

Land Suitability Evaluation for Wild Sheep (*Ovis orientalis*) Habitat (A Case Study in Khabar National Park)

Masoud Salari¹  | Fereydoon Sarmadian^{1*}   | Ali Salajeghe²

1. Department of Soil science, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran, Karaj, Iran.

2. Department of Reclamation of Arid and Mountainous Region, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

E-mail: fsarmad@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 03 Jan. 2024
Revised: 20 Feb. 2025
Accepted: 28 Feb. 2025
Published online: 01 Jun. 2025

Keywords:
*Analytic Hierarchy Process (AHP),
Habitat suitability,
Khabar National Park,
Machine learning,
Wild sheep.*

Abstract

Wild sheep (*Ovis orientalis*) are a critical component of wildlife biodiversity in Iran and are categorized as Vulnerable (VU) on the IUCN Red List. This species plays a crucial role in maintaining the integrity of rangeland ecosystems and contributes to ecological balance within their habitats. Variations in land characteristics (including climate, topography, soil, vegetation, hydrological factors, and land use) result in distinct habitat suitability classifications for this species. This study involved long-term observational research on wild sheep behavior over a decade, aiming to identify the most influential factors affecting habitat suitability and to generate a habitat suitability map using machine learning algorithms alongside the Analytical Hierarchy Process (AHP) in Khabar National Park. The findings indicate that the region has relatively high suitability for this species, with elevation, slope, vegetation cover, and proximity to water resources emerging as the most significant factors. Validation of the results using the kappa coefficient and the overall accuracy index confirms the high precision of the findings. This underscores the value of integrating machine learning models with AHP in habitat suitability assessments, aiding management in understanding the species' ecological requirements and identifying priority conservation areas.

Cite this article: Khalafi Asl, S., Moteschaffeh, B. (2025). Land Suitability Evaluation for Wild Sheep (*Ovis Orientalis*) Habitat (A Case Study in Khabar National Park). *Journal of Range & Watershed Management*, 78 (2), 243-264. DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2025.388077.1796>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

ارزیابی تناسب سرزمین برای زیستگاه گونه قوچ و میش (*Ovis orientalis*) (مطالعه موردی: پارک ملی خبر)

مسعود سالاری^۱ | فریدون سرمدیان^{۱*} | علی سلاجقه^۲

۱. گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲. گروه مهندسی احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

رایانامه: fsarmad@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

قوچ و میش از مهم‌ترین گونه‌های حیات‌وحش ایران به شمار می‌رود که در فهرست سرخ IUCN در رده آسیب‌پذیر (VU) قرار دارد. این گونه نقشی کلیدی در پایداری اکوسیستم‌های مرتعی داشته و به حفظ تعادل زیستی و پویایی زیستگاه‌های طبیعی خود کمک می‌کند. اختلاف در ویژگی‌های سرزمین از قبیل اقلیم، پستی‌وبلندی، خاک، پوشش گیاهی، منابع آبی و کاربری سرزمین منجر به جداسازی واحدهای مختلف تناسب سرزمین برای این گونه خواهد شد. این پژوهش با دنبال کردن رفتار گوسفندان وحشی طی مدت ۱۰ سال، با هدف شناسایی مهمترین عوامل مؤثر بر تناسب زیستگاه گونه قوچ و میش وحشی و تهیه نقشه تناسب سرزمین با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در پارک ملی خبر انجام گرفت. نتایج نشان داد منطقه دارای تناسب زیستگاهی نسبتاً خوب برای قوچ و میش است. ارتفاع، شیب، پوشش گیاهی و فاصله از آب مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تناسب سرزمین برای گونه موردنظر بودند. اعتبارسنجی نتایج با استفاده از ضریب کاپا و شاخص دقت کلی، سطح بالایی از دقت در یافته‌ها را نشان می‌دهد و اهمیت استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و AHP را در مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین برجسته می‌سازد. نتایج می‌تواند به مدیران در درک نیازهای زیستگاهی گونه و شناسایی مناطق کلیدی برای حفاظت کمک کند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۱۱

کلیدواژه‌ها:

پارک ملی خبر،

تناسب زیستگاه،

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)،

قوچ و میش،

یادگیری ماشین.

استناد: سالاری، مسعود، سرمدیان، فریدون، سلاجقه، علی (۱۴۰۴). ارزیابی تناسب سرزمین برای زیستگاه گونه قوچ و میش (*Ovis orientalis*) (مطالعه موردی: پارک ملی خبر). نشریه مرتع و آبخیزداری، ۷۸ (۲)، ۲۴۳-۲۶۴.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jrwm.2025.388077.1796>



© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

سرزمین به عنوان یکی از اصلی ترین عناصر طبیعی، نقشی حیاتی در توسعه و پیشرفت جوامع انسانی ایفا می کند. با این حال، سوءمدیریت و استفاده نامتناسب از این منبع گران بها می تواند به عواقب جبران ناپذیری همچون تخریب محیط زیست، محدودیت منابع طبیعی، افزایش رقابت بین گونه ها و حذف یا کمبود منابع برای برخی از گونه ها منجر شود (Stein et al., 2018). پس از انقلاب صنعتی در اواسط قرن هجدهم و افزایش توانایی انسان برای دست کاری طبیعت و نیز جمعیت رو به رشد انسان، زیستگاه های جانوران به طور فزاینده ای محدود و تخریب شدند. با توجه به آمارهای اتحادیه بین المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی^۱ تخریب زیستگاه ها تا سال ۱۹۸۰ به تنهایی، حدود ۳۰ درصد انقراض ها را به خود اختصاص داده است. امروزه دیگر قابل قبول نیست در کشوری زیستگاه گونه های مهم جانوری و حتی گیاهی مورد توجه و ارزیابی قرار نگرفته باشد (Liu et al., 2023; Fischer & Lindenmayer., 2007).

جمعیت زیستگاه با غذا، آب و پوشش گیاهی آن در تعادل است. جانوران علاوه بر نیازهای خود در زیستگاه، تحت تأثیر رقابتی هم گونه و سایر گونه ها قرار دارند و بر مبنای آن زیستگاه را انتخاب می کنند. آب یک عنصر حیاتی جهت انتخاب زیستگاه توسط اغلب گونه ها محسوب می شود. برای مثال عقیده بر این است که حتی خفاش هایی که خواب زمستانه دارند، در طول زمستان برای نوشیدن آب از خواب بیدار می شوند (Kuenzi et al., 2003). خاک به طور مستقیم روی مقدار و نوع پوشش گیاهی اثر می گذارد (Nischith & Kavitha, 2024). جانوران نیز به نوبه خود برای پناه و غذا (مستقیم یا غیرمستقیم) و یا هر دو، به شیوه های متفاوتی به گیاهان مرتبط می شوند. در میان عوامل مؤثر بر مطلوبیت زیستگاه برای جانوران، نباید از نقش بسیار مهم انسان غافل شد. انسان ها با تغییر محیط و دستکاری آن، شرایط را برای بعضی موجودات مطلوب و برای برخی دیگر نامطلوب می سازند. پس انتخاب زیستگاه تحت تأثیر عوامل چندگانه و در مقیاس های مختلف و در کنش متقابل با هم به شکل پیچیده ای قرار دارد.

زیستگاه مطلوب تأثیر به سزایی در بقاء و تولیدمثل گونه ها خواهد داشت. مطالعه زیستگاه به منظور آگاهی از وضعیت موجود و چاره اندیشی در جهت برطرف کردن چالش های پدید آمده، بسیار مهم و حیاتی تلقی می گردد (Morrison et al., 2012). با در نظر گرفتن تناسب زیستگاه، می توان کیفیت زیستگاه ها و توزیع مکانی آن ها را بهبود بخشید (Fardila et al., 2017). همچنین برای انتقال یک گونه به زیستگاه یا معرفی مجدد گونه های منقرض شده، می توان از نقشه های تناسب زیستگاه بهره برد و گونه را در مطلوب ترین زیستگاه معرفی نمود (Crawford et al., 2020).

