Journal of Range & Watershed Management
https://jrwm.ut.ac.ir/

Volume 76 (4)
Online ISSN: 2423-7795

Assessing the Ecological Potential of Rangelands in Alborz Province using GIS Data and Evaluating its Impact on Enhancing Natural Resource Management

Monireh Bahrami[1] | Fereydoon Sarmadian[2*] | Ebrahim Pazira[1]

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran
E-mail: fsarmad@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 10 Jul. 2023
Revised: 28 Aug. 2023
Accepted: 09 Sept. 2023
Published online: 19 Feb. 2024

Keywords:
Ecological potential,
Rangelands,
Optimal use,
Natural resources,
Rural development.

Abstract

Rangelands are one of the essential components of natural ecosystems and are known as one of the main sources of forage supply, biodiversity conservation, soil and water resources. The aim of this study was to investigate the ecological potential of rangelands in Alborz province based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) and pairwise comparisons using Geographic Information System (GIS). The digital map of ecological potential (EP) was prepared by weighting and integrating maps of slope, land unit, vegetation cover, land use, and precipitation. The results showed that each of the five criteria had equal importance coefficients (0.2) for determining the EP of rangelands. Overall, 21.77% of the province's area was unsuitable for rangeland use due to rocky outcrops. 15.41% of the province's area had first-degree potential and 37.28% had second-degree potential for rangeland use. Taleqan County had the highest first-degree potential for rangeland use with 56,321 hectares, and Karaj County had the highest second-degree potential with 96,507 hectares. Nazarabad County had no first-degree potential for rangeland use, and Taleqan County had no fourth-degree potential. Nazarabad County and Eshtehard County also had 48.15% and 63.92% potential for third- and fourth-degree rangeland use, respectively. Based on the weighting of different factors, slope was the most limiting factor for rangeland use, accounting for more than 50% of the limitation. In general, determining the EP of rangelands leads to identifying areas that are very suitable for optimal use of natural resources, and can increase rural income and employment both economically and socially.

Cite this article: Bahrami, M., Sarmadian, F., Paziram E. (2024). Assessing the Ecological Potential of Rangelands in Alborz Province using GIS Data and Evaluating its Impact on Enhancing Natural Resource Management. *Journal of Range & Watershed Management*, 76 (4), 405-426. DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2023.362035.1718

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

نشریه مرتع و آبخیزداری

دوره ۷۶ (۴)
شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۷۹۵

تحلیل توان اکولوژیک مراتع در استان البرز با استفاده از داده‌های مکانی و ارزیابی تأثیر آن بر بهینه‌سازی مدیریت منابع طبیعی

منیره بهرامی[۱] | فریدون سرمدیان[۲*] | ابراهیم پذیرا[۱]

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲. گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
رایانامه: fsarmad@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۳۰

کلیدواژه‌ها:
پتانسیل اکولوژیک،
مراتع،
استفاده بهینه،
منابع طبیعی،
توسعه روستایی.

چکیده

مراتع یکی از اکوسیستم‌های طبیعی هستند که به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین علوفه، حفظ تنوع زیستی، منابع خاک و آب شناخته می‌شوند. هدف از مطالعه حاضر بررسی توان اکولوژیک مرتع در استان البرز براساس روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مقایسات زوجی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) است. نقشه رقومی توان اکولوژیک مرتع براساس وزن‌دهی و تلفیق نقشه‌های معیارهای شیب، واحد اراضی، پوشش گیاهی، کاربری و بارش تهیه شد. نتایج نشان داد که هر پنج معیار دارای ضریب اهمیت یکسان (۰/۲) برای تعیین توان اکولوژیک مرتع بودند. به طور کلی ۲۱/۷۷ درصد از مساحت استان به دلیل وجود بیرون‌زدگی‌های سنگی فاقد توان برای کاربری مرتع است. ۱۵/۴۱ درصد از مساحت استان دارای توان درجه ۱ و ۳۷/۲۸ درصد از مساحت استان دارای توان درجه ۲برای مرتع است. شهرستان طالقان با ۵۶۳۲۱/۰۹ هکتار بیشترین توان برای مرتع درجه ۱ و شهرستان کرج با ۹۲۵۰۷/۹۶ هکتار بیش‌ترین توان را برای مرتع درجه ۲ را دارست. شهرستان نظرآباد فاقد توان برای مرتع درجه ۱ و شهرستان طالقان فاقد توان برای کاربری درجه ۴ است. شهرستان نظرآباد با ۴۸/۱۵ درصد و شهرستان اشتهارد با ۶۳/۹۲ درصد نیز دارای توان برای مرتع درجه ۳ و ۴ می‌باشند. براساس وزن‌عوامل مختلف شیب بیش‌از ۵۰ درصد محدودکننده‌ترین عامل برای کاربری مرتع است. بطورکلی تعیین توان اکولوژیک مراتع، منجر به شناسایی مناطقی گردد که در استفاده بهینه از منابع طبیعی بسیار مناسب هستند و از نظر اقتصادی و اجتماعی افزایش درآمد و اشتغال روستایی را در پی خواهد داشت.

استناد: بهرامی، منیره؛ سرمدیان، فریدون؛ پذیرا، ابراهیم (۱۴۰۲). تحلیل توان اکولوژیک مراتع در استان البرز با استفاده از داده‌های مکانی و ارزیابی تأثیر آن بر بهینه‌سازی مدیریت منابع‌طبیعی. *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۷۶(۴)، ۴۲۶-۴۰۵.

DOI: http//doi.org/10.22059/jrwm.2023.362035.1718

ناشر : انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

در دهه‌های اخیر تغییرات کاربری اراضی و اثرات آن بر محیط زیست شامل کاهش تنوع زیستی، تخریب مراتع، آلودگی آب‌های زیرزمینی و فرسایش خاک از نگرانی‌های بزرگ جهانی بوده است (Hassan et al., 2020). این تغییرات تحت تاثیر رشد جمعیت، عوامل محیطی (اقلیم، توپوگرافی و غیره)، شرایط سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی تا حد زیادی گسترش یافته است (Zerfu et al., 2019). در واقع فعالیت‌های انسانی از نظر تامین غذا و سرپناه برای جمعیت رو به رشد، از طریق تبدیل جنگل‌ها و مراتع به اراضی شهری و زارعی موجب تخریب اکوسیستم می‌شود (Azarm et al., 2022).

مراتع ۵۴/۸ درصد از مساحت کشور را تشکیل می‌دهند. این اراضی به دلایل مختلفی از جمله عدم تطابق ظرفیت برداشت در معرض تخریب شدید قرار دارند (Hashemi, 2017). با توجه به اهمیت استفاده و بهره‌برداری مناسب و ظرفیت منابع زیست محیطی، تحلیل منابع از نظر پایداری محیطی ضروری است. استفاده منطقی از مراتع به عنوان منبع خوراک، موضوعی حیاتی برای صنعت دامپروری در بسیاری از کشورهای جهان است. استفاده پایدار از مراتع یکی از مهمترین اهداف سیاست‌های فرهنگی کشاورزی در کشورهای توسعه یافته یا در حال توسعه می‌باشد (Karaca et al., 2021).

پتانسیل اکولوژیک [1](EP)، پوشش گیاهی طبیعی و نوع کاربری مورد انتظار با توجه به شرایط محیطی و در غیاب اختلالات انسانی و طبیعی است (Rigge et al., 2019). داده‌های پتانسیل اکولوژیک برای مقایسه آن با شرایط فعلی ضروری می‌باشند. برخی از عوامل متعددی که بهره‌وری اکوسیستم را تغییر می‌دهند عبارتند از: فرسایش خاک، تراکم خاک، کاهش مواد مغذی، از دست دادن کربن‌آلی خاک، شوری، تغییرات آب و هوا، مدیریت، گونه‌های مهاجم، اتش‌سوزی و سیل (van der Esch, 2017). ارزیابی اراضی فرآیندی است برای پیش‌بینی عملکرد اراضی در طول زمان با توجه به انواع خاص کاربری (Mazahreh et al., 2019). ارزیابی تناسب اراضی می تواند به مدیریت بهینه اراضی کمک کند. کاهش تخریب زمین و طراحی الگوی کاربری اراضی از طریق تفکیک کاربری‌های رقیب از مشکلات زیست‌محیطی جلوگیری می‌کند. خروجی تجزیه و تحلیل تناسب اراضی نه تنها نوع کاربری مناسب آن‌ها را مشخص کرده، بلکه اطلاعاتی در مورد نوع محدودیت‌های پیش روی استفاده از آن ارائه می‌کند (Mazahreh et al., 2019).

روش‌های ارزیابی اراضی را می توان به دو دسته رویکرد پارامتریک و سلسله مراتبی تقسیم کرد. سیستم‌های پارامتریک دارای کلاس هستند و از فرمول‌های ریاضی برای بیان نتایج به صورت عددی استفاده می‌شود. به طور کلی پذیرفته شده است که روش‌های پارامتریک، ساده، عینی، کمی، قابل اعتماد و آسان برای اصلاح و انطباق با استفاده‌های جدید هستند (Dengiz and Mustafa., 2018). سیستم‌های سلسله مراتبی، مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[2] (AHP) کلاس‌ها را به یک سری سطوح اهمیت و یا عبارت دیگر، زمین را به کلاس‌هایی با پتانسیل کاربری متفاوتی گروه‌بندی می‌کنند (Kumar et al., 2021).

بررسی توان اکولوژیک و ارزیابی اراضی مستلزم حجم زیادی از داده‌های مکانی است که سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[3] (GIS) قادر به مدیریت آسان و کارآمد آن است. بنابراین به منظور غلبه بر مدیریت و تجزیه و تحلیل حجم زیادی از داده‌های مکانی برای ارزیابی اراضی، رویکردهای GIS و ارزیابی چند معیاره[4] (MCA) که می‌تواند برای حل مسائل پیچیده جغرافیایی مرتبط با AHP مورد استفاده قرار گیرد، مفید هستند (محمدی و همکاران، ۲۰۱۲). زیرا ویژگی‌های مختلف خاک و اراضی را می‌توان ارزیابی کرد و هر کدام را بر اساس اهمیت نسبی آن‌ها در کاربری بهینه وزن‌دهی نمود (Dengiz et al., 2015). بسیاری از محققان از GIS برای ارزیابی اراضی و تعیین توان اکولوژیک استفاده کرده‌اند (Vladimirov, 2018)، فرآیندی که امکان ادغام ویژگی‌های متعدد و معیارهای مختلفی را که در

[1] Ecological Potential
[2] Analytic Hierarchy Process
[3] Geographic information system
[4] Multi Criteria assessment

تصمیم‌گیری دخیل هستند، امکان‌پذیر می‌سازد. اورست و گور[1] (۲۰۲۲) برای تعیین ارزیابی تناسب اراضی برای کشت هلو از روش AHP استفاده کردند. نتایج نشان داد استفاده ترکیبی از تکنیک‌های AHP و GIS در شناسایی اراضی مناسب برای پرورش هلو، ارزیابی‌ها را تسهیل کرد و از نظر زمانی و اقتصادی مزایای قابل توجهی را به همراه داشت. مطالعه‌ای توسط رضاپور و همکاران[2] (۲۰۲۲) برای ارزیابی پتانسیل اکولوژیکی منطقه برای بهره برداری مرتع با معیارهای اصلی خاک شناسی، سنگ شناسی، توپوگرافی، اقلیم، پوشش گیاهی با استفاده از روش AHP و دیجیتالی کردن اطلاعات در محیط GIS انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین پتانسیل منطقه برای بهره‌برداری مرتع (۳۳/۶ درصد) است. بررسی تغییرات کاربری اراضی نشان‌دهنده افزایش دو کاربری مرتع (۶/۸+ درصد) و پوشش گیاهی درختان و درختچه‌ها (۱۳/۹+ درصد) است. در همین راستا مطالعه دیگری توسط منتظری و همکاران[3] (۲۰۲۲) در استان خراسان رضوی صورت پذیرفت؛ بیان داشتند که توان اکولوژیک مراتع در مناطق شمالی و شمال شرقی بیشتر از مناطق دیگر بوده و مراتع در این مناطق باید به عنوان مناطق حساس و با اولویت بالاتر در برنامه‌های مدیریتی مرتعی مورد توجه قرار گیرند. همچنین، نتایج نشان دادند که تاثیر شرایط خاکی بر توان اکولوژیک مراتع نسبت به شرایط آب و هوایی و اقتصادی بیشتر است. بنابراین، در برنامه‌های مدیریتی مرتعی باید به شرایط خاکی منطقه توجه ویژه‌ای شود.

