رابطه‌ی (۱) فازی نمود (۱۹).

رابطه‌ی (۱):

$$Xi = (Ri - R\ min)/(R\ max - R\ min) * Standardized\ Range$$

که در آن Xi ارزش سلول بعد از استانداردسازی، Ri ارزش سلول قبل از استانداردسازی، R min مقدار کمینه عامل، R max مقدار بیشینه عامل و Standardized Range دامنه‌ی تغییرات استانداردسازی می‌باشد.



شکل ۲- الگوریتم فرایند تحقیق مآخذ: (نگارندگان، ۱۳۹۳

جدول ۲- آستانه معیارها، شکل و نوع تابع برای استانداردسازی معیارها

ردیف	فاکتور	شکل و نوع تابع
۱	بارش (mm)	خطی- افزاینده یکنواخت
۲	ارتفاع (متر)	خطی- افزاینده یکنواخت
۳	شیب (درصد)	خطی- کاهنده یکنواخت
۴	بافت خاک	گسسته
۶	عمق خاک (سانتی‌متر)	خطی- افزاینده یکنواخت
۷	گروه هیدرولوژیک خاک	گسسته
۸	تراکم پوشش (درصد)	خطی- افزاینده یکنواخت
۹	رسوب (تن در سال)	خطی- کاهنده یکنواخت
۱۰	کاربری فعلی اراضی	گسسته

با توجه به این‌که معیارهای مختلف برای ارزیابی توان مرتع دارای اهمیت مختلفی می‌باشند لذا، تعیین وزن و اهمیت نسبی معیارها ضروری است. در این تحقیق برای وزن دهی به معیارها از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده‌شده است.

تکنیک AHP

AHP یک روش تصمیم‌گیری چند معیاره است که توسط توماس ال ساعتی ابداع گشته است(۲۳). این روش به علت ماهیت ریاضی آن علاقه‌ی بسیاری از متخصصین را به خود جلب کرده است (۲۴). این تکنیک کمک می‌کند تا وزن هرکدام از معیارها در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره مشخص شود. در تکنیک AHP یک مدل سلسله مراتبی متشکل از هدف، معیار، زیرمعیارها و گزینه‌ها وجود دارد که برای حل مشکلات تصمیم‌گیری‌های چند معیاره به کار می رود. در این تکنیک بعد از تعیین مشکل و ایجاد ساختار سلسله مراتبی، وزن معیارها محاسبه می‌شود. وزن دهی به معیارها بر اساس ماتریس مقایسات زوجی می باشد که در آن اهمیت نسبی معیارها دو به دو با هم مقایسه می‌شود. در این روش مجموع وزن تمام معیارها برابر ۱ است. در مقایسات زوجی بین جفت معیارها از ۱۷ نقطه پیوسته در مقیاس ۱/۹ (کم‌ترین اهمیت) تا ۹ (بیش‌ترین اهمیت) استفاده می‌شود (جدول ۳). در ماتریس مقایسات زوجی هر معیار به تعداد $n(n-1)/2$ در مقایسات زوجی به کار گرفته می‌شود که در آن n بیان‌گر تعداد معیارهای مورداستفاده در ساختار تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد. با استفاده از تکنیک دلفی اقدام به نظرخواهی از متخصصین در خصوص وزن و اهمیت هرکدام از معیارها شد. در

این بین، ۱۲ نفر دکتری، ۱۷ نفر کارشناسی ارشد و ۱۵ نفر کارشناسی رشته‌های محیط‌زیست و مرتع و آبخیزداری بودند. سپس پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری و تجزیه تحلیل شد و نتایج دوباره به متخصصین بازگشت داده شد تا نظرات خود را بیان کنند. این فرایند تا رسیدن به اجماع نظر کامل ادامه یافت. ماتریس مقایسات زوجی برای معیارها تشکیل شد. در نهایت وزن معیارها در محیط نرم‌افزار Expert Choice 11 به دست آمد. به هنگام استفاده از تکنیک AHP همواره ممکن است ناسازگاری بین مقایسات صورت گرفته به وجود آید. برای بررسی میزان سازگاری صورت گرفته در مقایسات زوجی معیارها، همواره نرخ ناسازگاری بایستی محاسبه شود. اگر این میزان بزرگ‌تر از ۰/۱ باشد آنگاه مقایسات صورت گرفته درست نبوده و بایستی در مقایسات تجدید نظر شود. اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد آنگاه قضاوت‌های صورت گرفته صحیح بوده است و می‌توان فرایند ارزیابی را ادامه داد. پس از فازی سازی لایه‌ها و تعیین وزن هرکدام از معیارها، با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی WLC نقشه ارزیابی تناسب منطقه به دست آمد.