ارزیابی تناسب زیستگاه نوعی طبقه بندی است؛ به گونه ای که طی آن مؤثرترین و مهم ترین اجزای زنده و غیرزنده مؤثر بر کیفیت زیستگاه جانوران موردنظر شناسایی می شوند. در واقع اساس کار ارزیابی زیستگاه، کمی کردن روابط بین توزیع گونه و عوامل زنده و غیرزنده است (Hirzel et al., 2002; Hemmingmoore et al., 2020).

اگر دریابیم چرا یک گونه در یک منطقه خاص زندگی می کند و بتوانیم به روش های علمی این حضور را به عوامل زنده و غیرزنده محیط پیوند بزنیم در این صورت می توانیم به پیش بینی حضور و فراوانی آن موجود در سایر مناطق نیز پردازیم. البته بر اساس قانون کمینه لیبیگ، موجودات در شرایط بهینه زندگی نمی کنند و همیشه یک یا چند عامل به صورت محدودکننده عمل می کند. از این رو مشاهدات ما از حضور جانوران در طبیعت باید با این مفهوم همراه شود که مناطق حضور جاندار در طبیعت لزوماً بهترین نقاط برای آن نیستند بلکه مثلاً بقای زادگان آن موجود را تضمین می کند و یا در مقابل یک مکان با تناسب بالاتر، خطر کمتری را متوجه موجود می کند؛ بنابراین مشاهده جانور در مکانی که سرزمین ارزشمند یا مناسب آن شناخته نشده است تا زمانی که از بسامد پایینی برخوردار باشد ردکننده نتایج نخواهد بود. علاوه بر آن، نمی توان ارزیابی های انجام شده را برای همیشه ثابت و بدون تغییر پنداشت. پس علاوه بر ارزیابی سامان مند اراضی و دخالت دادن جدی آن در تصمیم های استفاده از سرزمین، باید هر چندگاه نسبت به روز کردن نقشه ها و نتایج ارزیابی سرزمین پرداخت.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی^۲ (AHP) (Saaty, 1980) یکی از کارآمدترین تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره است. این روش امکان

1 International Union for Conservation of Nature

2 Analytic Hierarchy Process

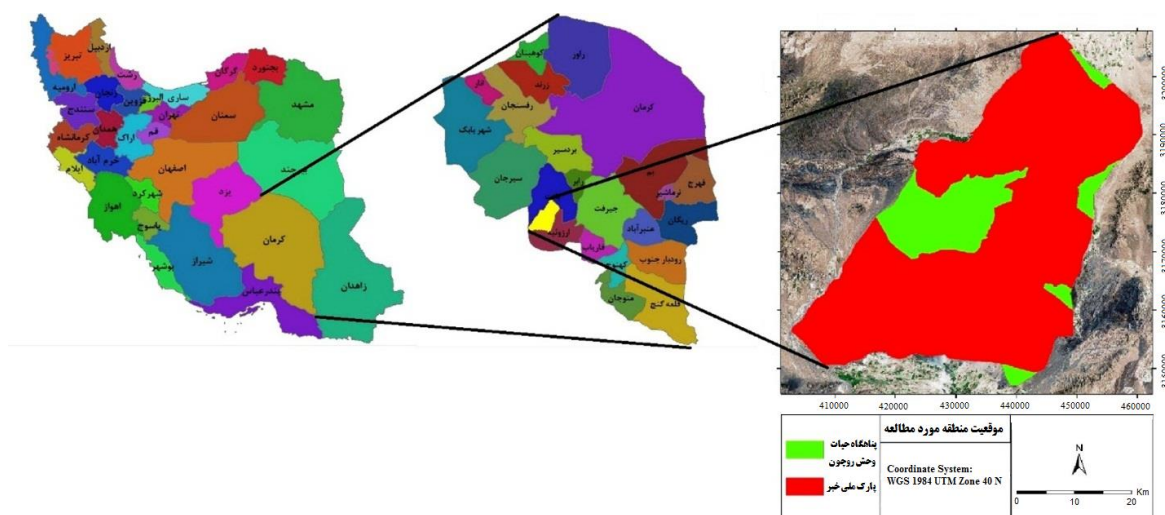
مقایسه هم‌زمان معیارهای کیفی و کمی را فراهم کرده و به مدیران کمک می‌کند تا بر اساس اهمیت معیارها، گزینه‌های مناسب برای حفاظت از زیستگاه‌ها را اولویت‌بندی کنند. در نهایت، اعتبارسنجی و قابلیت تکرار نتایج AHP، اعتماد به فرایند تصمیم‌گیری را افزایش داده و آن را به ابزاری ارزشمند در مدیریت منابع طبیعی تبدیل می‌کند.

پارک‌های ملی در حفظ نمونه‌های استثنایی از زیستگاه‌های منحصربه‌فرد برای نسل حاضر و آتی نقش فوق‌العاده‌ای دارند. این پژوهش بر اساس یک رویکرد علمی جامع، با دنبال کردن رفتار گوسفندان وحشی طی مدت ۱۰ سال با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر تناسب زیستگاه گونه قوچ و میش وحشی و تهیه نقشه تناسب سرزمین با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در پارک ملی خبر انجام گرفته است. با تعیین زیستگاه‌های مطلوب می‌توان حفاظت مؤثرتری از گونه هدف و گونه‌های مرتبط با آن داشت.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

پارک ملی خبر از نظر تقسیمات کشوری در استان کرمان و در محدوده استحقاقی شهرستان‌های بافت و ارزوئیه واقع شده است. این پارک در موقعیت جغرافیایی ۴۰۵۳۷۰ تا ۴۶۴۸۵۹ طول شرقی و ۳۱۴۵۰۸۶ تا ۳۲۰۴۹۲۶ عرض شمالی (سیستم مختصات UTM) واقع شده است. کل مساحت محدوده مورد مطالعه ۱۷۷۵۲۶/۷ هکتار است که از سال ۱۳۷۸، حدود ۱۴۸۷۵۴ هکتار از منطقه به عنوان پارک ملی خبر و مابقی به عنوان پناهگاه حیات‌وحش روچون تحت حفاظت سازمان حفاظت محیط زیست قرار دارد. پناهگاه حیات‌وحش روچون شامل پنج پهنه مجزا است که بزرگ‌ترین آن در نیمه غربی و سایر پهنه‌ها به صورت لکه‌های کوچکی در اطراف منطقه واقع شده‌اند. از نظر وضعیت چینه‌شناسی قدیمی‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه سنگ‌های دگرگونی متعلق به دوره کامبرین است.



شکل ۱. موقعیت پارک ملی خبر و پناهگاه حیات‌وحش روچون در گستره‌ی کشور و استان کرمان

۲-۲. اقلیم

به منظور به‌دست‌آوردن اطلاعات اقلیمی از اطلاعات دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۸۳-۱۴۰۲) ۸ ایستگاه هواشناسی داخل و مجاور محدوده مورد مطالعه استفاده گردید. این اطلاعات بر حسب فاصله و تغییرات ارتفاع اصلاح گردید. مطابق سیستم طبقه‌بندی آمبرژه، پارک ملی خبر دارای چهار اقلیم متفاوت شامل خشک سرد، خشک معتدل، نیمه‌خشک سرد و بیابانی گرم میانه است. این سیستم طبقه‌بندی

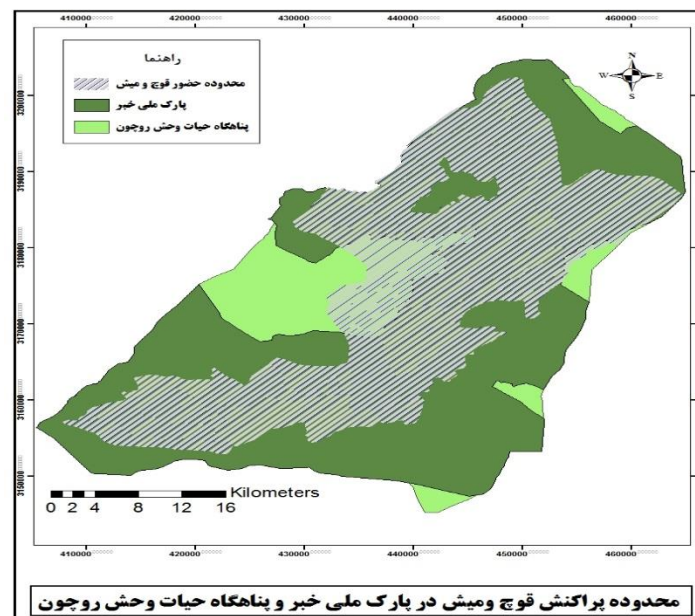
زیست‌اقليمی به طور گسترده‌ای برای شناسایی و تحلیل الگوهای اقلیمی در مناطق مختلف استفاده می‌شود که به درک بهتر از تنوع زیستی و اکوسیستم‌های محلی کمک می‌کند (Zohary, 1973).