با توجه به مطالعات صورت پذیرفته بطورکلی ارزیابی توان اکولوژیک مراتع همچنان یک حوزه پژوهشی پیچیده و چالش برانگیز است، که بسیاری از خلاءهای اطلاعاتی و تحقیقاتی در این زمینه وجود دارد. برای انجام تحقیقات موثر و دقیق در این زمینه، بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر توان اکولوژیک مراتع، بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر توان اکولوژیک مراتع و بررسی تأثیرات کشاورزی و دامداری بر توان اکولوژیک مراتع، از جمله خلاءهای اصلی هستند. به طور کلی، نیاز به بررسی اثرات مختلفی بر توان اکولوژیک مراتع و تدابیر مناسب برای مدیریت و بهبود آن‌ها، همچنان احساس می‌شود. در نتیجه، تحقیقات بیشتر و بهبود روش‌های ارزیابی توان اکولوژیک مراتع، برای حفظ محیط زیست و توسعه پایدار، بسیار ضروری و اساسی است. با توجه به اینکه مطالعات انجام شده در سطح استان به صورت موردی توسط برخی از محققان از جمله دهقان[4] و همکاران (۲۰۱۸)، رفیعیان و محمودی [5](۲۰۲۲) و سعیدی[6] و همکاران (۲۰۱۶) انجام شده است و در کل استان اطلاعات جامعی وجود ندارد؛ پژوهش حاضر جهت پوشش بخشی از خلاء اطلاعاتی و تحقیقاتی در این زمینه در سطح استان البرز و با هدف ارزیابی توان اکولوژیک مراتع انجام شد. برای دستیابی به این هدف، در این تحقیق از ترکیب روش‌های پارامتریک -AHP و محیط مکان مبنای سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود. با استفاده از این روش‌ها، توان اکولوژیک اراضی مرتعی در استان البرز تعیین خواهد شد. سپس، با مقایسه توان اکولوژیک مراتع با کاربرهای حال حاضر اراضی، ارزیابی خواهد شد که آیا کاربری حال حاضر اراضی با توان اکولوژیک مراتع همخوانی دارد یا نه. در ضمن، این تحقیق به منظور بهبود مدیریت مراتع و حفاظت از محیط زیست استان البرز انجام می‌شود.

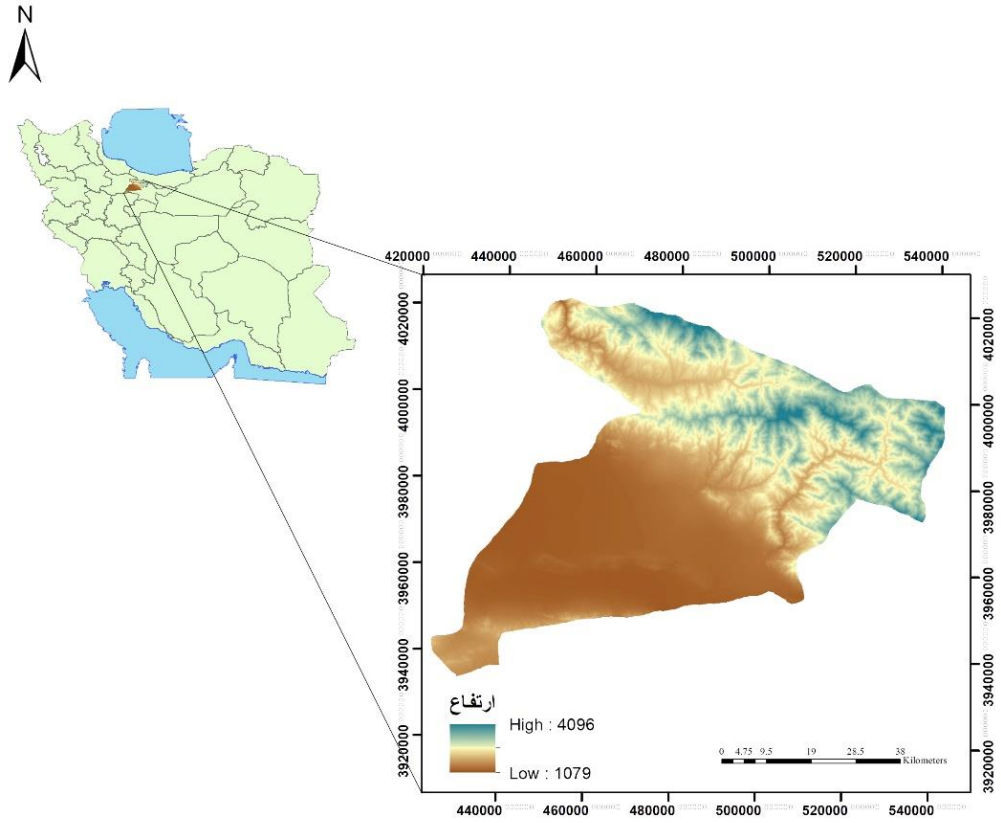
۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در حوزه آبریز استان البرز در حد فاصل طول جغرافیایی °۵۰ تا ´۳۰°۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ´۳۰°۳۵ تا ´۳۰°۳۶ دقیقه شمالی (شکل ۱) انجام شد. مساحت کل حوزه ۵۱۴۱۸۷ هکتار می‌باشد که حدود ۰/۳ درصد مساحت کل کشور را به خود

[1] Everest and Gür
[2] Rezapour et al
[3] Montazeri et al
[4] Dehghan et al
[5] Rafieian and mahmoodi
[6] Saedi

اختصاص داده است. کم‌ترین و بیشترین ارتفاع حوزه از سطح دریا به‌ترتیب ۱۰۷۹ و ۴۱۰۴ است. دامنه تغییرات شیب استان از صفر تا بیش از ۳۰ درجه است. براساس اطلاعات آماری ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان البرز مندرج در سالنامه‌های آماری سال ۱۳۹۱سازمان هواشناسی کشور و سازمان مدیریت منابع آب (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۱) بیش‌ترین و کمترین مقدار میانگین حداقل دمای سالانه به ترتیب ۸/۷ در ایستگاه کرج و ۰/۱- درجه‌سانتی‌گراد در ایستگاه معدن گاجره مشاهده شده است. بیش‌ترین مقدار میانگین حداکثر دمای سالانه در ایستگاه کریم‌آباد ۲۲/۷ درجه سانتی‌گراد و کمترین مقدار میانگین حداکثر دمای سالانه در ایستگاه معدن گاجره ۱۳ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است. طبق بررسی صورت گرفته، بالاترین و پایین‌ترین میزان میانگین سالانه رطوبت نسبی استان البرز طی دوره آماری به ترتیب ۵۷٪ و ۴۱٪ است.



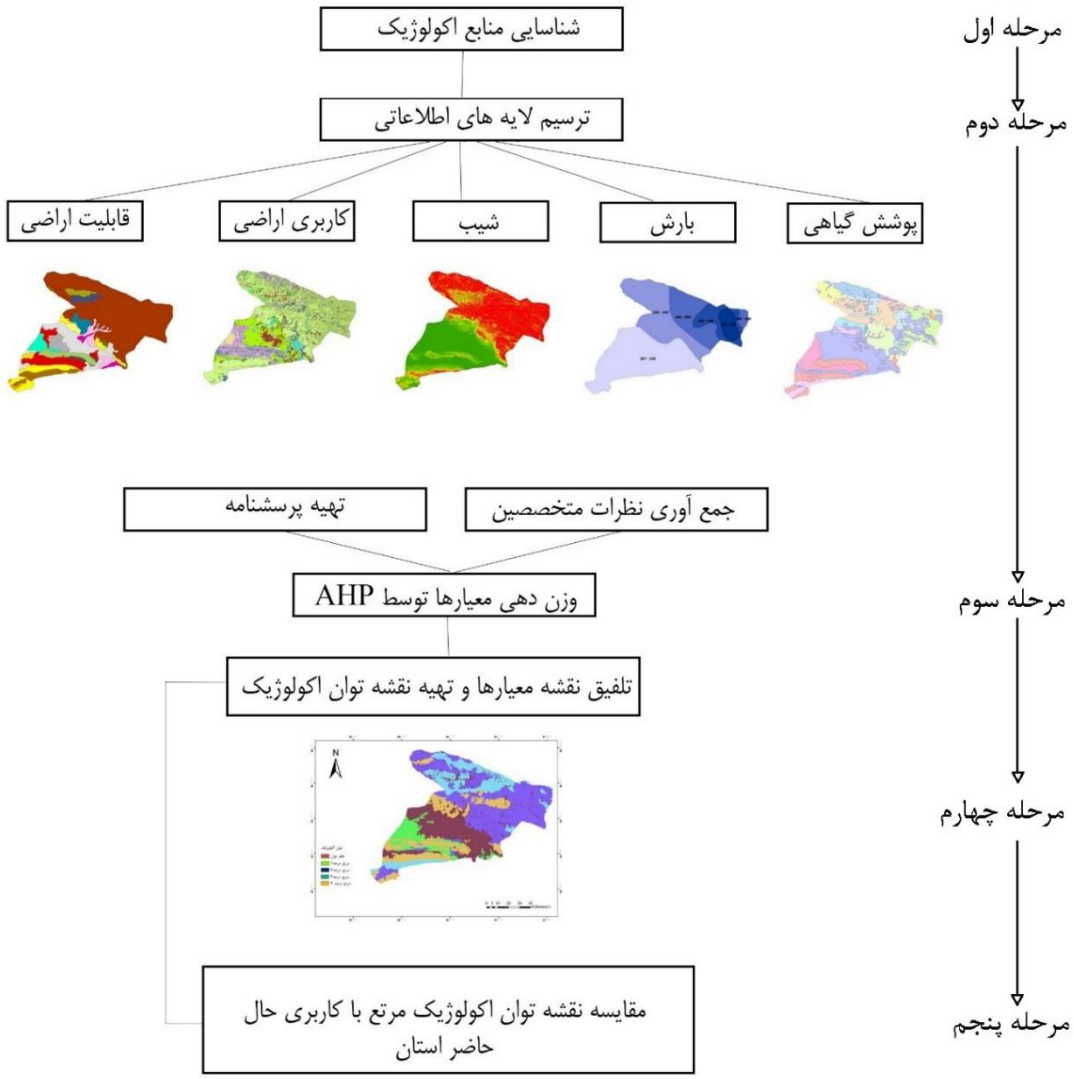
شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و حدود ارتفاعی استان البرز نسبت به کشور ایران

۲-۲. روش تحقیق

ارزیابی توان اکولوژیک مراتع استان البرز براساس مدل اکولوژیکی مخدوم[1] (۲۰۱۴) انجام گرفت. براساس این مدل، از روش پارامتریک برای تعیین پارامترها استفاده می‌شود. در روش پارامتریک برای تعیین توان اکولوژیک، از پارامترهای زیستی، فیزیکی و شیمیایی استفاده می‌شود. در این روش، ابتدا پارامترهای مختلفی مانند ارتفاع، شیب، خاک، بارش، دما و ... تعیین می‌شوند و سپس با استفاده از روابط ریاضی، این پارامترها به متغیرهایی تبدیل می‌شوند که توان اکولوژیک را نشان می‌دهند. این متغیرها می‌توانند از طریق مدل‌سازی،

[1] Makhdom

نقشه‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، به دست آیند. در روش پارامتریک، اصول مختلفی برای تعیین پارامترها و متغیرهای مورد نیاز وجود دارد. برای مثال، برای تعیین پارامتر خاک، نوع خاک، عمق خاک، ترکیب خاک و ... باید در نظر گرفته شـــود. همچنین، برای تعیین متغیرهای توان اکولوژیک، روابط ریاضـــی مختلفی برای هر پارامتر وجود دارد که باید با توجه به منطقه مورد نظر انتخاب شـــوند. در کل، روش پارامتریک یک روش موثر برای ارزیابی توان اکولوژیک یک منطقه است که با استفاده از پارامترهای زیستی، فیزیکی و شیمیایی، توان اکولوژیک را تعیین می‌کند. این روش با استفاده از روابط ریاضی و تجزیه و تحلیل داده‌ها، به دست آوردن متغیرهای توان اکولوژیک را فراهم می‌کند (Deng et al., 2018). سپس با استفاده از مدل AHP هرکدام از پارامترها وزن‌دهی شد و از قابلیت تکنیک‌های GIS به دلیل توانایی در پردازش اطلاعات مکانی، تلفیق و روی‌همگذاری نقشـــه‌ها و تولید نقشـــه‌های جدید نیز اسـتفاده گردید. بنابراین مطابق با شکل ۲ ارزیابی توان اکولوژیک استان البرز در ۵ مرحله انجام شد.