جدول ۳- مقیاس درجه‌ی اهمیت برای مقایسه زوجی

۹	۷	۵	۳	۱	۱/۳	۱/۵	۱/۷	۱/۹
فوق‌العاده	خیلی قوی	قوی	متوسط	برابر	متوسط	قوی	خیلی قوی	فوق‌العاده

تکنیک WLC

روش ترکیب خطی وزنی رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چند معیاره است. این تکنیک، روش ساده وزن دهی جمع‌پذیر و روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. این روش برمبنای مفهوم میانگین وزنی استواراست و تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای " اهمیت نسبی" هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس از طریق ضرب کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر آلترناتیو (مثلاً عنصر تصویر در تحلیل فضایی) به دست می‌آید. پس ازآن‌که مقدار نهایی هر آلترناتیو مشخص شد آلترناتیوی که بیش‌ترین مقدار را داشته باشد مناسب‌ترین آلترناتیو برای هدف موردنظرخواهد بود.

به طور رسمی در قاعده تصمیم‌گیری، برای ارزیابی هرگزینه یا Ai از فرمول ذیل (رابطه‌ی ۲) استفاده می‌شود:

رابطه‌ی ۲:

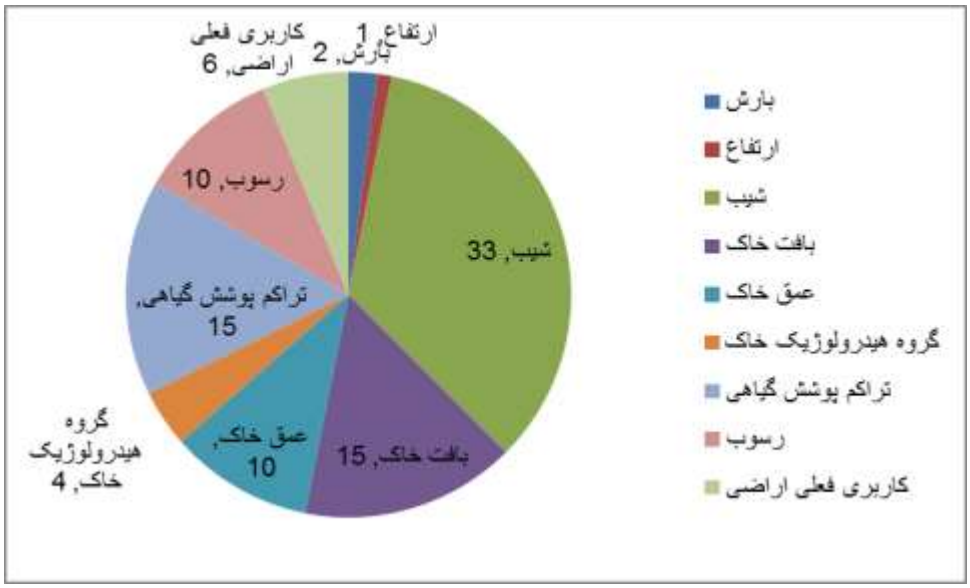
$$A_i = \sum W_j X_{ij}$$

که در آن Xij معرف گزینه i ام در ارتباط با معیار jام و Wj وزن استاندارد شده معیار j ام، به گونه‌ای که مجموع Wj برابر ۱ باشد. وزن‌ها اهمیت نسبی هر معیار را به نمایش می‌گذارند (۱۹). با تعیین ارزش حداکثر Ai اولویت‌دار ترین گزینه انتخاب می‌شود. پس از تهیه‌ی نقشه‌ی تناسب نهایی منطقه، در محیط Arc GIS 9.3 با استفاده از دستور Reclassify به روش Natural Break منطقه در ۵ طبقه‌ی بسیار خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی شد.