۲-۳. پوشش گیاهی و حیات وحش

۴۷۱ گونه گیاهی متعلق به ۲۸۸ جنس و ۷۷ خانواده در پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون شناسایی شده است که از این تعداد، ۶۷ گونه درختی و درختچه ای، ۱۵۸ گونه بوته ای و ۲۴۶ گونه علفی و گرامینه هستند (ایران نژاد پاریزی، ۲۰۰۰). حیات وحش منطقه شامل ۳۴ گونه پستاندار، ۹۷ گونه پرنده و ۳۳ گونه خزنده است (مهندسین مشاور جامع ایران، ۲۰۰۲).

قوچ و میش^۱ یکی از پستانداران مهم منطقه است که در فهرست سرخ IUCN در رده آسیب‌پذیر (VU) قرار دارد. این قوچ از اختلاط قوچ‌های لارستان با قوچ‌های افغانی به وجود آمده است. اندازه طول سر و تنه حدود ۱۴۰ سانتیمتر، دم ۱۵ سانتیمتر، ارتفاع ۸۰ سانتیمتر و بین ۲۰ تا ۶۵ کیلوگرم وزن دارند. تعداد کروموزوم قوچ‌های یاد شده ۵۴ تا ۵۵ کروموزوم گزارش شده است (ضیائی، ۱۹۹۶). فصل جفت‌گیری در منطقه از اوایل آبان ماه شروع شده و میش‌ها پس از ۵ ماه زایمان می‌کنند. بره‌ها ۴ ماه شیر می‌خورند و پس از ۱/۵ سال بالغ می‌شوند. طول عمر آن‌ها حدود ۱۴ سال است. مطابق آمار سرشماری سالانه اداره کل حفاظت محیط زیست استان کرمان، ۱۵۷۲ رأس از این گونه در سال ۱۴۰۲ به روش مستقیم در منطقه شمارش شده است که نسبت به سال قبل از آن ۷۸۷ رأس کاهش دارد. خشکسالی و شکار غیرمجاز بیشترین نقش را در کاهش جمعیت این گونه در منطقه داشته است.

با بهره‌گیری از نتایج سرشماری‌های سالیانه اداره کل حفاظت محیط زیست استان کرمان (۱۳۸۰-۱۴۰۲)، مصاحبه با محیط‌بانان منطقه و همچنین بازدیدهای میدانی صورت گرفته، محدوده‌های حضور گونه منتخب در منطقه ثبت و سپس در محیط نرم‌افزار GIS تفکیک محدوده‌ها بر روی نقشه جزء واحد اراضی^۲ انجام گرفت و بدین ترتیب نقشه پراکنش و حضور میدانی قوچ و میش در منطقه مورد مطالعه تهیه گردید (شکل ۲).



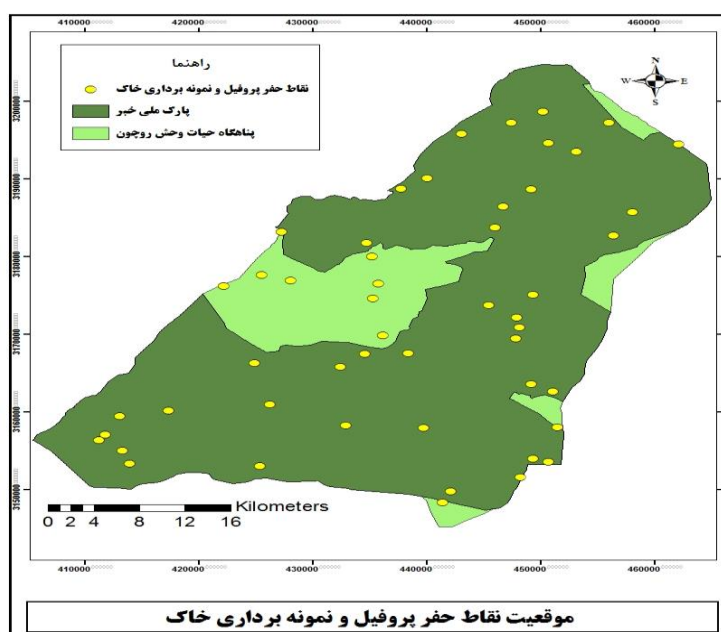
شکل ۲. نقشه پراکنش و حضور میدانی قوچ و میش در پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون، (سالاری، ۲۰۲۵)

1 *Ovis orientalis laristanica* X *O. o. cycloceros* (Kerman sheep)

2 Land component

۲-۴. مطالعات خاک

به منظور انتخاب محل حفر پروفیل و مطالعات خاک از روش ابرمکعب لاتین شرطی^۱ (CLHS) استفاده شد. این تکنیک، داده‌های متغیرهای محیطی را به همان تعداد نمونه‌های خواسته شده به صورت خوشه تقسیم می‌کند و یک نمونه تصادفی از داده‌های ورودی متغیرهای محیطی هر خوشه را طوری انتخاب می‌کند که شرط مربع لاتین را تأمین کند و این شرط این است که در هر بعد a و b فقط یک نمونه وجود دارد (Minasny & McBratney, 2006). در پژوهش‌های بسیاری دقت بالای این روش در بیان توزیع تغییرات محیطی تأیید شده است (Minasny & McBratney, 2007; Mudler, et al., 2013). شکل ۳ توزیع نقاط نمونه‌برداری خاک را نشان می‌دهد.



شکل ۳. توزیع نقاط نمونه‌برداری خاک

در مرحله بعد، نقاط پیشنهادی به دستگاه موقعیت‌یاب جهانی^۲ منتقل و طی پیمایش‌های صحرایی، ۵۰ پروفیل حفر و ۷۶ نمونه خاک از افق‌های مختلف جهت انتقال به آزمایشگاه برداشت شد. تعیین مشخصات مربوط به هر پروفیل از قبیل بافت، ساختمان، رنگ، ضخامت، درجه پایداری و همچنین خصوصیات ظاهری هر یک از واحدهای اراضی نظیر شیب، پستی‌وبلندی، رخنمون سنگی، سنگلاخی بودن، سیلگیری، آبدوی، فرسایش، سنگ و سنگریزه سطحی و غیره تعیین و ثبت گردید. برای تعیین بافت خاک از روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962) و برای تهیه گل اشباع از روش ارائه شده توسط توماس (۱۹۹۶) استفاده شد. درصد آهک با استفاده از اسید کلریدریک (Loeppert, 1996)، کربن آلی با روش والکی و بلک (Walkley & Black, 1934) و درصد گچ با روش استون (Nelson, 1983) محاسبه گردید. ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روش باور (Bower et al., 1952) و مقدار پتاسیم قابل جذب با استفاده از روش شعله‌سنجی، مقادیر کلسیم و منیزیم با استفاده از روش تیتراسیون (Smith & doran, 1991) اندازه‌گیری و سدیم و پتاسیم محلول با دستگاه فلیم‌فوتومتري قرائت گردید. فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن (Olsen, 1954) تعیین شد و در نهایت نیتروژن نیز به وسیله روش کجلدال تعیین گردید (Bremner, 1996).