شکل ۲. مرحله‌های تحقیق

۲-۲-۱. مرحله اول: شناسایی منابع اکولوژیک

منابع اکولوژیکی با مطالعه ادبیات تحقیق و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه تعیین شد. تاکید پژوهش حاضر بر منابع اکولوژیکی است بدین منظور منابع اکولوژیکی براساس مدل مخدوم استخراج شد (جدول۱). روش پیمایش شامل مشاهده و اطلاعات جمع‌آوری شده است که در لایه‌های مختلف داده در پایگاه داده سامانه اطلاعات جغرافیایی ذخیره شده است. اطلاعات مکانی به صورت‌برداری و رستری از سازمان‌ها و پایگاه داده‌های اطلاعات مکانی جمع آوری شد. داده‌های کاربری اراضی و داده‌های مربوط به مدل رقومی ارتفاع (DEM)[1] از سازمان نقشه‌برداری کشور اخذ شد. سپس اطلاعات مکانی و غیر مکانی ترکیب و پس از تکمیل پایگاه داده در محیط نرم‌افزار ARC GIS با استفاده از ابزار Analysis Tools در قسمت Overlay با استفاده از ابزار Union مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۱. شاخص‌های اکولوژیکی مورد استفاده

شاخص	تعریف	منبع
قابلت اراضی	قابلیت اراضی توانایی پذیرش نوع و شدت کاربری زمین است که تحت نظارت مدیریت معین بدون تخریب طولانی مدت برای یک دوره دائمی یا مشخص اتفاق می افتد. جنبه‌های فیزیکی، از جمله هیدرولوژی، زمین شناسی و ژئومورفولوژی، در تعیین قابلیت زمین ضروری هستند.	نقشه ارزیابی منابع و قابلیت اراضی استان تهران
کاربری اراضی	تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری اراضی یکی از نیروهای محرک تغییر اکوسیستم منطقه‌ای است که تاثیر قابل توجهی بر تعادل محیطی دارد.	نقشه تهیه شده توسط دکتر سرمدیان
شیب	مطالعات توپوگرافی با هدف ارزیابی و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های زبری سطح انجام می‌شود. بنابراین، از مدل رقومی ارتفاع (DEM) برای ترسیم نقشه شیب استفاده می شود. ویژگی‌های توپوگرافی بر رشد گیاه تأثیر می گذارد. به طوری‌که در حوزه‌های جنوبی در مقابل حوزه‌های شمالی. حوزه‌های جنوبی و جنوب غربی نیمکره شمالی انرژی بیشتری دریافت می کنند.	مدل رقومی ارتفاع
اقلیم	پارامترهای هواشناسی و اقلیم نیز یکی از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین معیارها در تعیین توان اکولوژیک برای کاربری‌های گوناگون است. میزان و توزیع بارندگی، متوسط دمای سالیانه و هم‌چنین طبقه‌بندی اقلیمی را می‌توان ازجمله این پارامترها دانست که هر یک به گونه‌ای نتایج توان‌سنجی را تحت تأثیر قرار می‌دهند.	داده‌های اقلیمی سازمان هواشناسی کشور
پوشش گیاهی	ترکیب و تراکم پوشش گیاهی بر نوع استفاده از اراضی موثر است.	نقشه پوشش گیاهی تهیه شده توسط موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع

۲-۲-۲. مرحله دوم: ترسیم لایه‌های اطلاعاتی

پس از انتخاب لایه‌ها و مرتب سازی داده‌ها، لایه‌های اولیه تهیه شدند. پس از آماده سازی لایه‌ها، با توجه به ویژگی‌های مرتع ازجمله پوشش گیاهی، خاک، بارندگی و توپوگرافی، طبقه بندی شاخص‌ها انجام شد. در نهایت معیارهای قابلیت و کاربری اراضی، شیب، اقلیم و پوشش گیاهی و زیر معیارها مشخص گردیده و درخت سلسله مراتبی ترسیم شد. در این مرحله به منظور تعیین وزن معیارها و زیر معیارها پرسشنامه‌ای تهیه گردیده و در اختیار متخصصین قرار گرفت.

۲-۲-۳. مرحله سوم: وزن‌دهی معیارها

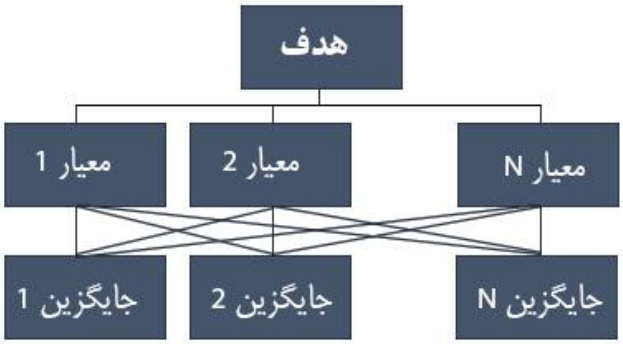
پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، اهمیت هر معیار به روش تحلیل سلسله مراتبی و با مقایسه زوجی معیارها در نرم افزارExpert Choice نسخه (۱۱) تعیین گردید.

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ابتدا توسط توماس ساعتی در دهه ۱۹۷۰ توسعه یافت. طبق نظر ساعتی[2] (۱۹۸۰) استفاده از

[1] Digital Elevation Model
[2] Saaty

AHP برای تصمیم گیری متکی بر تئوری اندازه‌گیری نسبی مبتنی بر مقایسه بین جفت‌های مورد استفاده برای جداول استاندارد شده اعداد مطلق است که عناصر آن به عنوان اولویت استفاده می‌شوند. از آنجا که این یک فرآیند چند معیاره است، باید با اولویت جایگزین‌های به دست آمده تحت معیارهای مختلف مطابقت داشته باشد (Saaty, 2006). بنابراین، AHP از تصمیم گیری با استفاده از مقایسه زوجی معیارهای از پیش تعیین شده، که توسط متخصصان ارزیابی می‌شود، پشتیبانی می‌کند (Saaty, 2006). معیارهای ضروری و مهم «در یک ساختار سلسله مراتبی نزولی از یک هدف کلی به معیارها، معیارهای فرعی و جایگزین‌ها در سطوح متوالی» انتخاب و سازماندهی می شوند (Saaty, 1988).

علاوه بر این، تصمیم‌گیری نیز بر اساس مقیاس عددی برای مقایسه‌های زوجی است که برای نشان دادن اهمیت یک عامل در رابطه با عامل دیگر با توجه به معیارها استفاده می‌شود. مقیاس عددی AHP از ۱ تا ۹ متغیر است، جایی که ۱ نشان دهنده برابری اهمیت بین دو فعالیت است و ۹ نشان دهنده که یک فعالیت بسیار مهمتر از دیگری است (Saaty, 2008). شکل ۳ ساختار کلی روش AHP را نشان می‌دهد (Saaty, 1988).



شکل ۳. ساختار تحلیل سلسله مراتبی (Saaty, 1990)

به این ترتیب، فرآیند تصمیم‌گیری باید به‌صورت سازمان‌یافته و ساختارمند در چهار مرحله انجام شود: (۱) تعریف مسئله و تعیین نوع دانش مورد نظر. (۲) سلسله مراتب تصمیم را از بالا با هدف تصمیم، سپس اهداف را از منظری وسیع، در سراسر سطح متوسط (معیارهایی که عناصر بعدی به آن بستگی دارند) تا پایین ترین سطح (که معمولاً مجموعه ای از گزینه‌ها است) ساختار دهید. (۳) مجموعه ای از ماتریس‌های مقایسه زوجی بسازید. هر عنصر در سطح بالایی برای مقایسه عناصر موجود در سطح بلافاصله زیر آن استفاده می شود و (۴) از اولویت‌های به دست آمده از مقایسه‌ها برای وزن دادن به اولویت‌ها در سطح بلافاصله زیر استفاده کنید. این کار را برای هر عنصر انجام دهید. سپس، برای هر عنصر در سطح زیر، مقادیر وزن آن را اضافه کنید و اولویت کلی آن را بدست آورید. این روند توزین و افزودن را تا رسیدن به اولویت‌های نهایی جایگزین‌ها در پایین‌ترین سطح ادامه دهید. نرخ سازگاری را محاسبه کنید

نرخ سازگاری [1](CR) شاخصی است که نشان می‌دهد چه میزان مقایسه‌های زوجی انجام شده با هم سازگاری دارند.

محاسبه نرخ سازگاری درAHP

۱. محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسه زوجی را در بردار ویژه ضرب کنید. بردار جدیدی را که به این طریق بدست می‌آید، بردار مجموع وزنی نامیده می‌شود.

۲. محاسبه بردار سازگاری: هر عنصر بردار مجموع وزنی را بر عنصر متناظر در بردار ویژه تقسیم کرده، بردار حاصل بردار سازگاری

[1] consistency Ratio

نامیده می‌شود.

۳. برآورد :lmax میانگین عناصر بردار سازگاری lmax را به دست می‌دهد. بیشتر مواقع به جای محاسبه lmax از روش تقریبی میانگین هندسی استفاده می‌شود. پارامتر L مقدار تقریبی lmax است

۴. محاسبه شاخص سازگاری (CI): اگر تعداد عناصر جدول مقایسه زوجی n باشد، شاخص سازگاری بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$CI=\frac{lmax-n}{n-1}$$

۵. محاسبه شاخص تصادفی: شاخص تصادفی بودن از جدول ۲ استخراج می‌شود.

جدول۲. شاخص تصادفی

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰/۵۲	۰/۸۸	۱/۱	۱/۲۴	۱/۳۴	۱/۴	۱/۴۴	۱/۴۸	۱/۵۱	۱/۵۳	۱/۵۵	۱/۵۷	۱/۵۸

۶. محاسبه نرخ سازگاری: نرخ سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی بدست می‌آید.

CR = CI / RI

۲-۲-۴. مرحله چهارم: تهیه نقشه توان اکولوژیک مرتع

پس از وزن دهی معیارها، با استفاده از تابع Raster Calculator در محیط نرم‌افزار Arc GIS نسخه (۱۰.۷.۱) وزن‌های محاسبه شده به نقشه‌معیارها اختصاص داده شد و در نهایت با روی‌هم‌گذاری نقشه معیارها نقشه توان اکولوژیک مرتع در اراضی استان البرز تهیه گردید.

۲-۲-۵. مرحله پنجم: مقایسه

در نهایت نقشه توان اکولوژیک مرتع تهیه شده با نقشه کاربری اراضی در حال حاضر استان البرز مورد مقایسه قرار گرفت.