نتایج

ارتفاع منطقه از ۱۳۸۴ تا ۲۳۲۴ متر متغیر می‌باشد و اختلاف ارتفاعی در منطقه ۹۴۰ متر می‌باشد. شیب منطقه از ۲٪ در غرب حوضه تا ۷۹ درصد در شرق و جنوب حوضه متغیر است. گروه هیدرولوژیک خاک B، C، D در منطقه وجود دارد که بیش‌تر قسمت منطقه را گروه هیدرولوژیک C و کم‌ترین آن گروه هیدرولوژیک B می‌باشد. بافت‌های خاک لوم، لوم شنی و رسی نیز به ترتیب اکثر قسمت‌های منطقه را تشکیل می‌دهد. عمق خاک نیز از ۴۳ تا ۱۲۵ سانتی متر متغیر است که عمق‌های زیاد در غرب، متوسط در شمال و کم در شرق و جنوب حوضه جایی که شیب‌های تند قرار دارد وجود دارند. درصد تراکم پوشش گیاهی منطقه نیز از ۴۴٪ تا ۸۵٪ متغیراست که تراکم بالا در قسمت‌های شمالی جایی که کاربری جنگل وجود دارد، قرار دارد.

میزان بارنگی منطقه نیز با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های بارندگی مجاور حوضه و درون‌یابی به دست آمده نشان می‌دهد مقادیر بارندگی منطقه از ۳۷۶ میلی‌متر تا ۴۷۹ میلی‌متر متغیر است. ۵ کلاس کاربری/پوشش مرتع، جنگل، کشاورزی، مسکونی و حفاظتی در حوضه وجود دارد که مناطق حفاظتی تحت حمایت اداره کل منابع طبیعی استان قرار دارد. همچنین منطقه مورد مطالعه از استعداد رسوب خیزی کمی برخوردار است به گونه‌ای که میزان رسوب از کم‌تر از ۱ تن در سال تا کم‌تر از ۵ تن در سال متغیر است. بعد از آنالیز پرسش‌نامه‌ها ماتریس مقایسات زوجی تهیه شد (جدول ۴) و با تکنیک AHP وزن معیارها محاسبه شد (جدول ۵). نتایج نشان می‌دهد که معیار شیب بیش-ترین و معیار ارتفاع کم‌ترین اهمیت را برخوردار است (نمودار۱).



نمودار ۱- وزن و اهمیت نسبی هریک از معیارها (درصد)