1 Conditional Latin Hypercube Sampling

2 GPS

۲-۵. درجه بندی فاکتورهای ارزیابی تناسب سرزمین

برای ارزیابی نیازمندی‌های استفاده از سرزمین، لازم است فاکتورهای مرتبط با نوع بهره‌برداری از سرزمین درجه‌بندی شوند. یک درجه‌بندی فاکتور معمولاً بر حسب چهار طبقه (S1، S2، S3، N) با مقدار ارزش مشخص شده که به ترتیب بیانگر شایستگی بالا، متوسط، کم و غیر شایسته هستند انجام می‌شود. با پیروی از این روند می‌توان شایستگی مشخصات مختلف سرزمین را به صورت مستقیم و کمی مرتبط با یکدیگر از لحاظ تغییرات قابل مقایسه در کاربری‌های استفاده از سرزمین دنبال کرد (جدول ۱).

جدول ۱. راهنما برای تعیین کلاس‌ها از لحاظ میزان محدودیت و خروجی‌های بدست آمده (Sys et al., 1991)

کلاس تناسب	میزان محدودیت برای کاربری موردنظر	مقدار کاهش تولید پتانسیل (درصد)	شاخص سرزمین
S1 شایستگی زیاد	فاقد محدودیت یا محدودیت جزئی	۱۵-۰	۷۵-۱۰۰
S2 شایستگی متوسط	محدودیت کم، ولی میزان تولید و سودآوری قابل قبول است	۴۰-۱۵	۵۰-۷۵
S3 شایستگی کم	محدودیت‌های نسبتاً شدید، ولی تولید و سودآوری هنوز کمی قابل توجه است	۶۰-۴۰	۲۵-۵۰
N غیر شایسته	محدودیت‌های بسیار شدید، بهره‌برداری سرزمین برای کاربری فعال امکان‌پذیر نیست	۱۰۰-۶۰	۲۵-۰

۲-۶. تعیین معیارها، وزن دهی و انجام ارزیابی تناسب سرزمین

باقری بداغ‌آبادی (۲۰۱۱) ۴ شرط عینیت، درستی و دقت، پایداری و یکپارچگی، کاربردی و مفید بودن را جهت انتخاب معیارها به منظور انجام یک طبقه‌بندی که امکان مقایسه نتایج را فراهم می‌کند الزامی می‌داند. اختصاص وزن به معیارها مرحله مهم و اساسی است که ممکن است تحت تأثیر قضاوت متخصصان، آگاهی از مکان، داده‌های تجربی و سایر عوامل باشد (De la Rosa & van Diepen, 2002). با مرور مراجع علمی و بررسی نتایج پژوهش‌های محققین، مصاحبه با صاحب‌نظران و پایش‌های میدانی منطقه، با بهره‌گیری از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی معیارها در نرم افزار Expert choice انجام گرفت. سپس با محاسبه شاخص سرزمین، تناسب واحدهای مختلف سرزمین برای گونه منتخب تعیین شد.

۲-۷. اعتبارسنجی نتایج

به منظور اعتبارسنجی نتایج، برای ۱۰۰ نقطه که به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده بود، با توجه به وضعیت حضور گونه در آن واحد سرزمین، کلاس تناسب تعیین شد و با نتایج حاصل با استفاده از دو معیار دقت کلی و شاخص کاپا مقایسه گردید. دقت کلی، نسبت تمام کلاس‌های تناسب به درستی طبقه‌بندی شده به همه داده‌های استفاده شده است. شاخص کاپا یک شاخص قوی است که احتمال طبقه‌بندی یک کلاس به طور تصادفی را در نظر می‌گیرد. شاخص کاپا یک آمار مشتق شده ساده است که نسبت تمام موارد احتمالی حضور یا عدم حضور را که به درستی توسط یک مدل پس از محاسبه پیش‌بینی‌های شانسی پیش‌بینی شده است، اندازه‌گیری می‌کند. شاخص کاپا و دقت کلی بالاتر، نشان‌دهنده دقت بالاتر نتایج است (Behrens et al., 2005).

۳. یافته‌های پژوهش

۳-۱. عوامل کلیدی در ارزیابی تناسب زیستگاه

جدول ۲ به فرمت امتیازدهی نیازمندی‌های کاربری سرزمین برای زیستگاه گونه قوچ و میش در پارک ملی خبر پرداخته و معیارهای کلیدی را که بر شایستگی زیستگاه تأثیر می‌گذارند، نشان می‌دهد. به منظور ارزیابی تناسب سرزمین برای زیستگاه قوچ و میش، لایه‌های اطلاعاتی راقومی هر یک از معیارها تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. این لایه‌ها شامل عوامل زیست‌محیطی و جغرافیایی هستند که به طور مستقیم بر مطلوبیت زیستگاه تأثیر می‌گذارند. با تحلیل این لایه‌ها، می‌توان به درک بهتری از نیازهای اکولوژیکی گونه دست یافت و

مناطق مناسب برای حفاظت و مدیریت منابع طبیعی را شناسایی کرد.

جدول ۲. فرمت امتیازدهی نیازمندی‌های کاربری سرزمین برای زیستگاه گونه قوچ و میش در پارک ملی خبر

امتیازدهی				مشخصه سرزمین	نیازمندی کاربری سرزمین
N	S3	S2	S1		
>۵۰۰	۴۰۰-۵۰۰	۳۰۰-۴۰۰ ۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	ارتفاع (متر)	توپوگرافی (به ۱-۳ رجوع شود)
>۱۰۰	۸۰-۱۰۰	۶۰-۸۰	۴۰-۶۰	شیب (درصد)	
<۱۵	۱۵-۴۰	۲-۳/۵	۳-۴	علوفه (تن)	
<۲	۲/۲-۵	۲۵-۵۰	>۵۰	عمق خاک (سانتیمتر)	
<۱۰	۱۰-۲۵	۱۵-۳۵	۰-۱۵	سنگریزه عمقی (درصد حجمی)	
≥۷۵	۳۵-۷۵	۸-۱۶	۰-۸	شوری (dS/m)	دسترسی به مواد غذایی (به ۱-۳ و ۳-۱ رجوع شود)
>۳۲	۱۶-۳۲	۱۰-۱۵	۰-۱۰	قلیائیت (ESP)	
>۳۰	۱۵-۳۰			بافت خاک سطحی	
S	LcS-fS	cSL -SiC- SC-C-LfS	L-SiL-SiCL- CL- SCL-SiCs-fSL	PH	
<۵	۵/۵-۵	۶-۵/۵	۷/۵-۶		
>۸/۵	۸/۵-۸	۸-۷/۵			
>۵	۳-۵	۱-۳	۰-۱	فاصله از آبشخورها (کیلومتر)	دسترسی به آب شرب (به ۱-۳ رجوع شود)
<۲۰۰	۲۰۰-۸۰۰	۸۰۰-۱۲۰۰	>۱۲۰۰	فاصله از سکونتگاه و جاده (متر)	امنیت (به ۱-۳ رجوع شود)

۳-۱-۱. ارتفاع و شیب

ارتفاع به طور قابل توجهی بر تناسب زیستگاه، تنوع ژنتیکی و استراتژی‌های بقای گوسفندان وحشی تأثیر می‌گذارد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد ترجیحات ارتفاعی گوسفندان وحشی حسب نوع گونه و شرایط محیطی به میزان قابل توجهی متفاوت است (Gionfriddo, 1986; Tilton & Willard, 1982; Mysterud et al., 2007; Tornero et al., 2016). ارتفاعات بالاتر به عنوان پناهگاه ژنتیکی برای گوسفندان وحشی عمل می‌کند و تنوع ژنتیکی بیشتری را در مقایسه با ارتفاعات پایین حفظ می‌کند. این تنوع برای سازگاری گونه‌ها با تغییرات آب‌وهوایی بسیار مهم است. جمعیت‌هایی که در ارتفاعات پایین‌تر هستند، نوسانات ژنتیکی بیشتری را به دلیل عوامل استرس‌زای محیطی و تجاوز انسان تجربه می‌کنند که منجر به کاهش تنوع ژنتیکی می‌شود (Epps et al., 2006). البته در نظر گرفتن عوامل دیگری مانند میزان جهش و اندازه مؤثر جمعیت که می‌تواند بر تنوع ژنتیکی گونه‌های مختلف تأثیر بگذارد نیز ضروری است (Ellegren, 2009).