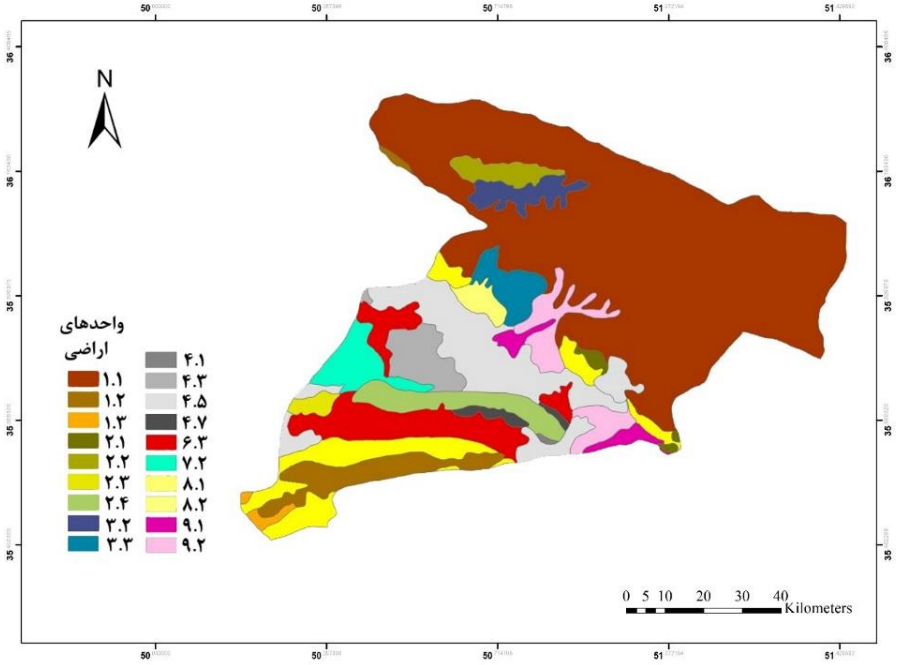
۳. یافته‌های پژوهش

منابع اکولوژیکی جهت بررسی توان اکولوژیک مرتع شامل قابلیت اراضی، کاربری اراضی، شیب، بارش و پوشش گیاهی در سطح استان بررسی و نتایج آن به صورت نقشه و نمودار ارائه شده است. با ترکیب نقشه منابع مذکور، توان اکولوژیک مرتع برای استان البرز تهیه شد.

۳-۱. منابع اکولوژیک انتخاب شده

۳-۱-۱. قابلیت اراضی

در این مطالعه قابلیت اراضی نشان‌دهنده توانایی ذاتی آن براساس اقلیم، هیدرولوژی، خاکشناسی، ژئومورفولوژی و جز آن است. در استان البرز ۸ تیپ مختلف قابلیت اراضی شامل ۱-کوه‌ها ۲-تپه‌ها ۳-فلات‌ها، ۴-دشت‌های دامنه‌ای، ۵-اراضی پست، ۶-دشت سیلابی، ۷-واریزه سنگریزه دار و ۸-آبرفت سنگریزه‌دار شناسایی شده است. هر یک از تیپ‌ها با توجه به ویژگی‌های خاص خود چون جنس سنگ‌ها، شکل قله‌ها، پوشش خاکی، رخنمون‌های سنگی، پوشش گیاهی و نوع استفاده، ارتفاع، فرسایش، شوری، قلیائیت، زهکشی، شیب و پستی و بلندی و تراکم مسیل‌ها به عرصه‌های کوچک‌تر و تقریباً همگن برای استفاده‌های اصلی تقسیم‌پذیرند که این تقسیمات واحدهای اراضی نامیده می‌شوند (رفیعیان و محمودی، ۲۰۲۲). پراکنش واحدهای اراضی استان البرز در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴. نقشه قابلیت اراضی استان البرز

مطابق با جدول ۳ بیشترین درصد از مساحت استان البرز (۵۵ درصد) را تیپ اراضی کوه تشکیل داده است که معادل ۲۸۳۱۳۹ کیلومتر مربع است. در حالی که ۹/۳ درصد از سطح استان از فلات تشکیل شده است.

جدول ۳. مساحت (هکتار) و درصد مساحت واحدهای اراضی

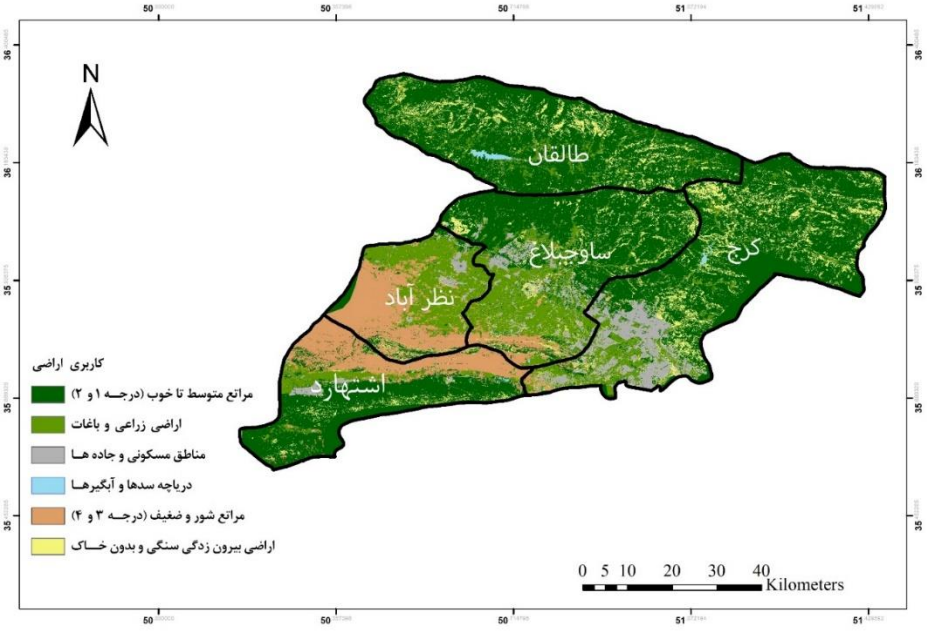
تیپ اراضی	کد واحد	درصد به کل	سهم از استان (هکتار)	تیپ اراضی	کد واحد	درصد به کل	سهم از استان (هکتار)
	۱.۱	۵۰/۷	۲۶۰۸۳۶		۴.۳	۲/۷	۱۳۷۶۱
کوه‌ها	۱.۲	۹/۳	۲۰۰۲۲	دشت‌های دامنه‌ای	۴.۱	۰/۱	۴۲۲
	۱.۳	۰/۴	۲۲۸۱		۴.۵	۵/۹	۴۸۶۲۱
تپه‌ها	۲.۱	۰/۵	۲۴۳۷		۴.۷	۰/۷	۳۵۳۲
	۲.۲	۱/۴	۰/۴۷۴۷	اراضی پست	۶.۳	۷	۳۵۹۹۶
	۲.۳	۰/۶	۳۱۷۶	دشت سیلابی	۷.۲	۲/۵	۱۲۷۵۳
	۲.۴	۱/۳	۱۶۱۸۷	واریزه سنگریزه دار	۸.۱	۶/۵	۳۳۴۶۳
فلات‌ها	۳.۳	۱/۲	۰/۱۰۵۸۷		۸.۲	۱	۴۹۷۴
	۳.۲	۱/۸	۹۵۱۰	آبرفت سنگریزه دار	۹.۱	۱/۲	۶۰۴۷
شهر	Urban	۰/۸	۹/۴۳		۹.۲	۵/۳	۱۷۸۱۸

۳-۱-۲. کاربری اراضی

نقشه‌کاربری اراضی با استفاده شاخص‌های تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)[1] و شاخص پوشش گیاهی طیفی (SCI)[2] و

[1]Normalized Differences Vegetation Index
[2] Spectral Crop Index

همچنین لایه پوشش اراضی (ESA) از باندهای VV و VH ماهواره سنتینل ۱ و باندهای B1 تا B12 ماهواره سنتینل ۲ (تاریخ ۲۰۲۲/۰۶/۱۵ الی ۲۰۲۲/۱۰/۱۵) در محیط نرم افزار R و با استفاده از الگوریتم یادگیری ماشین (ML)[1] جنگل تصادفی (RF)[2] تهیه شد. در تعیین توان اکولوژیک آگاهی داشتن از توان بالفعل اراضی از جمله معیارهایی است که می‌تواند کمک بسیار موثری در ارزیابی توان ارائه دهد، زیرا وجود کاربری‌های گوناگون و استقرار آن‌ها در زمین نشانه‌ای از وجود توانایی‌های بالقوه اراضی هم می‌تواند باشد. از طرفی اصلاح خطاهای سایر نقشه‌های پوششی و نیز دنبال کردن سیر تحول کاربری‌ها از جمله موارد استفاده از این نقشه‌هاست (شکل ۵).



شکل ۵. نقشه کاربری اراضی استان البرز

از وسعت ۵۱۴۱۸۶ هکتار استان البرز، سهم مراتع ۶۱/۷ درصد، جنگل و بیشه ۳/۱، باغات و مجتمع‌های درختی ۶/۶ درصد، زراعت آبی ۱۱/۲ و دیم ۱/۷ درصد، زمین‌های شور و مرطوب ۱۰/۴ درصد و مراکز جمعیتی روستایی۰/۷، شهری ۲/۸ درصد و سایر ۱/۸ درصد است (جدول ۴).

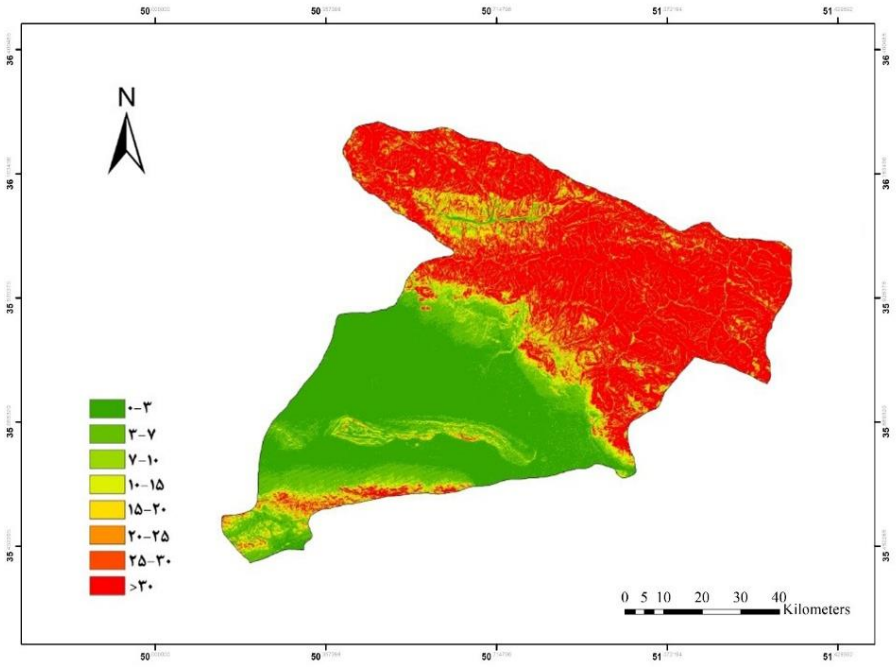
۳-۱-۳. شیب

برای کاربری‌های گوناگون، شیب یکی از پارامترهای مهم بشمار می‌رود. توزیع شیب در استان بر حسب استقرار در طبقات مختلف نشان می‌دهد که ۲۸/۵ درصد اراضی در شیب کمتر از ۳ درصد قرار دارند که بیش‌ترین سهم در استان است. این زمین‌های کم ارتفاع و هموار با شب ملایم و یکنواخت از جمله خصوصیات مناطق مرکزی استان به شمار می‌آیند. وجود کاربری‌های شهری و کشاورزی آبی از جمله مهم‌ترین اشکال انسان ساخت در این مناطق به شمار می‌روند (شکل ۶).

[1] Machine Learning
[2] Random Forest

جدول ۴. مساحت و درصد مساحت کاربری اراضی

کاربری اراضی	درصد	مساحت (هکتار)
مراتع خوب و متوسط	۵۱/۷	۲۶۵۹۰۹/۳
اراضی زراعی و باغات	۲۰/۵	۱۰۵۵۶۸/۲
مناطق مسکونی و جاده‌ها	۶۱/۹	۳۱۸۶۷/۷
دریاچه سدها و آبگیرها	۰/۲	۱۴۶۶/۱
مراتع شور و ضعیف	۱۱/۲	۵۷۹۴۸/۱
بیرون زدگی سنگی	۱۰	۵۱۴۱۹/۲



شکل ۶. نقشه شیب استان البرز

همچنین اراضی با شیب بین ۳ تا ۷ درصد که در نواحی مرکزی و میانی استان گسترده شده‌اند بالغ بر ۱۰ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده‌اند که بیشتر برای کاربری‌های شهری و کشاورزی تناسب دارند. وسعت اراضی با شیب متوسط (۷- ۱۵درصد) که برای برخی از کاربری‌های شهری و دیم کاری تناسب دارند و ۸/۷ درصد از وسعت استان را رقم می‌زند. اراضی با شیب بسیار تند (بیش از ۳۰ درصد) در حدود ۳۸/۵ درصد از کل استان را شامل می‌شود که بیشترین مساحت مراتع استان در این نواحی قرار دارد. (جدول ۵).