جدول ۴- ماتریس مقایسات زوجی معیارها

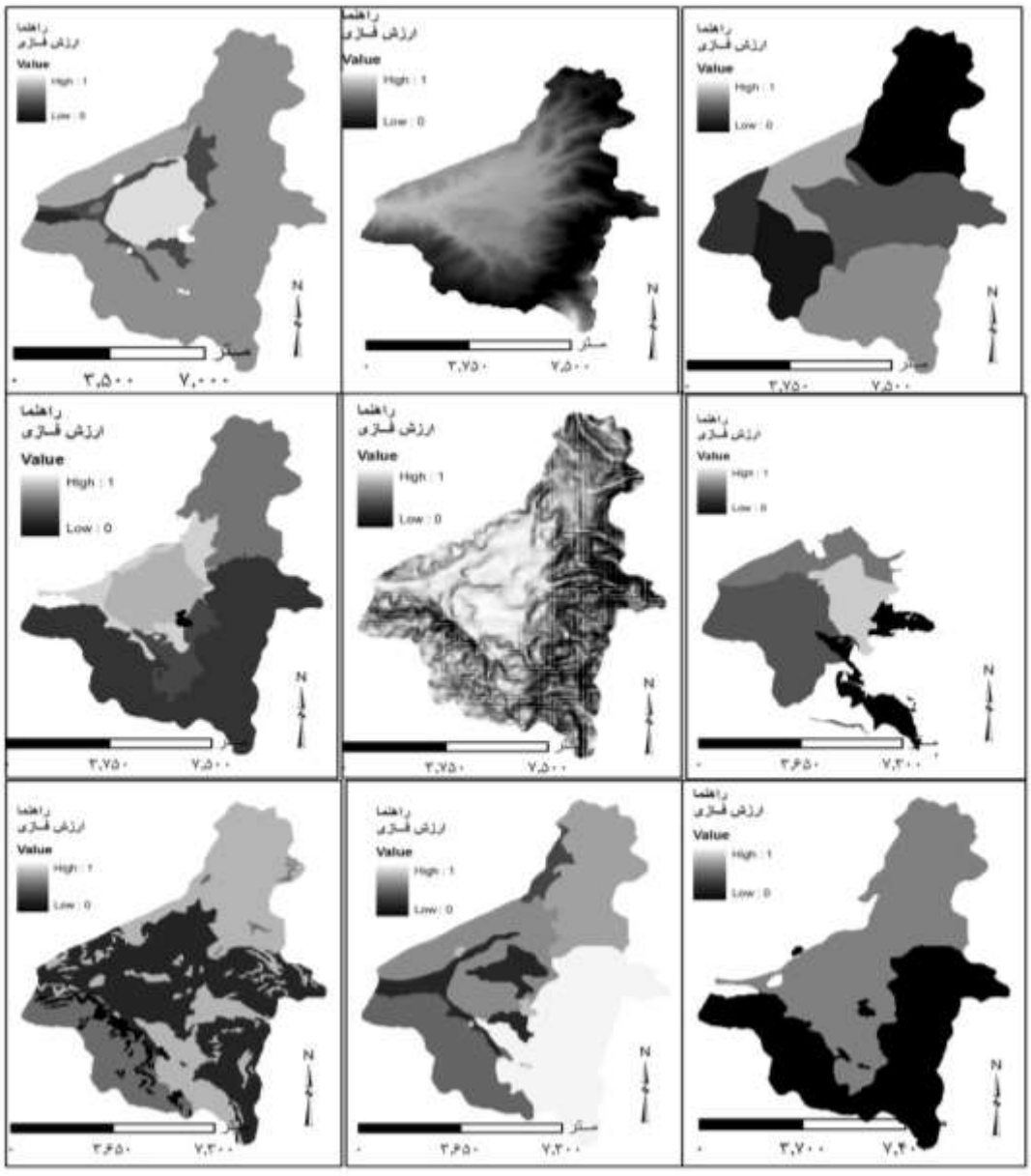
فاکتور	بارش	ارتفاع	شیب	بافت خاک	عمق خاک	گ.ه. خاک	تراکم پوشش	رسوب	کاربری اراضی
بارش	۱	۲	۱/۸	۱/۶	۱/۷	۱/۵	۱/۶	۱/۵	۱/۴
ارتفاع	۱/۲	۱	۱/۹	۱/۷	۱/۸	۱/۶	۱/۷	۱/۶	۱/۵
شیب	۸	۹	۱	۳	۴	۶	۳	۴	۵
بافت خاک	۶	۷	۱/۳	۱	۲	۴	۱	۲	۳
عمق خاک	۵	۶	۱/۴	۱/۲	۱	۳	۱/۲	۱	۱
گروه هیدرولوژیک خاک	۳	۴	۱/۶	۱/۴	۱/۳	۱	۱/۴	۱/۳	۱/۲
تراکم پوشش	۶	۷	۱/۳	۱	۲	۴	۱	۲	۳
رسوب	۵	۶	۱/۴	۱/۲	۱	۳	۱/۲	۱	۲
کاربری	۴	۵	۱/۵	۱/۳	۱/۲	۲	۱/۳	۲	۱

جدول ۵- وزن و اهمیت نسبی هریک از معیارها

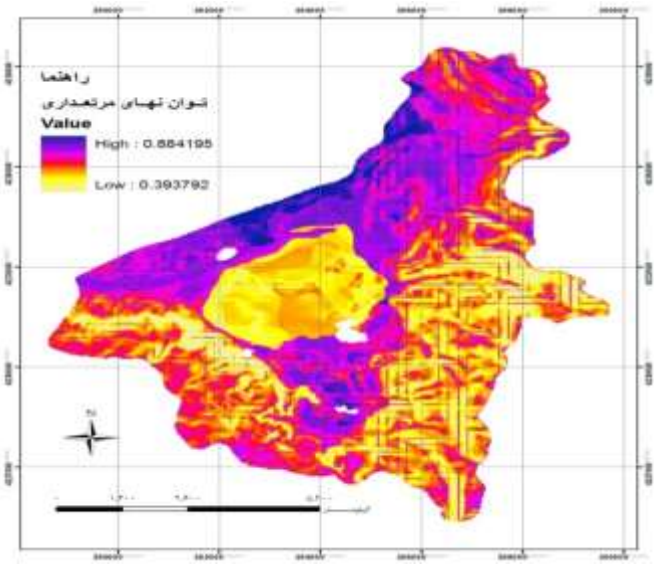
معیار	بارش	ارتفاع	شیب	بافت خ.	عمق خ.	گروه ه.	تراکم پ	رسوب	کاربری
وزن	۰/۰۲۳	۰/۰۱۷۰	۰/۳۳۵	۰/۱۵۵	۰/۱۰	۰/۰۴۹	۰/۱۵۵	۰/۱۰۰	۰/۰۶۶