مطابق نتایج حاصل از ثبت حضور گونه، در منطقه مورد مطالعه قوچ و میش‌ها عمدتاً محدوده ارتفاعی ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ متر را ترجیح می‌دهند. این محدوده ارتفاعی امکان دسترسی به منابع غذایی مناسب‌تر، منابع آب قابل اعتمادتر و دامنه‌های شیب‌دار جهت گریز از شکارگر را فراهم می‌کند و به دلیل کاهش عوامل استرس‌زای محیطی و ارتباط بهتر با سایر جمعیت‌ها، تنوع ژنتیکی بالاتری را حفظ می‌کند. با افزایش ارتفاع، به دلیل کاهش دما، کاهش منابع خاک و تأخیر در ذوب برف در آغاز فصل گرم سال، پوشش گیاهی و به تبع آن دسترسی به منابع غذایی کاهش یافته و تناسب سرزمین برای گونه کاهش می‌یابد. محدوده‌های با ارتفاع کمتر از ۲۰۰۰ متر عمدتاً در حاشیه جنوبی منطقه قرار دارند که به واسطه دمای هوای بیشتر، بارندگی کمتر و خاک فقیرتر، پوشش گیاهی به طور چشمگیری کاهش می‌یابد و می‌تواند به چالش غذایی برای جانوران گیاه‌خوار منجر شود و رقابت بین گونه‌ها را افزایش دهد و موجب کاهش تناسب زیستگاه می‌گردد. علاوه بر این، وقوع تعارضات انسان‌ساخت از قبیل سکونتگاه، اراضی کشاورزی، جاده و همچنین حضور غیرمجاز دام اهلی در

کاهش تناسب زیستگاه این محدوده ارتفاعی نقش دارند (در برخی سال‌ها شیوع بیماری PPR به دلیل استفاده از آبشخور مشترک، موجب تلفات حیات وحش خصوصاً قوچ و میش می‌گردد). لاراز (۲۰۲۴)^۱ محدوده ارتفاعی ۲۴۰۰ تا ۲۶۰۰ متر را محدوده ارتفاعی بهینه جهت گوسفندان آزاد مراتع کوهستانی ذکر کرده است. ملکی و همکاران (۲۰۱۱) در پناهگاه حیات وحش موته اصفهان، ارتفاعات بالاتر از ۲۲۰۰ متر را ارتفاع مطلوب گونه قوچ و میش اصفهان ذکر کردند.

شیب بهینه برای گوسفندان وحشی بر حسب نوع گونه، شرایط فصلی و عوامل محیطی به‌ویژه در ارتباط با حفظ امنیت حیوان و کیفیت علوفه، متفاوت است. در تحقیقی که در مورد زیستگاه گوسفندان کوهی (*Ovis canadensis*) شمال غربی مونتانا در فصل زمستان انجام گرفت، مشاهده شد گوسفندان کوهی دامنه‌هایی را ترجیح دادند که شیب تندتر از ۸۰ درصد است و از مناطقی با شیب ۱۰-۳۵ درصد اجتناب می‌کردند. این ترجیح احتمالاً به دلیل حفظ امنیت، تنظیم حرارت بدن در ماه‌های زمستان و اجتناب از برف بود؛ اراضی با شیب تند، درجه حرارت بالاتری را برای حیوان فراهم می‌کند (Tilton & Willard, 1982). ترجیحات زیستگاه تابستانی گوسفندان کوهی (*Ovis canadensis mexicana*) کوهستان سانتا کاتالینا آریزونا دامنه‌های با شیب ۵۹ تا ۷۹ درصد بود، آن‌ها به ندرت از مناطقی با شیب کمتر از ۴۰ یا بیشتر از ۱۲۰ درصد استفاده می‌کردند؛ این ترجیح احتمالاً با نیاز آن‌ها به گستره (زاویه) دید برای تشخیص شکارچیان و سطح گریز، مرتبط است (Gionfriddo, 1986). پژوهشی که در یک محوطه ۳۲۰ هکتاری در پناهگاه حیات وحش نوادا^۲ به منظور مشاهده کنترل شده ترجیحات زیستگاه گوسفند کوهی (*Ovis canadensis nelsoni*) انجام شد، نشان داد آن‌ها ترجیح قابل توجهی برای کلاس‌های شیب بین ۳۶ تا ۸۰ درصد دارند و از زیستگاه‌هایی با شیب کمتر از ۳۶ درصد اجتناب می‌کنند (Bernier, 1992).

بررسی‌های میدانی نشان داد قوچ و میش در منطقه مورد مطالعه اغلب دامنه‌هایی را ترجیح می‌دهند که از ۴۰ تا ۶۰ درصد شیب دامنه دارند. این میزان شیب به آن‌ها امکان می‌دهد محیط خود را به طور مؤثر رصد کنند و خطر شکارگر را به حداقل می‌رساند در عین حال دسترسی مناسبی به منابع غذایی برای حیوان فراهم می‌کند. با افزایش شیب تا ۸۰ درصد هنوز تا حد زیادی پوشش گیاهی در دسترس حیوان برای تغذیه قرار دارد اما پس از آن، افزایش شیب به میزان زیادی با افزایش عوامل فرساینده، منابع خاک و به تبع آن پوشش گیاهی را کاهش داده و موجب کاهش تناسب زیستگاه می‌گردد. عملکرد و کیفیت علوفه در دامنه‌های با شیب بسیار تند کاهش می‌یابد (Severoglu & Gullap, 2020). اراضی مسطح و کم‌شیب منطقه از آن جهت که با افزایش خطر شکار شدن به واسطه عدم گستره دید مناسب و جان‌پناه همراه هستند تناسب کمی برای گونه دارند (جدول ۲). سازگاری‌های ضد شکارگر^۳ در طی فرایند تکامل ایجاد شده‌اند و به جانوران طعمه در مبارزه مداوم با شکارگران کمک می‌کنند.

جابه‌جایی عمودی و جابه‌جایی از دامنه شمالی به جنوبی و بالعکس، جهت دست‌یابی یا فرار از گرمای مستقیم خورشید، به‌صورت مستمر در این گونه مشاهده می‌شود. درک این پویایی‌ها به‌ویژه در مناطقی که با تجاوز انسان روبرو هستند، برای مدیریت مؤثر و حفاظت از جمعیت گوسفندان وحشی بسیار مهم است (Gionfriddo, 1986). شکل ۴ نقشه ارتفاع و شیب منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳-۱-۲. متغیرهای خاک

از نتایج آنالیز نمونه‌های خاک که تأثیر مستقیم بر رشد و نمو گیاهان و در نتیجه تأمین غذا و پناهگاه برای گوسفندان وحشی دارند می‌توان به‌عنوان ابزاری جهت ارزیابی تناسب زیستگاه قوچ و میش استفاده کرد. مشخصات آماری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های جمع‌آوری شده در محدوده مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. در مجموع ۲۰ واحد خاک (بر اساس روش آمریکایی رده‌بندی خاک - کلید ۲۰۲۲)^۴ در محدوده پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون شناسایی شد. پس از شناسایی انواع خاک‌ها،