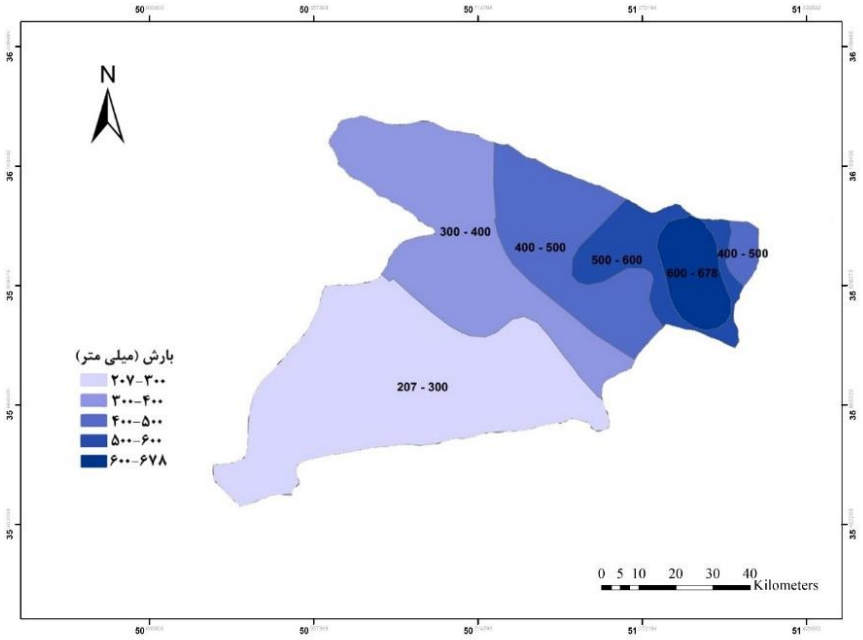
۳-۱-۴. بارش

با استفاده از داده‌های ۱۲ ایستگاه هواشناسی استان شامل ایستگاه‌های کشاورزی کرج، هشتگرد، طالقان، فرودگاه پیام، شهرستانک، آسارا، سد امیرکبیر، نسا، گاجره، ده‌صومعه، دروان و کریم آباد پارامترهای بارندگی پردازش و نقشه‌سازی شده‌اند. بارندگی سالیانه در استان از

۶۷۸ میلی‌متر در نواحی مرتفع واقع در شمال شرق استان تا ۲۰۷ میلی‌متر در نواحی جنوبی استان متغیر است (شکل ۷).

جدول ۵. مساحت و درصد مساحت طبقات شیب

طبقات شیب	درصد مساحت	مساحت (هکتار)
کمتر از ۳	۲۸/۵	۱۴۶۶۰۲/۹
۳–۷	۱۰/۵	۵۴۰۴۲/۲
۷ –۱۰	۳/۹	۲۰۱۲۹/۸
۱۰ –۱۵	۴/۷	۲۴۵۸۴/۷
۱۵ –۲۰	۴/۵	۲۳۲۶۹/۹
۲۰–۲۵	۴/۶	۲۳۸۷۵/۴
۲۵ –۳۰	۴/۵	۲۳۵۰۲/۷
بیشتر از ۳۰	۳۸/۵	۱۹۸۱۷۹/۵
جمع کل	۱۰۰	۵۱۴۱۸۷



شکل ۷. نقشه پراکندگی بارش استان البرز

۳–۱–۵. پوشش گیاهی

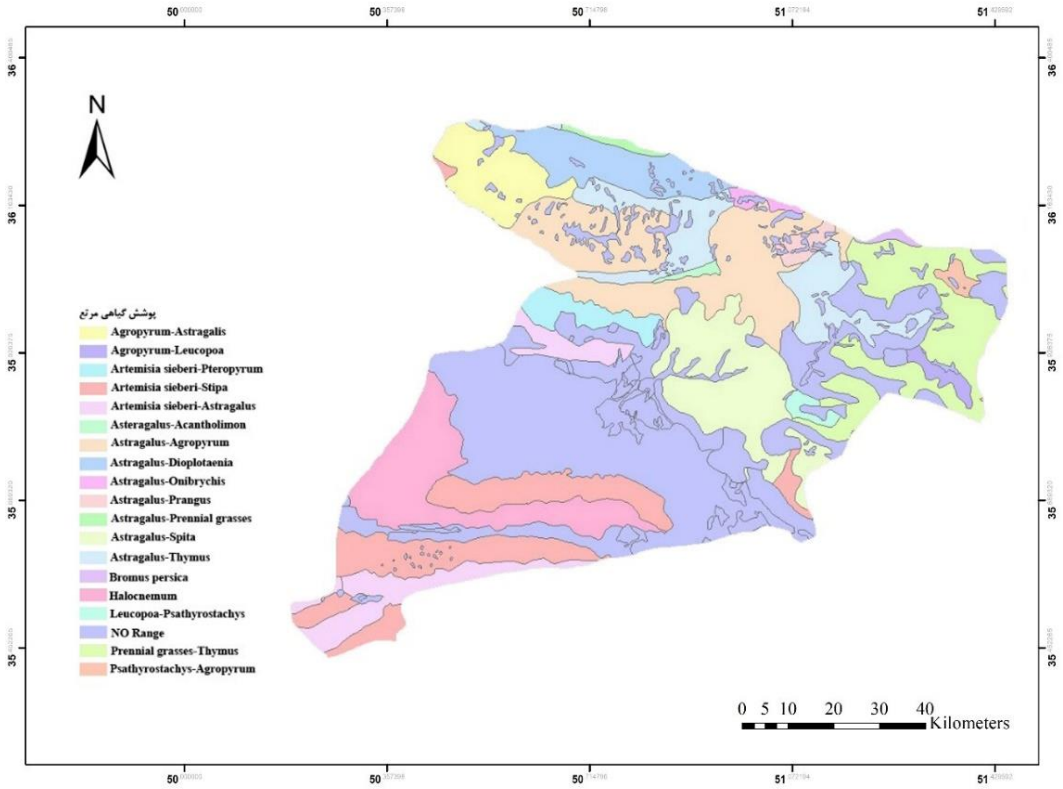
قره داغی و همکاران[1] (۲۰۰۴) با هدف شناخت مناطق اکولوژیک کشور در مقیاس منطقه‌ای به بررسی و شناسایی رویشگاه‌ها طبیعی کشور پرداختند که منجر به تهیه نقشه تیپ‌های گیاهی استان البرز شد. براساس این نقشه تعداد ۱۷ تیپ مرتعی حدود ۳۳۸۲۹۲ هکتار

[1] Gharedaghi et al

(۶۵/۸ درصد) از مساحت استان را پوشش داده‌اند از ۱۷ تیپ مرتعی تعداد ۱۰ تیپ با مساحت ۱۵۸۸۸۰ هکتار (۴۷ درصد) گرایش منفی و ۵ تیپ مرتعی با ۱۳۸۱۷۲ هکتار (۴۱ درصد) گرایش ثابت و ۲ تیپ نیز با ۴۱۲۴۰ هکتار (۱۲/۲ درصد) گرایش مثبت دارند (قره‌داغی و همکاران، ۲۰۰۴). به بیان دیگر حدود ۵۳ درصد از مراتع استان دارای گرایش ثابت یا مثبت هستند که لازم است در مدیریت بهره‌برداری از آنها تلاش کرد و ۴۷ درصد از مراتع که گرایش منفی دارند بایستی با مطالعه و تهیه طرح‌های اصلاح، احیاء و اجرای طرح‌های مرتع‌داری نسبت به بهبود آن اقدام نمود تعداد ۶ تیپ از ۱۷ مرتع استان شامل (درمنه – شال دم)، (گون – شال دم) (گندمیان پایا – آویشن)، (شوری‌ها)، (گون – گندمی‌ها) و (گندمیان پایا) در مجموع ۶۷/۵ درصد از مرتع استان را پوشش می‌دهند. تیپ‌های درمنه و هالوفیت‌ها عمدتاً در دشت‌ها و گون‌ها و گندمیان در کوهستان‌ها و کوهپایه‌ها استقرار دارند (شکل ۸ و جدول ۶).

۳-۲. وزن‌دهی منابع اکولوژیک

مقادیر نهایی معیارها و زیرمعیارهای وزن‌دهی شده در شکل ۹ ارائه شده است. نتایج نشان داد که نرخ سازگاری (CR) هریک از منابع اکولوژیک شناخته شده برابر ۰/۲ است. با توجه به معیار قابلیت اراضی، واحدهای اراضی ۲.۲ و ۲.۳ با وزن ۱۰ اهمیت بیشتری داشتند (شکل ۹-الف). کاربری اراضی مراتع متراکم و نیمه متراکم به ترتیب با وزن ۱۰ و ۸ اهمیت بیشتری در تعیین توان مذکور داشتند (شکل ۹-ب). با توجه به معیار شیب، کلاس شیب ۱۵تا ۳۰ درجه با وزن ۱۰ و کلاس شیب ۱۰-۲۵ با وزن ۸ اهمیت بیشتری پیدا کردند (شکل ۹-ج). مناطق با بارش ۵۰۰-۶۰۰ میلی‌متر و بیش از ۶۰۰ میلی‌متر با وزن ۸ و ۱۰ دارای اهمیت بیشتری می باشند (شکل ۹-د). همچنین زیر معیار ۵۰-۷۵ درصد از پوشش گیاهی بیشترین اهمیت (با وزن ۱۰) را در پیش‌بینی توان اکولوژیک استان البرز دارد (شکل ۹-ه).



شکل ۸. نقشه پوشش گیاهی استان البرز

جدول ۶. مساحت و درصد مساحت پوشش گیاهی

ردیف	نام فارسی تیپ‌ها	مساحت (هکتار)	درصد به کل استان	نام فارسی تیپ‌ها
۱	Artemisia sieberi Stipa	۴۸۰۰۷/۴	۹/۳	درمنه – شال دم
۲	Astragalus stipa	۳۸۹۸۱/۵	۷/۶	گون – جارو – شال دم
۳	Artemisia Pteropyrum	۸۵۴۰/۲	۱/۷	درمنه – پرند
۴	Astragatus Thymus	۲۹۷۰۰/۵	۵/۸	گون – آویشن – کلا میر حسن
۵	Psathyrostachys-Agropyrum	۱۹۹۳	۰/۴	جو دائمی – علف گندمی‌ها
۶	Leucopoa-Psathyrostachys	۲۲۶۹	۰/۴	جو دائمی
۷	Agropyrum Leucopoa	۳۱۴۸/۳	۰/۶	علف گندمی – گون
۸	Prennial grasses - thymus	۳۹۵۹۲/۸	۷/۷	گندمیان پایا – آویشن
۹	Halocnemum	۳۸۱۹۴/۱	۷/۴	شوری‌ها
۱۰	Artemisia sieberi Astragalus	۲۳۱۸۵/۹	۴/۵	درمنه دشتی – گون
۱۱	Astragalus Agropyrum	۱۹۷۴۴/۳	۳/۸	گون – علف گندمی‌ها
۱۲	Astragalus Acantholimom	۱۲۵۹	۰/۲	گون – کلاه میر حسن
۱۳	Astragalus onbrychis	۱۸۲۱/۵	۰/۴	گون – اسپرس بالشتکی
۱۴	Astragalus prennial grasses	۱۷۵۹/۱	۰/۳	گون – گندمیان پایا
۱۵	Astragalus prangus	۲۹۵۷/۹	۰/۶	گون – جاشیر
۱۶	Agropyrum Astragatus	۵۵۶۴۱/۱	۱۰/۸	علف گندمی – گون
۱۷	Astragalus Dioplotaemia	۲۱۴۹۶/۳	۴/۲	گون – دیپلوتینا
		۳۳۸۲۹۲	۶۷/۵	جمع پوشش مرتعی

۳–۳. تهیه نقشه توان اکولوژیک مرتع

نتیجه تلفیق و روی‌همگذاری نقشه‌های وزن‌دهی شده معیارها، نقشه توان اکولوژیک استان برای مرتع را ارائه داد (شکل ۱۰). در این نقشه نیز هر یک از واحدهای زمین پایه (پیکسل‌ها) رتبه‌ای از حداقل ۰/۸ تا حداکثر ۹ دارند. با توجه به شکست‌های موجود در اندازه این واحدها، می‌توان آن‌ها را در پنج طبقه به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