نرخ ناسازگاری نیز برابر ۰/۰۳ می‌باشد که چون کم‌تر از ۰/۱ می‌باشد بنابراین قابل قبول است. فازی سازی نقشه‌ها نیز در محیط نرم‌افزار ایدریسی و با استفاده از توابع مختلف انجام گرفت (شکل ۳). سپس با استفاده از عمل‌گر ترکیب خطی وزنی WLC عمل تلفیق نقشه‌های استاندارد شده عوامل و وزن متناظر آن‌ها در محیط Arc GIS9.3 انجام پذیرفت و مطلوبیت نهایی سرزمین برای مرتع به دست آمد (شکل ۴). نتایج نشان می‌دهد که در بازه‌ی ۰ تا ۱، منطقه دارای ارزش ۰/۳۹ تا ۰/۸۸ می‌باشد. قسمت‌های غربی، شمال غربی و قسمت‌های مرکز به طرف شمال منطقه دارای ارزشی بالا برای مرتع‌داری می‌باشد. همچنین قسمت‌های مرکز به طرف جنوب حوضه نیز دارای ارزشی متوسط و متوسط به بالا برای مرتع‌داری می‌باشد. همچنین قسمت‌های شرق و جنوب غربی و مرکز حوضه نیز دارای ارزش متوسط به پایین برای مرتع‌داری می‌باشد. سپس با استفاده از دستور

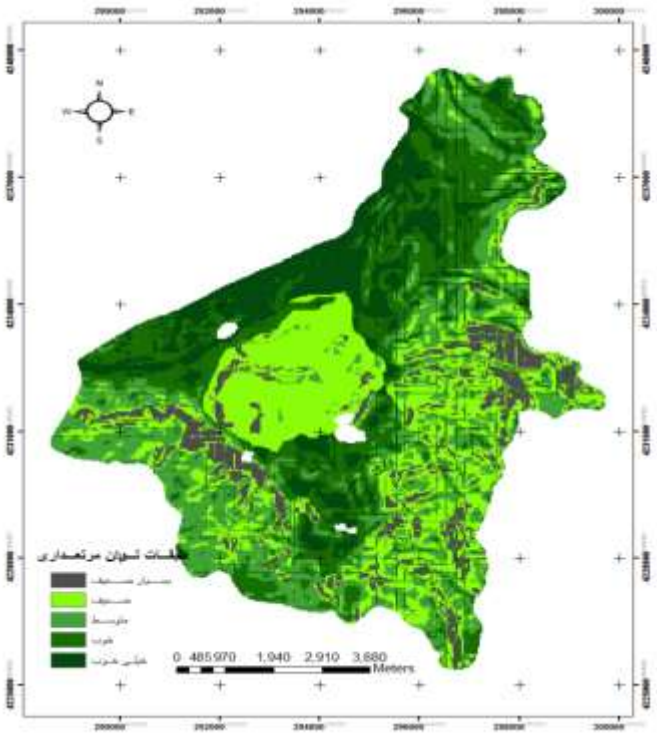
RECLASSIFY و به روش Natural Break مطلوبیت نهایی سرزمین در ۵ طبقه‌ی بسیار خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی ضعیف طبقه‌بندی گردید و نقشه پهنه‌بندی آن تهیه شد (شکل ۵). نتایج نشان داد که ۱۱۸۶ هکتار (۱۵/۶ ٪) از منطقه دارای توان بسیار خوب، ۱۶۷۷/۷ هکتار (۲۲/۰۹ ٪) توان خوب، ۱۸۷۲/۵ هکتار (۲۴/۶۶ ٪)) توان متوسط، ۲۱۷۶ هکتار (۲۸/۶۳ ٪) توان ضعیف و ۶۸۰ هکتار (۸/۹ ٪) توان بسیار ضعیف برای مرتع‌داری است (نمودار ۲).