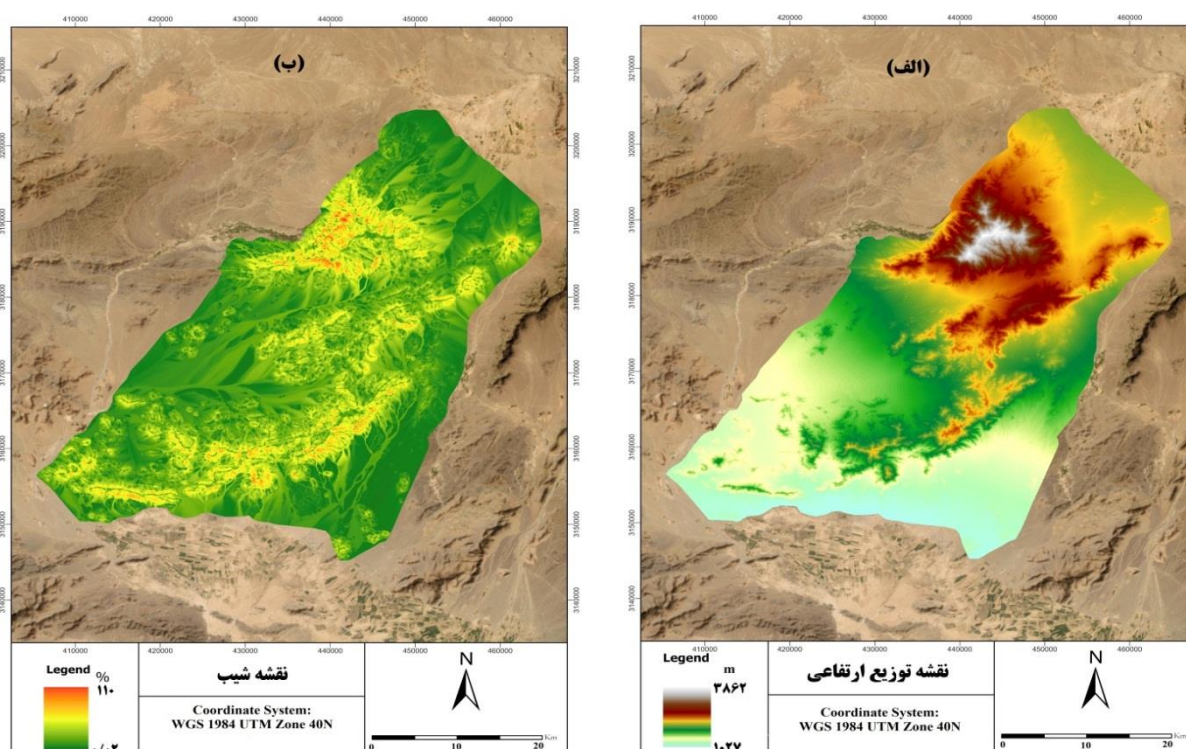
1 Larraz (2024)

2 Desert National Wildlife Refuge Nevada

3 Anti-predator adaptation

4 Keys to Soil Taxonomy Thirteenth Edition, 2022

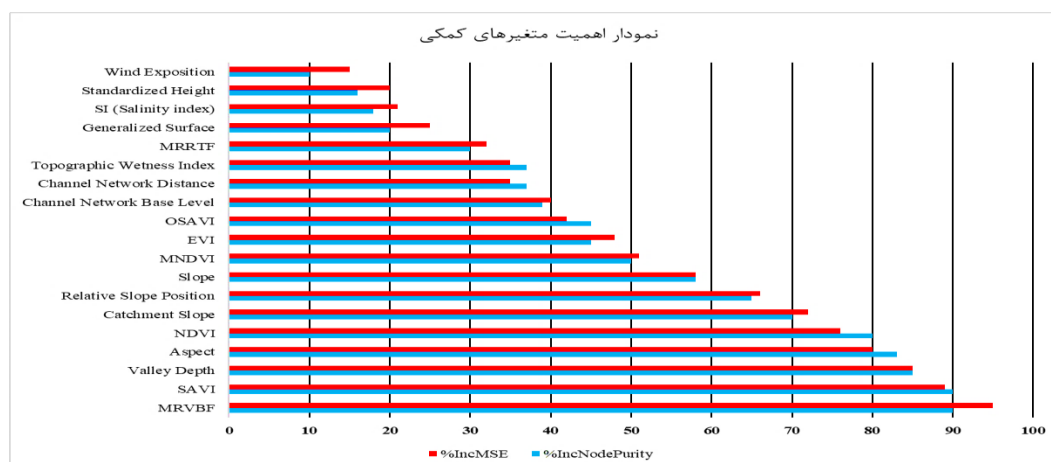
متغیرهای کمکی شامل شاخص‌های مستخرج از مدل رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 برای هر پروفیل استخراج و برای مراحل مدل‌سازی آماده شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار R و مدل Random Forest، کلاس‌های فامیلی پیش‌بینی و نقشه رقومی خاک منطقه تهیه گردید. شکل ۵ اهمیت نسبی متغیرهای مورد استفاده در تهیه نقشه خاک و شکل ۶ نقشه رقومی خاک پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون و را نشان می‌دهد. برای انتخاب مهم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی، از الگوریتم حذف ویژگی تکراری در هر مدل جنگل تصادفی استفاده می‌شود. این الگوریتم به روش انتخاب به عقب عمل می‌کند، به این معنا که کم‌ترین متغیرهای پیش‌بینی با توجه به معیار اهمیت اولیه از مدل حذف می‌شوند (Suleymanov et al., 2023).



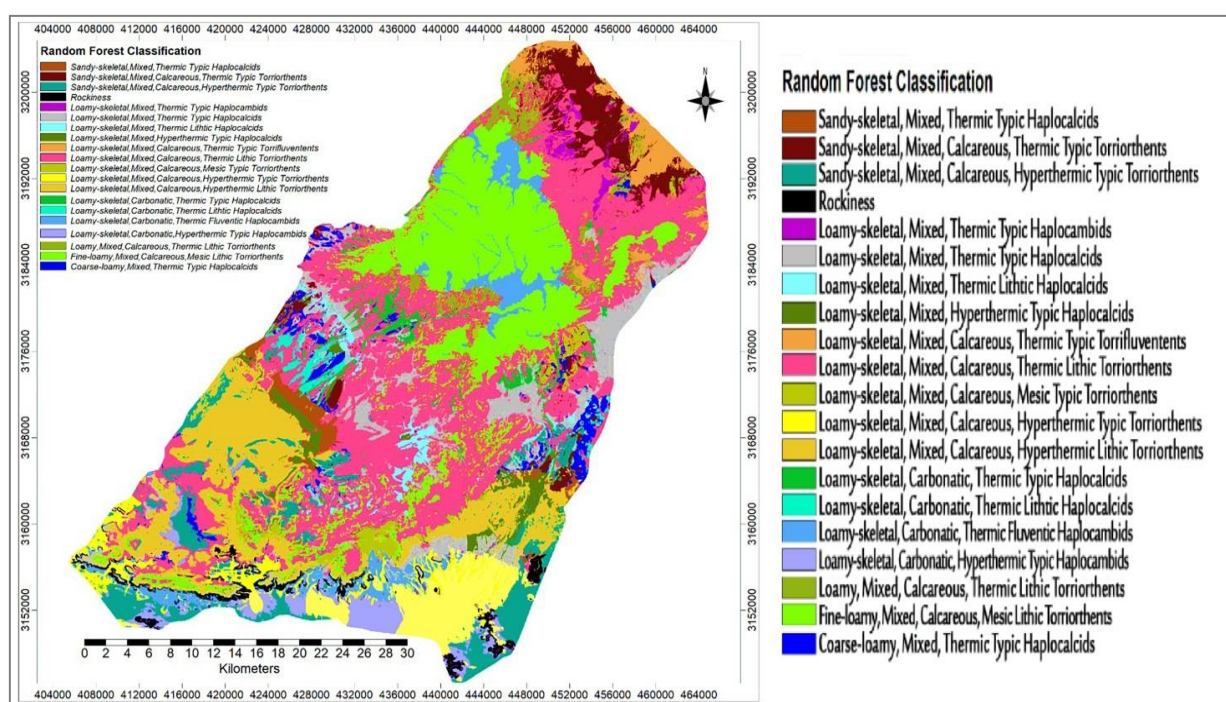
شکل ۴. الف- نقشه توزیع ارتفاعی ب- نقشه شیب در منطقه مورد مطالعه