واحدهای با ارزش کمتر از ۳ به عنوان اراضی فاقد توان برای مرتع

واحدهای با ارزش ۳ تا ۵ به عنوان اراضی با توان بسیار کم برای مرتع (مرتع درجه ۴)

واحدهای با ارزش ۵ تا ۷ به عنوان اراضی با توان کم برای مرتع (مرتع درجه ۳)

واحدهای با ارزش ۷ تا ۹ به عنوان اراضی با توان مناسب برای مرتع (مرتع درجه ۲)

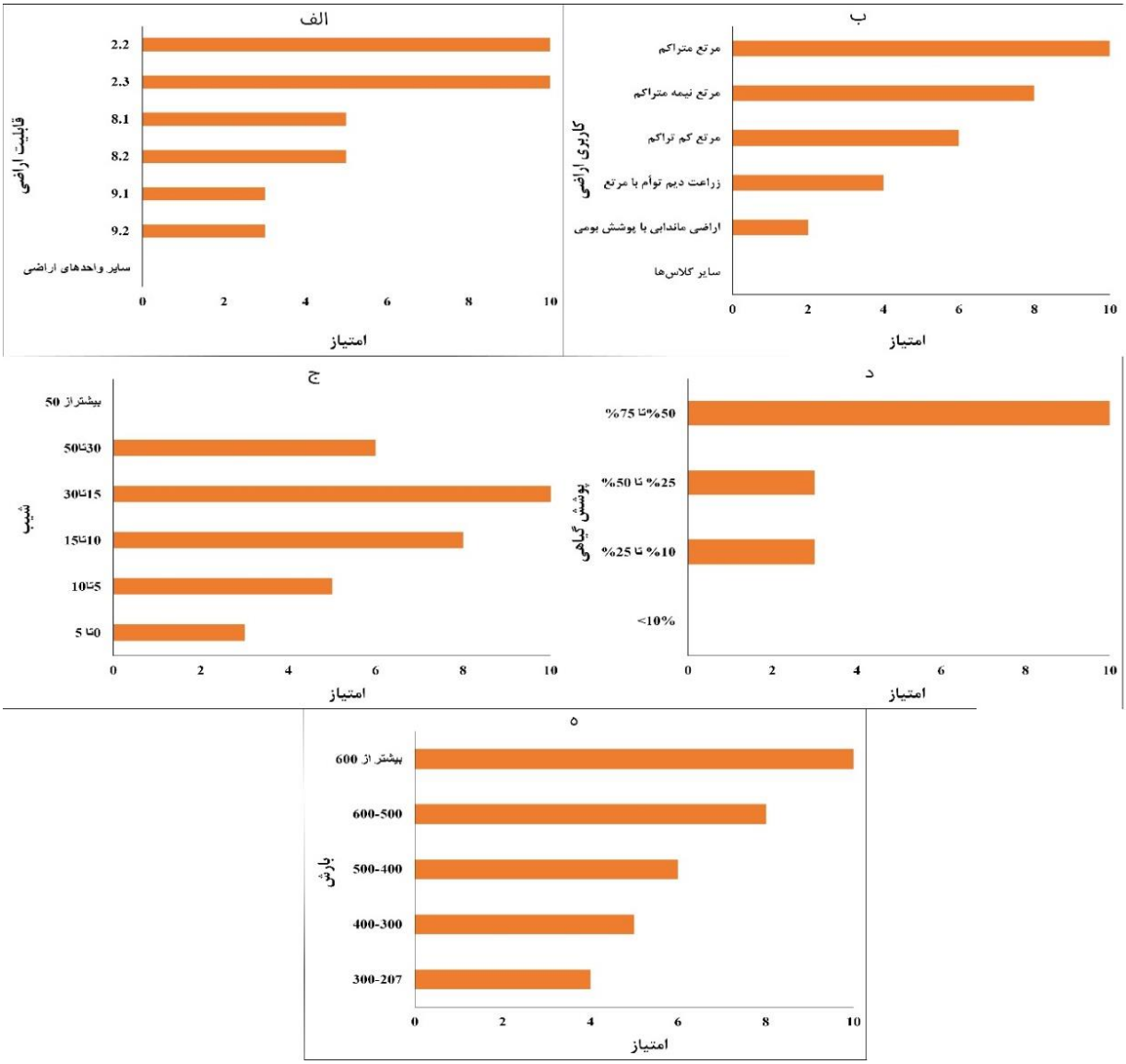
واحدهای با ارزش بیشتر از ۹ به عنوان اراضی با توان بسیار مناسب برای مرتع (مرتع درجه ۱)

بر اساس این نقشه، توان اکولوژیک استان برای مرتع(درجه ۱ و ۲) عمدتاً بر نیمه شمالی استان و در شهرستان طالقان و کرج با ۱۰۴۷۰۲ و ۹۹۱۶۳ هکتار منطبق است. شهرستان نظر آباد فاقد توان برای مرتع درجه ۱ بوده و ۲۸۲۶۱ هکتار توان برای مرتع درجه ۳ و ۴ دارد. شهرستان ساوجبلاغ دارای ۴۰۵۸۹/۲ هکتار توان برای مرتع درجه ۲ و ۳۲۱۶۱/۸ هکتار برای مرتع درجه ۳ است. شهرستان اشتهارد نیز دارای توان مرتع درجه ۱، مرتع درجه ۲ و مرتع درجه ۳ با ۱۲۰۸۸/۴، ۹۹۷۵/۱۶ و ۱۵۱۷۹/۶ هکتار است. به طور کلی ۲۱/۷۷ درصد از استان البرز فاقد توان اکولوژیک برای مرتع است. همچنین ۱۵/۴۱ درصد از مساحت استان دارای توان برای مرتع درجه ۱ و ۳۷/۲۸ درصد دارای توان برای مرتع درجه ۲ است (جدول ۷).

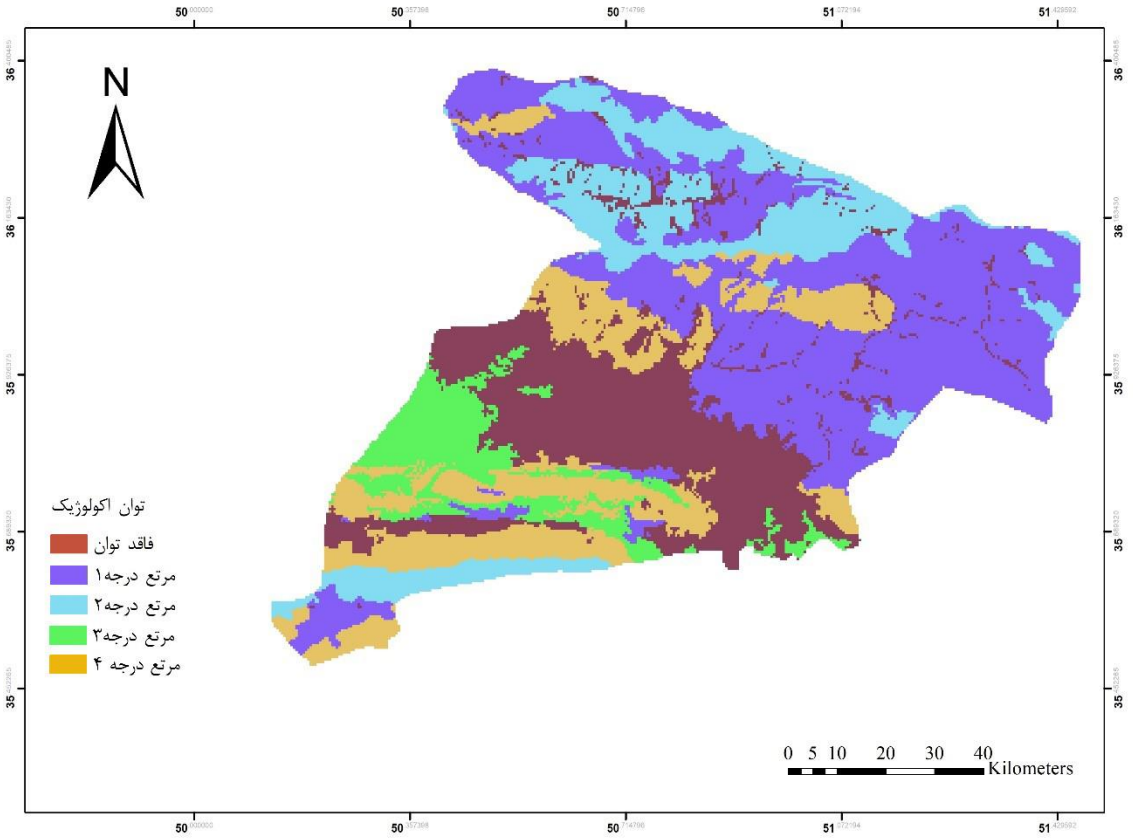
۳-۴. مقایسه توان اکولوژیک مرتع و کاربری حال حاضر آن در استان البرز

نقشه کاربری حال حاضر استان البرز در شکل ۱۱ نشان داده شده است. مطابق با شکل ۱۰ مراتع استان به دو دسته مراتع خوب و متوسط (درجه ۱ و ۲) و مراتع شور و ضعیف (درجه ۳و ۴) دسته بندی شده است.

در حال حاضر شهرستان کرج و طالقان با ۹۷۴۳۱ و ۸۸۶۷۶ هکتار دارای بیشترین مساحت مراتع خوب و متوسط می‌باشند. شهرستان نظرآباد با ۲۵۳۳۰ هکتار نیز بیشترین مساحت مراتع شور و ضعیف را داراست. این در حالی است که کمترین مساحت مراتع ضعیف با ۳۹۰ هکتار در شهرستان طالقان وجود دارد (جدول ۸). ۲۰/۹۷ درصد از مساحت شهرستان اشتهارد را مراتع خوب و متوسط پوشش داده‌اند و ۴۱/۳۴ درصد از اراضی این شهرستان در حال حاضر دارای کاربری مراتع ضعیف است. شهرستان ساوجبلاغ با ۴۰ درصد توان برای مراتع درجه ۳ و ۴ تنها دارای ۴/۱۱ درصد مراتع ضعیف است و بیشتر کاربری این شهرستان در حال حاضر زراعت و باغ است.



شکل ۹. وزن اختصاص داده شده به هر زیر معیار توسط مدل AHP



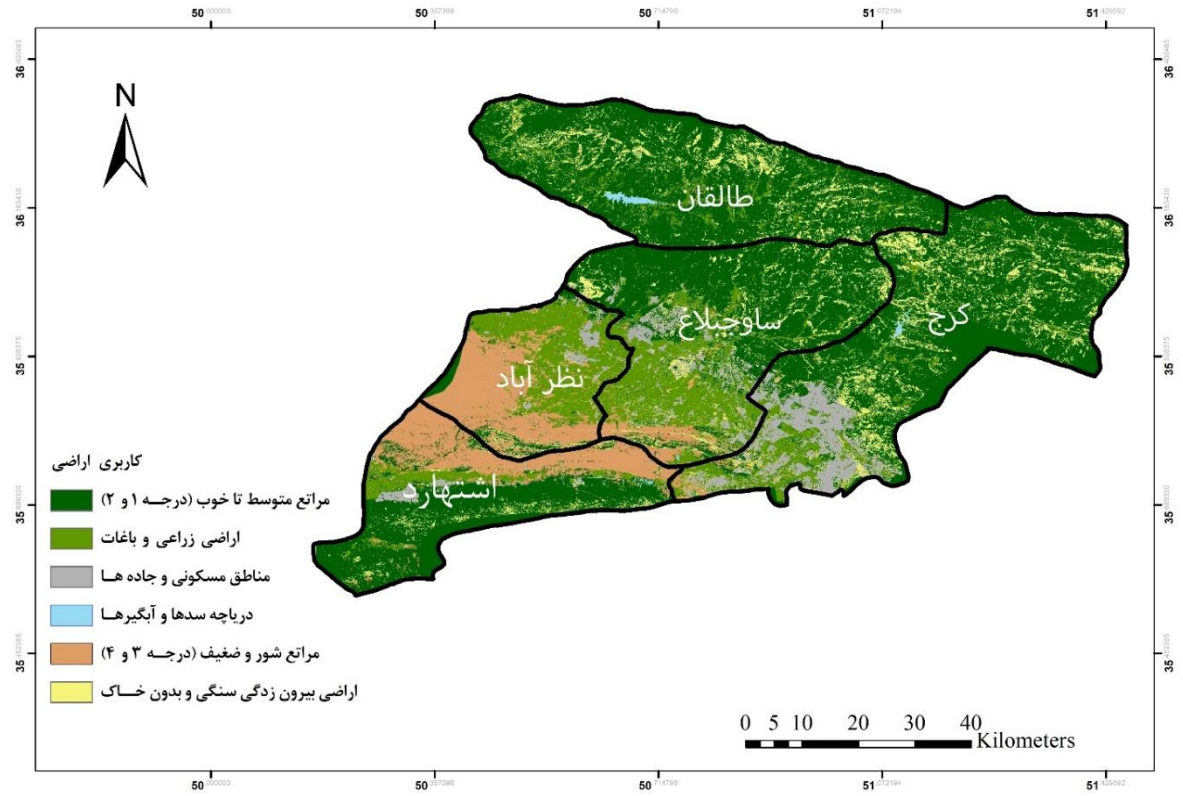
شکل ۱۰. نقشه توان اکولوژیک استان البرز برای مرتع