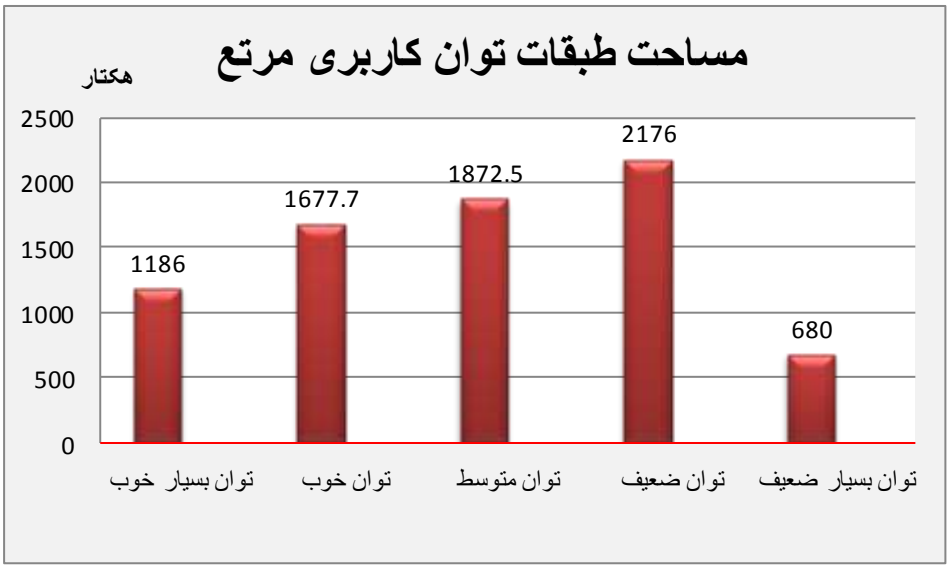
شکل ۳- لایه‌های فازی شده‌ی معیارها



شکل ۴- نقشه توان نهایی مرتع‌داری به روش ارزیابی چند معیاره



شکل ۵- طبقات توان مرتع‌داری در منطقه مطالعاتی



نمودار ۲-مساحت طبقات توان کاربری مرتع

بحث و نتیجه‌گیری

نقشه برون داد حاصل از روش ترکیب خطی وزنی برای ارزیابی پتانسیل کاربری مرتع در حوضه‌ی آبخیز سقزچی چای، نقشه‌ای است تلفیقی با فرمت رستری که مقادیر آن ارزش‌هایی بین صفر تا یک دارد. مقادیر بالاتر (به سمت یک) در این نقشه گویای پتانسیل بیش‌تر برای کاربری مرتع و مقادیر کم‌تر (به سمت صفر) گویای زمین‌های با پتانسیل کم‌تر هستند. بدیهی است که دقت نقشه‌ی نهایی وابسته به دقت نقشه‌های پایه و اندازه پیکسل‌هاست. چنان‌چه دقت بالاتری مدنظر باشد بایستی ارزیابی در وسعت کم‌تر، مقیاس بزرگ‌تر و پیکسل‌های کوچک‌تر صورت گیرد (۱۱). جهت وزن دهی به معیارها در این تحقیق از روش AHP استفاده شد. این تکنیک از پیچیدگی مدل به شکل چشم‌گیری می‌کاهد، زیرا تنها دو مؤلفه در یک زمان بررسی می‌شوند. از دیگر مزایا این‌که کلیه افراد اعم از متخصص و غیرمتخصص می‌توانند این روش را به کار ببرند (۲۵). روش به‌کاررفته در این تحقیق تلفیق لایه‌ها نیز روش ترکیب خطی وزنی می‌باشد که نسبت به روش ترکیب بولین مزایایی فراوانی دارد. در ترکیب بولین نتایج حاصله دارای حداقل ریسک می‌باشند که حسن ترکیب بولین نیز در همین است اما در بین مناطق منتخب متناسب با هدف تحقیق، این که کدام منطقه با توجه به معیارهای بکار رفته بهترین منطقه است، نامفهوم است. علاوه بر آن در روش ترکیب خطی قابلیت جبران بالاست در حالی که در ترکیب بولین این میزان حداقل می‌باشد. مزیت دیگر این روش این است که امکان بررسی هم‌زمان معیارهای مربوط به توان اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی را فراهم می‌سازد (۱۹). نتایج وزن دهی به معیارها نشان داد که معیار شیب از بیش‌ترین اهمیت برخوردار هستند که از این نظر مشابه تحقیقات کرمی و حسینی نصر (۱۱) می‌باشد. نتایج ارزیابی نشان داد که منطقه مورد مطالعه دارای تمامی طبقات توان مرتع‌داری می‌باشد که از این نظر مشابه تحقیقات نصیری و همکاران (۲۶) و مطیعی لنگرودی و همکاران (۲۷) می‌باشد. مطلوب‌ترین مناطق برای کاربری مرتع در منطقه