جدول ۳. آمار توصیفی برخی از خصوصیات خاک اندازه‌گیری شده در منطقه

افتق	pH عصاره اشباع	pH کل اشباع	EC (dS/m)	آهک کل (%)	کربن آلی (%)	شن (%)	رس (%)	سیلت (%)	نیترژن کل	فسفر	پتاسیم
حداکثر	۸/۴	۸/۸	۷/۳۸	۵۴/۸	۱/۱۸	۹۳	۳۰	۴۴	۰/۱۲	۱۱/۲	۳۳۸
حداقل	۷/۳	۷/۶	۰/۲۴	۵/۶	۰/۰۵	۳۳	۴	۱	۰	۰	۲۹/۲
میانگین	۷/۸	۸/۴۵	۰/۷۴	۲۴	۰/۲۳	۶۳/۴۲	۱۲/۴۲	۲۳/۸۶	۰/۰۴۴	۳/۸۸	۱۲۳/۹۴
انحراف معیار	۰/۲۵	۰/۱۹	۱/۰۹	۱۲/۵۳	۰/۱۷	۱۴/۳۵	۴/۶۲	۱۱/۲۸	۰/۰۲۵	۲/۸	۶۰/۳۶
چولگی	۰/۰۱۱	-۱/۴	۴/۶۶	۰/۰۹۳	۲/۴۶	۰/۱۱	۰/۶۵	۰/۰۴۱	۰/۰۹۵	۰/۵۴	۱/۲۸
کسیدگی	-۰/۲۸	۳/۹۷	۲۳/۶۱	-۱/۱	۱۰/۷۱	-۰/۸۹	۱/۶۱	۱/۰۳	۰/۰۱۹	-۰/۳۷	۲/۵۶



شکل ۵. نمودار تأثیر متغیرهای کمکی در مدل سازی نقشه رده بندی خاک تا سطح فامیل



شکل ۶. نقشه خاک پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون

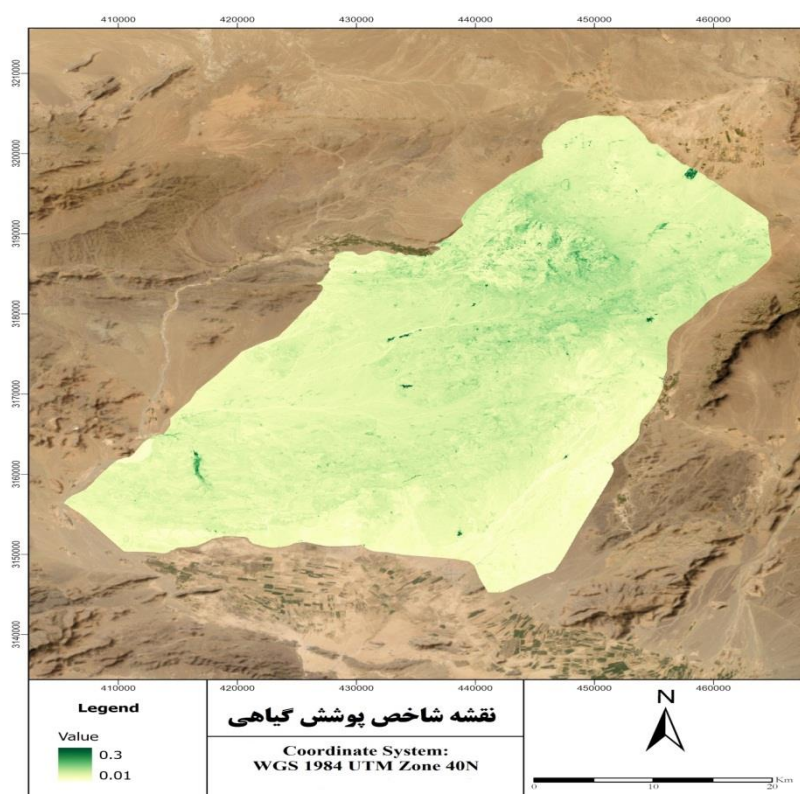
فائو (۱۹۹۱) لیستی از مشخصات خاک مؤثر بر رشد گیاه که شایستگی سرزمین را برای مرتع و چرای دام تحت تأثیر قرار می‌دهند ارائه کرده است. در ایران نیز نشریه فنی شماره ۲۱۲ موسسه تحقیقات آب و خاک (۱۹۹۱)، ۱۸ مشخصه خاک و سرزمین که بر اساس میزان شایستگی برای مرتع در کلاس‌های مختلف تناسب قرار می‌گیرند ارائه کرده است. با بهره‌گیری از این منابع و به منظور کاهش بروز خطا در نتیجه تأثیر متقابل بین عوامل (Sys, 1991)، متغیرهای با همبستگی بالا، نادیده گرفته شدند و ۶ عامل به عنوان مهم‌ترین مشخصات خاک مؤثر بر تناسب زیستگاه گونه مورد مطالعه در منطقه تعیین شد (جدول ۲). به عنوان مثال برای ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک در

مناطق خشک، از بین ۴ ویژگی PH، CEC، BS، OC تنها عامل PH به دلیل تأثیر مستقیم (و گاه غیرمستقیم) روی فعالیت های شیمیایی و فرایند حل و رسوب و در نتیجه تأثیری که در قابلیت جذب عناصر غذایی، فعالیت های میکروبی و تبادلات ریشه گیاه دارد مورد ارزیابی قرار می گیرد (Sys, 1993).

معیارهای %IncMSE و %IncNodePurity، اهمیت هر متغیر را از دو جنبه مختلف ارزیابی می کنند. شاخص %IncMSE نشان می دهد که حذف هر متغیر چقدر می تواند دقت مدل را کاهش دهد؛ در حالی که %IncNodePurity بیانگر میزان مشارکت هر متغیر در افزایش خلوص گره های درخت تصمیم گیری است. این دو معیار تکمیل کننده یکدیگر هستند و در مجموع، اهمیت نسبی هر یک از متغیرها را بهتر نشان می دهند.

۳-۱-۳. شاخص پوشش گیاهی

نقشه شاخص پوشش گیاهی^۱ به عنوان ابزاری مؤثر در تحلیل وضعیت پوشش گیاهی و سلامت اکوسیستم ها، اطلاعات ارزشمندی را درباره توزیع و تراکم گیاهان در منطقه مطالعاتی ارائه می دهد (شکل ۷). در منطقه مورد مطالعه شاخص NDVI بین ۰/۱ تا ۰/۳ است. NDVI بالا عمدتاً در مناطق کوهستانی شمالی و مرکزی منطقه مشاهده می شود که می تواند به دلیل دمای هوای کمتر و دسترسی به منابع آب بیشتر باشد.