جدول ۷. مساحت توان اکولوژیک استان البرز به تفکیک شهرستان‌ها

	فاقد توان		توان درجه ۱		توان درجه ۲		توان درجه ۳		توان درجه ۴	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
کرج	۳۲۸۹۴/۴۵	۲۲/۱۸	۸۶۸۴/۸۷	۵/۸۶	۹۲۵۰۷/۹۶	۶۲/۳۲	۹۶۳۲/۸۲	۶/۴۹	۴۵۹۶/۹۷	۳/۱
طالقان	۴۸۸۲/۳۹	۴/۳	۵۶۳۲۱/۰۹	۴۹/۹۲	۳۲۴۰/۳۲	۴۲/۸۸	۳۲۴۰/۳۲	۲/۸۷	–	–
ساوجبلاغ	۳۷۵۶۷/۷۷	۳۲/۳۵	۲۱۳۴/۸۹	۱/۸۵	۴۰۵۸۹/۲	۳۵/۱۴	۳۲۱۶۱/۸۵	۲۷/۸۵	۳۰۴۶/۶۸	۲/۶۴
نظر آباد	۳۰۱۸۷/۱۷	۵۱/۴۵	–	–	۲۳۵/۲۶	۰/۴	۸۰۵۴/۳۶	۱۳/۷۳	۲۰۱۹۶/۴۲	۳۴/۴۲
اشتهارد	۶۳۸۸/۳۲	۸/۱۰	۱۲۰۸۸/۴۷	۱۵/۳۳	۹۹۷۵/۱۶	۱۲/۶۵	۳۵۲۲۷/۳۶	۴۴/۶۷	۱۵۱۷۹/۶۲	۱۹/۲۵

جدول ۸. مساحت توان اکولوژیک استان البرز به تفکیک شهرستان‌ها

کاربری	مساحت	کرج	طالقان	ساوجبلاغ	نظر آباد	اشتهارد
مراتع خوب و متوسط	مساحت	۷۸۷۳۱	۸۸۶۷۶/۶	۵۶۳۲۵/۵	۱۱۵/۴	۲۹۰۶۰/۸
	درصد	۵۳/۰۸	۷۸/۹۲	۳۵/۶۳	۰/۲	۳۶/۷۶
اراضی زراعی و باغات	مساحت	۲۷۲۴۷	۷۹۸۸/۳	۳۷۵۱۵/۵	۲۴۶۳۵/۸	۱۰۳۸۱/۶
	درصد	۱۸/۳۷	۷/۱۱	۳۵/۳۹	۴۲/۲۴	۱۳/۱۳
مناطق مسکونی و جاده‌ها	مساحت	۱۸۲۷۳	۵۲۰/۷	۶۵۴۳/۹	۴۰۴۱	۳۲۸۹/۱
	درصد	۱۲/۳۲	۰/۴۶	۱۰/۶۵	۶/۹۳	۴/۱۶
دریاچه سدها و آبگیرها	مساحت	۲۹۵	۹۰۲/۴	۳۵/۴	۳۹/۸	۱۹۳/۵
	درصد	۰/۲	۰/۸	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۲۴
مراتع شور و ضعیف	مساحت	۱۷۹۰	۳۹۰/۷	۴۷۵۶/۱	۲۷۳۳۰/۲	۳۲۶۸۱/۱
	درصد	۱/۲۱	۰/۳۵	۴/۱۱	۴۶/۸۶	۴۱/۳۴
بیرون زدگی سنگی	مساحت	۲۱۹۷۹	۱۳۸۹۰/۲	۱۰۶۳۷/۶	۲۱۶۵/۷	۳۴۴۶/۷
	درصد	۱۴/۸۲	۱۲/۳۶	۹/۱۹	۳/۷۱	۴/۳۶



شکل ۱۱. نقشه کاربری اراضی استان البرز

۴. بحث و نتیجه‌گیری

ارزیابی توان اکولوژیک پایه و اساس دستیابی به توسعه پایدار می‌باشد. بنابراین ارزیابی توان اکولوژیک اراضی در جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح آن‌ها لازم و ضروری است. در این مطالعه با استفاده از منابع اکولوژیکی قابلیت اراضی، کاربری اراضی، شیب، بارش و پوشش گیاهی، توان اکولوژیک اراضی استان البرز برای مرتع ارزیابی شد. نقشه‌های شیب، بارش، پوشش گیاهی و واحد اراضی در مطالعات مختلف مانند مطالعات (دهقان و همکاران، ۲۰۱۸؛ خدائی و همکاران، ۲۰۲۲؛ مصفایی و همکاران، ۲۰۱۸؛ ناصری و همکاران، ۲۰۱۹؛ صفری‌پور و ناصری، ۲۰۱۹) برای ارزیابی توان اکولوژیک مورد استفاده قرار گرفته است. در این مطالعه براساس وزن عوامل مختلف اراضی ماندابی و شیب بیش‌از ۵۰ درصد و همچنین اراضی با پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد محدودکننده‌ترین عامل برای کاربری مرتع در استان است. اراضی با شیب ۵۰ درصد شامل رخنمون‌های سنگی در مناطق کوهستانی استان است که قابلیت رشد و نمو گیاه را ندارد. اراضی ماندابی به علت وجود اشکالات و محدودیت‌های بسیار زیاد، در شرایط موجود و در شرایط آتی، قابل آبیاری و کشاورزی نیستند. این اراضی شامل اراضی سنگلاخی و کف رودخانه‌ها، رخنمون‌های سنگی و زمین‌هایی با شوری غیرقابل اصلاح و شن‌های روان می‌باشند. همچنین اراضی فرسایش یافته سبب رشد و تراکم (کمتر از ۱۰ درصد) پوشش گیاهی در برخی مناطق مرکزی و غرب استان و ایجاد مرتع‌های ضعیف شده است. نتایج قلی‌نژاد و جعفری[1] (۲۰۲۰) نیز نشان داد که در شیب بیش از ۳۰ در اثر چرای دام تخریب اراضی بیش از سایر مناطق سبب کاهش توان اراضی برای مرتعداری می‌شود. لوهایچی و همکاران [2](۲۰۱۹) نیز بیان کردند که شور شدن اراضی باعث کاهش پوشش گیاهی و افزایش فرسایش خاک و در نهایت سبب کاهش مساحت مرتع خواهد شد.

براساس نتایج بررسی‌ها بخش شمالی استان البرز شامل شهرستان طالقان، بخش شمالی و مرکزی شهرستان کرج و بخش شمالی شهرستان ساوجبلاغ دارای توان درجه ۱ و ۲ برای مرتع می‌باشند. ۹۲/۸ درصد از مساحت شهرستان طالقان، ۶۸/۲ درصد از شهرستان کرج و ۵۲/۶۸ درصد از شهرستان اشتهارد داری توان اکولوژیک برای مرتع درجه ۱ و ۲ است که در حال حاضر ۷۸ درصد از مساحت طالقان، ۵۳ درصد از مساحت کرج و ۴۹ درصد از مساحت شهرستان اشتهارد دارای کاربری مرتع خوب و متوسط است. همچنین شهرستان نظر آباد با ۶۳/۹ درصد بیشترین توان برای مرتع درجه ۳ و ۴ دارد که در حال حاضر ۴۶/۸ درصد از مساحت استان دارای کاربری مرتع ضعیف است. بارندگی در بخش شمالی استان از ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر متغیر است که شرایط برای رشد و نمو گیاهان را فراهم می‌کند. همچنین بخش شمالی استان در ارتفاعات و در شیب‌های بیش از ۳۰ درجه قرار دارند که جزء مناطق حفاظتی استان به شمار می‌آیند.

گونه‌های مرتعی غالب در استان البرز از شامل درمنه شال، درمنه پرند، گون جارو– شال دم است. تیپ درمنه شال در واحدهای اراضی کوه‌های کم ارتفاع، تپه ماهورها و نیز دشت‌های نسبتاً هموار رشد می‌کنند. این تیپ در شهرستان‌های کرج (۲/۴ درصد) ساوجبلاغ (۱۴/۶ درصد)، نظرآباد (۷۶/۷ درصد) و شهرستان طالقان (۰/۵ درصد) پراکنده است. تیپ درمنه پرند ۲/۵درصد از مراتع استان را تشکیل می‌دهد و صد در صد در شهرستان کرج گسترش دارد. رویشگاه تیپ گون جارو در اراضی کوه‌های مرتفع با شیب زیاد، کوهستان‌های کم ارتفاع با خاک‌های مارنی – گچی – نمکی و تپه‌های نسبتاً مرتفع و تراس‌های فوقانی با خاک کم عمق تا عمیق با بافت سبک تا متوسط با مواد گچی و آهکی است. این تیپ ۱۱/۷ درصد مراتع استان البرز در برگرفته و در شهرستان‌های کرج و طالقان گسترده است. این تیپ در اراضی کوهستانی و با بارندگی بیشتر از ۵۰۰ میلی‌متر در سال قرار گرفته است. در این تیپ به دلیل وجود توپوگرافی و ارتفاعات و تغییر سریع جهات شیب، بیرون زدگی‌های سنگی، فرسایش خاک و تغییر در حاصلخیزی و در نتیجه تنوع فراوان پوشش گیاهی، در ترکیب نباتی این تیپ عدم یکنواختی زیادی دیده می‌شود. تیپ شال دم ۱۱/۲ درصد مراتع استان البرز را شامل می‌شود که در شهرستان ساوجبلاغ و شهرستان نظرآباد و اشتهارد گسترش دارد. رویش این تیپ در محدوده بارندگی ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر قرار گرفته است. خاک این اراضی

[1] Gholinejad and Jafari
[2] Louhaichi et al

عمیق و با بافت ریز اســت که از شــوری زیادی برخوردار اســت (بهرامی و همکاران، ۲۰۲۲). رفیعیان و محمودی، ۲۰۲۲ در تحقیقی بیان کردند که ۴۹ درصد از اراضی شهر طالقان دارای توان اکولوژیکی مرتع بوده و در حال حاضر بیشترین مساحت این شهر دارای کاربری مرتع است که قابلیت تبدیل به کاربری کشاورزی و مسکونی را دارد.