نیز در غرب حوضه جایی که شیب‌های کم، بافت خاک لوم و تراکم پوشش بالا وجود دارد، قرار دارد. درحالی که قسمت‌های شرقی، جنوبی و شمال شرقی منطقه از توان کم‌تری برای مرتع‌داری برخوردار هستند. در آن مناطق شیب بالا، خاک با گروه هیدرولوژیک D، تراکم پوشش کم بارزترین ویژگی‌ها را دارند. این مناطق برای اجرای طرح‌های مرتع مناسب نیستند. هرچند می‌توان طرح‌های مرتع‌داری به شیوه‌ی مصنوعی و طبیعی اجرا نمود اما بهتر است این مناطق جهت حفاظت آب و خاک در منطقه اختصاص داده شود و یا با اجرای طرح آمایش سرزمین کاربری‌های مناسب در این مناطق شناسایی شوند. در حالت کلی در مناطق با توان خوب برای مرتع‌داری، طرح‌های مرتع‌داری به شیوه‌ی تعادلی، در مناطق با توان متوسط برای مرتع‌داری، مرتع‌داری به شیوه‌ی طبیعی و در مناطق با توان ضعیف اجرای طرح‌های مرتع‌داری به شیوه‌ی مصنوعی پیشنهاد می‌گردد. نتایج این تحقیق می‌تواند مورد استفاده صاحب‌نظران و برنامه ریزان منطقه و همچنین به عنوان مبنایی برای ارزیابی‌های آینده جهت فعالیت‌های مرتع و مورد استفاده سازمان‌های ذیربط واقع شود.

منابع

بیات، ناصر؛ رستگار، ابراهیم؛ عزیزی، فاطمه. ۱۳۹۰. حفاظت محیط زیست و مدیریت منابع خاک روستایی در ایران. فصلنامه برنامه ریزی منطقه‌ای، سال اول، شماره ۲، صص ۶۳-۷۸.

1.Feizizadeh, B., Blaschke, T. 2012. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: a multi-criteria evaluation approach using GIS Journal of Environmental Planning and Management, 2012, 1–23[in Persian].

۲.آذرنیوند، حسین؛ ارزانی، حسین؛ جعفری، محمد و محمدعلی زارع چاهوکی. ۱۳۸۶. مکان یابی برنامه ی اصلاح و احیاء مراتع با استفاده از GIS و مقایسه ی ان با پروژه های پیشنهادی درطرح های مرتع‌داری مراتع منطقه ی لار. مجله ی علمی پژوهشی مرتع، سال اول، شماره دوم، صص ۱۶۹-۱۵۹.

۳. مجید، مخدوم. ۱۳۸۹. شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دهم، ۲۸۰ صفحه.

۴. باقری بداغ آبادی، محسن. ۱۳۹۰. ارزیابی سرزمین کاربردی و آمایش سرزمین. نشر پلک، ۱۳۹۰.

۵. حاج عباسی، محمدعلی؛ جلالیان، احمد؛ خواجه الدین، جمال الدین و حمیدرضا کریم زاده. ۱۳۸۱. مطالعه‌ی موردی تاثیرتبدیل مراتع به اراضی کشاورزی بربرخی ویژگی های فیزیکی، حاصل‌خیزی و شاخص کشت پذیری خاک در بروجن. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ششم، شماره اول، صص ۱۶۰-۱۴۹.

6. Aronoff, S. 1989 .GIS a Management Perspective. WDL Publications, Ottawa,Canada.

7. Aguilar-Manjarrez, J., Ross, L.G. 1995 . A Geographical Information Systems (GIS), environmental models for aquaculture development in Sinaloa state, Mexico. Aquaculture International 3 (2), 103–115.

۸. جوزی، سید علی؛ رضاییان، سحر؛ رضایی، کاوه.۱۳۹۱. ارزیابی توان زیست محیطی منطقه ی حفاظت شده ی ورجین به منظور استقرار کاربری گردشگری با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره مکانی .(SMCEM) علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره چهاردهم، شماره ۱، صص ۹۶-۸۴.

۹. عزیزی، سدنقی؛ مهدوی، محمد و محمدرضا جوادی. ۱۳۹۰. مکان یابی پروژه های اصلاح و احیاء مراتع با استفاده از GIS و مقایسه ی ان باپروژه های پیشنهادی درطرح های مرتعداری و دانش بومی مرتعداران در مراتع جاشلوبار مهدی شهر. فصلنامه‌ی

علمی تخصصی اکوسیستم های طبیعی ایران، سال اول، شماره سوم، صص ۲۰-۱۳.

۱۰. کرمی، امید و سید محمد حسینی نصر. ۱۳۹۲. کاربردفرایندسلسله تحلیل مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی توان اراضی حوضه ی آبخیزبابلرود برای مرتعداری. فصلنامه ی علمی پژوهشی تحقیقات مرتع وبیابان ایران، جلد ۲۰، شماره ۱، صص ۱۱۴-۱۰۱.