روش مورد استفاده در این مطالعه، AHP است که یکی از دقیق‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ادغام معیارهای فیزیکی، اقتصادی و اجتماعی و همچنین قضاوت کارشناسان محلی را فراهم می‌کند. با این‌حال این قضاوت‌ها می‌توانند از نظر مکان و زمان بســیار متغیر باشــند که در نتیجه منجر به مبادله دانش می‌شــود و در عین حال دارای محدودیت‌هایی در اســتقلال بین معیارها اســت (Herzberg et al, 2019). نتایج مطالعه حاضــر با نتایج لی و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر جنبه‌های اکولوژیکی بر قابلیت اراضی را تائید می‌کند. در مطالعه‌ای دهقان و همکاران [1](۲۰۱۸) از روش Fuzzy -AHP برای طراحی مدل اکولوژیک کشاورزی و مرتعداری در شهرستان اشتهارد استفاده کردند. نتایج نشان داد اراضی دارای توان درجه ۱ و ۲ برای فعالیت‌های کشاورزی و سایر اراضی دارای توان کم برای کشــاورزی اســت. در مطالعه‌ای که توســط اســدی فر [2]و همکاران (۲۰۱۹) به بررســی توان اکولوژیک مرتعداری در شهرستان فیروزآباد با استفاده از روش مخدوم و حداکثر محدودیت و همچنین روش EMOLUP انجام شد، نتایج نشان داد در اکثر مناطق مرتع‌ها دارای کلاس متوسـط قرار دارند. اسـتفاده از سـیسـتم اطلاعات جغرافیایی در زمینه ارزیابی تناسـب زمین بسـیار مفید اسـت، زیرا تخصـیص جغرافیایی معیارها به واحدهای زمین را تسـهیل می کند. ادغام رویکرد AHP و GIS دارای ظرفیت بسـیاری برای اسـتفاده از داده‌های ناهمگن برای طبقه‌بندی و تعیین تناسـب اراضـی اسـت (Dedeoğlu and Dengiz, 2019). در مطالعه کومار[3] و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشـان داده شـد که ادغام رویکرد AHP و GIS برای بررسـی توان اکولوژیک مناسـب اسـت. تجزیه و تحلیل تناسـب امکان شـناسـایی عوامل محدود کننده اصـلی برای تولید کشـاورزی را فراهم می کند و تصـمیم گیرندگان را قادر می سـازد تا مدیریت‌های زراعی را توسـعه دهند که بهره وری زمین را افزایش دهد.

بنابراین با توجه به نتایج این تحقیق برای حفاظت بهتر از منابع مرتعی استان البرز پیشـنهاد می‌گردد که برای بهینه سازی اسـتفاده از منابع آبی و خاکی مراتع، از روش‌های بهینه ســازی آبیاری مراتع، بهبود کیفیت خاک، کاهش آب‌زیانی و مدیریت بهینه رشــد گیاهان استفاده شود. با اجرای این توصیه، می‌توان بهبود قابل توجهی در وضعیت مراتع و افزایش توان اگولوژیک استان البرز داشت. توصیه دیگر اسـتفاده از روش‌های پایدار مدیریت مراتع اسـت. با این کار، فشـار بر منابع طبیعی مراتع کاهش پیدا می‌کند و تنوع زیسـتی در آنها حفظ می‌شود. برای اجرای این توصیه، می‌توان از روش‌هایی مانند شتابدهی، روش‌های چرایی گوسفند و یونجه‌زاری استفاده کرد. روش دیگر جلوگیری از احداث باغات و مزارع در مناطقی است که به عنوان مراتع شناخته می‌شوند. در صورتی که به این منطقه‌ها آسیب وارد شود، می‌تواند به کاهش توان اکولوژیک استان البرز منجر شود. در عوض، باید در مناطق دیگری که برای کشاورزی مناسب هستند، به احداث باغات و مزارع پرداخته شـود. در نهایت، توصـیه چهارم، توجه به مدیریت منابع آبی اسـت. اسـتفاده بهینه از آب در مراتع می‌تواند منجر به بهبود وضـعیت مراتع و افزایش توان اکولوژیک اسـتان البرز شـود. برای این منظور، می‌توان از روش‌های کاهش آب‌زیانی، مدیریت منابع آب و توسعه سیستم‌های آبیاری قابل اعتماد استفاده کرد. همچنین از دیدگاه ترویجی و کاربردی نقشـه‌های توان اکولوژیک مراتع استان البرز، به مدیران منابع طبیعی و کشـاورزی در تصـمیم‌گیری‌های کاربردی و برنامه‌ریزی‌های خود کمک بسـیاری می‌کند. با اسـتفاده از این نقشـه‌ها، می‌توان بخش‌هایی از مراتع که دارای توان اکولوژیک بالایی هستند را شناسایی کرده و در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و مدیریت منابع طبیعی اســتان البرز، از آنها بهره برد. توان اکولوژیک مراتع، به میزان عملکرد و توانایی مراتع در ارائه خدمات اکولوژیکی مانند تولید گیاهان علوفه‌ای، حفاظت از آب و خاک، جلوگیری از فرسایش خاک و تولید اکسیژن اشاره دارد. با استفاده از نقشـه‌های توان اکولوژیک، می‌توان مناطق با توان اکولوژیک بالا را شناسایی کرده و در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، بهره‌برداری از آنها را در نظر گرفت.

[1] Dehghan et al
[2] Asadifar et al
[3] Kumar et al

References

Asadifar, E., Masoodi, M., Afzali, S. F., Falah Shamsi, S. R. (2019). Evaluating the ecological potential for rangeland use by various land-use planning methods in Firozabad County. *Rangeland*, *13*(1), 14-25. (In Persian)

Azarm, H., Bakhshoodeh, M., Zibaei, M., Nasrnia, F. (2022). Incorporating land use changes and pastoralists' behavior in sustainable rangeland management: evidence from Iran. *Rangeland Ecology & Management*, *80*, 48-60

Bahrami, M., Sarmadian, F., Pazira, E. (2022). Investigating and determining the ecological potential of the Alborz province in terms of agriculture by Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process. *Iranian Journal of Field Crop Science.* (In Persian)

Dedeoğlu, M., Dengiz, O, (2019). Generating of land suitability index for wheat with hybrid system aproach using AHP and GIS, *Computers and Electronics in Agriculture (167)* 105062

Dehghan, P., Azarnivand, H., Khosravi, H., Zehtabian, G., Moghaddam Nia, A. (2018). Design of Agricultural Ecological and Rangeland Capability Model Using Integrated Approach of FUZZY-AHP (A case study: Eshtehard city). *Journal of Range and Watershed Managment*, *71*(1), 11-24 (InPersian)

Deng, X., Li, Y., Xie, Y., Wang, K. (2018). A review on parameterized ecological potential evaluation methods for land use planning. Ecological Indicators, 91, 67-78

Dengiz, O., Özyazici, M. A., Sağlam, M. (2015). Multi-criteria assessment and geostatistical approach for determination of rice growing suitability sites in Gokirmak catchment. *Paddy and water environment*, *13*, 1-10. Dengiz, O., Mustafa, U. S. U. L. (2018). Multi-criteria approach with linear combination technique and analytical hierarchy process in land evaluation studies. *Eurasian Journal of Soil Science*, *7*(1), 20-29.

Everest, T., Gür, E. (2022). A GIS-based land evaluation model for peach cultivation by using AHP: a case study in NW Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, *194*(4), 241.

Fereyduni, M., Vali, A. A., Panahi, F., Mousavi, S. H., Khosravi, H. (2015). Effect of Land Use Changes on Desertification Using Remote Sensing in Daryacheh Namak Area. *Desert Management*, *3*(5), 40-52. (In Persian)

Gharedaghi, H, Mir Haji, T, Shokouie, M. (2004). Ecological regions of Iran Vegetation types of Alborz peravince

Gholinejad, B., Jonaidi Jafari, H. (2020). Effect of environmental traits and grazing intensities on plant community distribution (case study: Saral Rangelands, Iran). *Journal of Rangeland Science*, *10*(2), 162-171.

Hasan, S. S., Zhen, L., Miah, M. G., Ahamed, T., Samie, A. (2020). Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, *34*, 100527.

Hashemi, N. (2017). Recognizing the potential of sustainable use of pasture resources in south Khorasan province with approach of carrying capacity. *Environment Ecosystem Science*, *1*(2), 9-12.

Herzberg, R., Pham, T. G., Kappas, M., Wyss, D., Tran, C. T. M. (2019). Multi-criteria decision analysis for the land evaluation of potential agricultural land use types in a hilly area of Central Vietnam. *Land*, *8*(6), 90.

Karaca, S., Dengiz, O., Turan, İ. D., Özkan, B., Dedeoğlu, M., Gülser, F., Ay, A. (2021). An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem. *Ecological Indicators*, *121*, 107001.

Khodaie, A., Pahlavani, A., Ghelichipour, Z., & zandi, R. (2022). Assessing the ecological potential of Khodaafarin City using Dr. Makhdoom ecological model and Geographic Information System. *Watershed Engineering and Management*, *14*(1), 40-54. (In Persian)

Kumar, A., Pramanik, M., Chaudhary, S., & Negi, M. S. (2021). Land evaluation for sustainable development of Himalayan agriculture using RS-GIS in conjunction with analytic hierarchy process and frequency ratio. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *20*(1), 1-17.

Li, X.; Yang, H.; Jia, J.; Shen, Y.; Liu, J. Index System of Sustainable Rural Development Based on the Concept of Ecological Livability. Environ. Impact Assess. Rev. 2020, 86, 106478.

Louhaichi, M., Ouled Belgacem, A., Petersen, S. L., Hassan, S. (2019). Effects of climate change and grazing pressure on shrub communities of West Asian rangelands. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, *11*(5), 660-671.

Makhdoum, M. (2014). The foundations of land preparation. Tehran: Tehran University Press. (in Persian)

Mazahreh, S., Bsoul, M., & Hamoor, D. A. (2019). GIS approach for assessment of land suitability for different land use alternatives in semi-arid environment in Jordan: Case study (Al Gadeer Alabyad-Mafraq). *Information processing in agriculture*, *6*(1), 91-108.

Montazerii, M., Bashiri, M., Hashemi, S., Akbari, M. (2021). Evaluating rangeland ecological potential using GIS and AHP: a case study in Khorasan Razavi Province. *Journal of Rangeland Science*, 14(2), 221-234. (In Persian)

Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Kamali, M. (2018). Evaluation of the ecological capability of Aqujan watershed for rangeland and agriculture using GIS. *RS & GIS for Natural Resources*, 9(1) 131-144. (In Persian)

Naseri, D., Shamsipour, A., Rezvani, M. (2019). Evaluation and zoning of land suitability for rangeland using AHP-FUZZY method) Case study: saghezchi chay catchment, Ardabil). *Human & Environment, 17*(3), 85-102 (In Persian)

Rafieian, M., Mahmoodi, M. (2022). Evaluation of Ecological Potential for Determining Optimal Land Use in Environmentally Sensitive Areas (Case Study: Taleghan City). *Spatial Planning*, *12*(2), 47-70. (In Persian)

Rezapour Andabili, N., Safaripour, M. (2022). Assessment of Land Use Changes in Miandoab Rangelands by GIS and AHP. *Journal of Rangeland Science*, *12*(3), 266-276.

Rigge, M., Homer, C., Wylie, B., Gu, Y., Shi, H., Xian, Bunde, B. (2019). Using remote sensing to quantify ecosystem site potential community structure and deviation in the Great Basin, United States. *Ecological Indicators*, *96*, 516-531.

Saaty, T. L. (1980). The analytical hierarchy process McGraw-Hill. *New York*.

Saaty, T. L. (1988). *What is the analytic hierarchy process?* (pp. 109-121). Springer Berlin Heidelberg.

Saaty, T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European journal of operational research*, *168*(2), 557-570.

Saaty, T.L., (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Serv. Sci*. 1, 83–98.

Saedi, S., Mehrabi, A. A., Tavili, A., & Heydari, S. (2016). Aassessment of Development Impacts in Land Use and Land Price Changes (Case Study: Taleghan Dam). *Journal of Range and Watershed Managment*, *69*(1), 93-106. (In Persian)

Safaripour, M., & Naseri, D. (2019). Ecological Land Capability Evaluation for Agriculture and Range Management Using WLC Method (Case study: Onarchay watershed, Ardabil province). *Journal of Environmental Science and Technology*, *21*(8), 113-123. (In Persian)

Shi, F., Lu, Y., Chen, L., & Hsu, W. L. (2023). Evaluation of the Sustainable Use of Land Resources in the Cities along the Jiangsu Section of the Beijing–Hangzhou Grand Canal. *Land*, *12*(6), 1173.

Vladimirov, I. N. (2018). The ecological potential of Baikal region's geosystems. In *IOP conference series: earth and environmental science* (Vol. 190, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.

Van der Esch, S. (2017). Exploring future changes in land use and land condition and the impacts on food, water, climate change and biodiversity: scenarios for the UNCCD Global Land Outlook.

Zerfu, F., Mektel, A., Bogale, B. (2019). Land use and land cover dynamics in the Northeastern Somali rangelands of eastern Ethiopia. *International Journal of Geosciences*, *10*(09), 811.