۱۱. شیدای کرکج، اسماعیل؛ معتمدی، جواد و کیوان کریمی زاده. ۱۳۹۱. ارزیابی توان کاربری مرتع به روش تحلیل سیستمی درحوضه ی آبخیز خانقاه سرخ ارومیه. فصلنامه‌ی علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۹، شماره ۱، صص ۴۴-۳۲.

۱۲. کرمی، امید؛ حسینی نصر، سیدمحمد؛ جلیلوند، حمید و میرحسن میریعقوب زاده.۱۳۹۰، ارزیابی توان اکولوژیکی حوضه آبخیز بابلرود برای جنگلداری با استفاده از GIS. مجله پژوهش های علوم وفناوری چوب وجنگل، جلد نوزدهم، شماره اول، صص ۲۲-۱.

13. Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I., Jana, R. 2009.A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. Agricultural Systems 101 (2009) 101–109.

14. Joerin, F., Theriault, M., Musy, A. 2001. Using GIS and outranking multi criteria analysis for land use suitability assessment. International Journal of Geographical Information Science,10 (8), 321–339.

۱۵. نجیب زاده، محمدرضا؛ سپهری، عادل؛ حشمتی، غلامرضا و علی اکبررسولی. ۱۳۸۷. ارزیابی قابلیت اکولوژیک برای کاربری مرتع با استفاده از ERAMS و GIS (مطالعه ی موردی: حوضه ی یکه چنار مراوه تپه). فصلنامه ی علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره ۲، صص ۲۱۴-۲۰۰.

16. Barredo, C.J.I. 1996 .SIstemas de Information Geographical evaluation multi criteria la ordenacion del territorio. Editorial RA-MA Editorial, Madrid, Espana.

17. Öztürk, D., Batuk, F. 2007. OkSayıda Kriterile Karar VermedeKriter Ağırlıkları. Yıldız Teknik Üniversitesi Sigma Mühendislikve Fen BilimleriDergisi, 25 (1),86–98.

۱۸. سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ریاضی، برهان؛ نعیمی، بابک؛ بابایی کفاکی، ساسان و عطیه جوادی لاریجانی. ۱۳۸۸. ارزیابی توان طبیعت گردی شهرستان بهشهربرمبنای روش ارزیابی چندمعیاره و استفاده از GIS. علوم و تکنولوزی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره یک، صص ۱۹۸-۱۸۸.

19. Joerin, F., Theriault, M., Musy, A. 2001. Using GIS and outranking multi criteria analysis for land use suitability assessment. International Journal of Geographical Information Science,10 (8), 321–339.

20. Mendas, A., Delli, A. 2012. Integration of multi criteria 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(2012), pp. 117-126.

۲۱. عبدالامیر کرم. ۱۳۸۳. کاربرد مدل ترکیب خطی وزنی WLC در پهنه بندی وقوع زمین لغزش منطقه مطالعاتی؛ منطقه ی سرخون در استان چهارمحال و بختیاری. مجله ی جغرافیا و توسعه، صص ۱۴۶-۱۳۲.

22. Saaty, T. 1980. The analytical hierarchical process: Planning, Priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill.

23. Malczewski, J. 2004.A GIS-based approach to multiple criteria group decision making. International Journal of Geographical Information Systems, 10 (8), 955–971.

24. Triantaphyllou, E., Mann, S.H. 1995. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges . nternational Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice 2 (1), 35–44

۲۵. نصیری، حسین؛ علوی پناه، سید کاظم؛ متین فر، حمید رضا؛ عزیزی، علی؛ حمزه، محمد. ۱۳۹۱. پیاده سازی مدل اکولوژیک کشاورزی با رویکرد PROMETHEE II و FUZZY AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت). محیط شناسی، سال سی و هشتم، شمارۀ ۳، پاییز ۹۱ ، صفحۀ ۱۰۹ تا ۱۲۲.

۲۶. مطیعی لنگرودی، سید حسن؛ نصیری، حسین؛ عزیزی، علی؛ مصطفایی، ابوالفضل. ۱۳۹۱. مدل سازی توان اکولوژیک سرزمین از منظر کاربری های کشاورزی و مرتعداری با استفاده از روش FUZZY AHP در محیط GIS (مطالعه موردی: شهرستان مرودشت). آمایش سرزمین، سال چهارم، بهار و تابستان ۱۳۹۱، صفحات ۱۰۱ تا ۱۲۴.