شکل ۷. نقشه شاخص پوشش گیاهی در محدوده پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون

در تحقیقی توسط کاظمی و همکاران نیاز علوفه گوسفند وحشی ۳/۲ کیلوگرم در روز گزارش شده است است (Kazemi et al., 2015). مقدار علوفه مورد نیاز حیوان می‌تواند بر اساس عوامل مختلفی از جمله مرحله رشد، ترکیب پوشش گیاهی منطقه (کیفیت علوفه)، شرایط اقلیمی و... متفاوت باشد (Salah et al, 2014). در مواقعی که از کیفیت علوفه اطلاعی در دسترس نمی‌باشد و تحقیقات اساسی در این زمینه انجام نشده است میزان نیاز روزانه حیوان بر حسب علوفه خشک مصرفی، به صورت درصدی از وزن بدن در نظر گرفته می‌شود. هولچک (۲۰۱۰)^۱ میزان روزانه علوفه مورد نیاز دام‌های چراکننده در مراتع طبیعی را ۲ درصد وزن بدن دام گزارش کرده است که در مواقع خشک‌سالی این مقدار به ۱/۵ و در مواقع ترسالی به ۲/۶ درصد وزن بدن دام افزایش می‌یابد که بطور میانگین ۱/۱ کیلوگرم علوفه خشک در روز برای هر واحد دامی نیاز است. بدین ترتیب می‌توان میزان متوسط علوفه مورد نیاز گونه را تخمین زد و برآوردی از میزان تناسب واحدهای مختلف سرزمین برای آن داشت.

۳-۱-۴. پوشش اراضی و کاربری اراضی

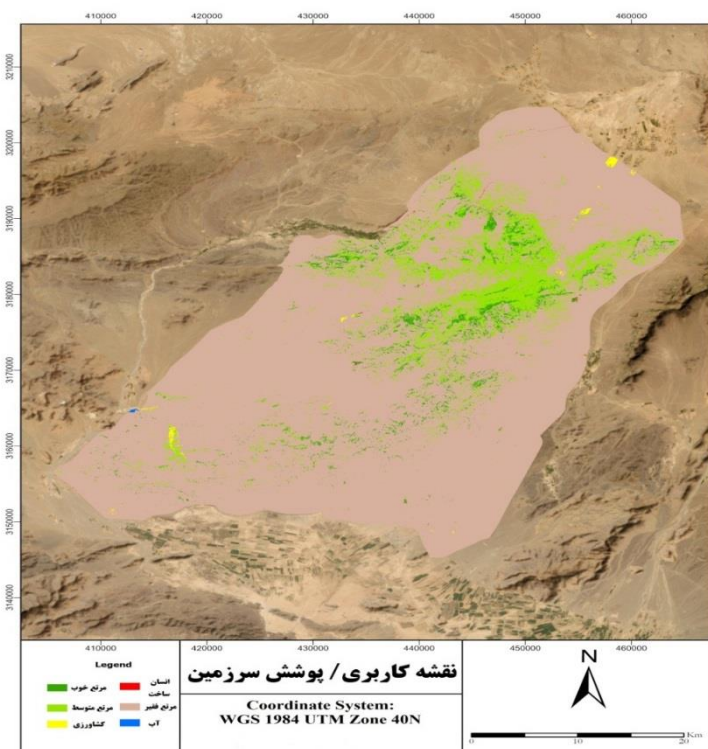
شکل ۸ نقشه کاربری و پوشش اراضی در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه، مراتع ضعیف دارای بیشترین سطح در منطقه هستند. این نشان می‌دهد که شرایط محیطی و مدیریتی در این مناطق برای رشد گیاهان مرتعی مطلوب نیست. مراتع خوب، دومین سطح گسترده را در منطقه به خود اختصاص داده‌اند. حفظ و نگهداری از این مراتع خوب باید در اولویت‌های مدیریتی قرار گیرد تا از تخریب آن‌ها جلوگیری شود و بهره‌وری پایدار حفظ گردد. گونه‌های گیاه‌خوار می‌توانند از علوفه موجود در این مناطق برای تأمین غذای خود استفاده کنند و به این ترتیب، تنوع زیستی در این نواحی افزایش می‌یابد (Homeier et al., 2010). اراضی کشاورزی و عوارض انسان‌ساخت هر یک سطحی کمتر از ۲ درصد منطقه مورد مطالعه را پوشش می‌دهد. بررسی وضعیت و مدیریت این کاربری‌ها نیز می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های آتی منطقه مفید باشد؛ به‌ویژه، توجه به کاهش تأثیرات منفی عوارض انسان‌ساخت بر زیستگاه‌ها اهمیت دارد (Gemeda & Meles, 2018).

۳-۱-۵. منابع آب، روستاها و جاده‌ها

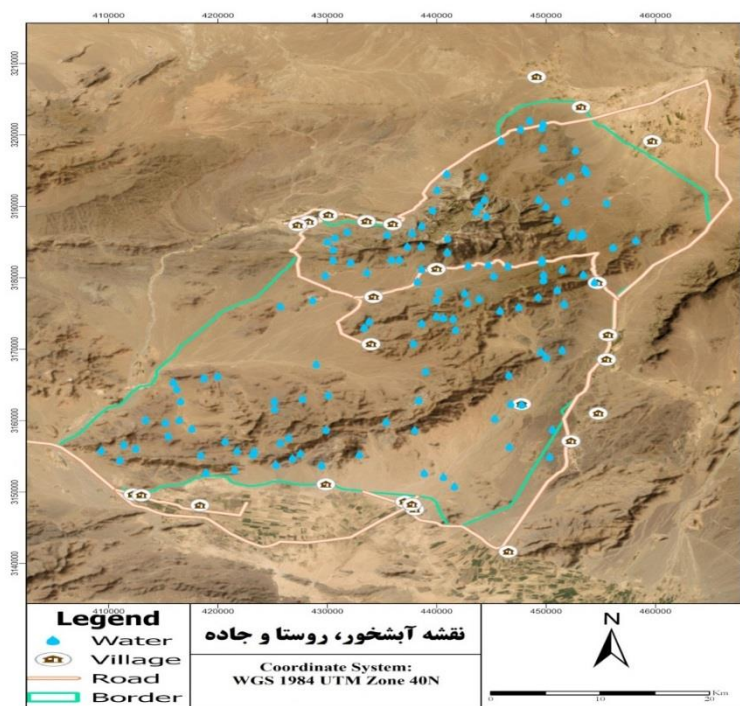
شکل ۹ نقشه پراکندگی آب‌سخورها، روستاها و جاده‌های موجود در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. توزیع متوازن آب‌سخورها به‌ویژه در مناطق جنوبی به تأمین نیاز آبی جانوران به واسطه اقلیم نیمه بیابانی و در نتیجه افزایش تناسب سرزمین کمک کرده است. کرمانی‌القریشی (۲۰۱۱) حداکثر فاصله مشاهده شده قوچ و میش وحشی از منابع آب را ۵ کیلومتر گزارش کرده است که با مشاهدات منطقه همخوانی دارد. با کاهش فاصله از منابع آب، تناسب زیستگاه برای گونه افزایش می‌یابد. الگوی پراکندگی روستاها، جاده‌ها و فعالیت‌های انسانی ممکن است بر الگوی حرکت و استفاده گونه‌های حیات‌وحش از زیستگاه تأثیر بگذارد و آن‌ها را به سمت مناطق دورتر از دسترس انسان سوق دهد (Fischer et al., 2012). سازمان حفاظت محیط زیست ایران در ضوابط و دستورالعمل‌های ابلاغی (استقرار واحدهای خدماتی، صنعتی و معدنی)، رعایت فاصله ۱۲۰۰ متر از پارک‌های ملی را مناسب می‌داند. تکه تکه شدن زیستگاه ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند موجب تنگناهای انتقال ژن در بین جمعیت حیات‌وحش گردد لذا ایجاد کریدورهای مناسب جهت گذار و مهاجرت حیات‌وحش و حفظ یک منطقه بافر برای کاهش اثرات توسعه انسانی بر حیات‌وحش ضروری است (Yeganeh Keya et al., 2016).

۳-۱-۶. دما و بارندگی

دما و بارش به طور مستقیم بر فیزیولوژی، رفتار و تولیدمثل حیوانات (Elmore et al., 2017)، تعامل با پاتوژن‌ها (Hochachka & Somero, 2002) و به صورت غیرمستقیم از طریق تأثیر بر تراکم و کیفیت پوشش گیاهی (Habermann et al., 2019)، بر زیستگاه گوسفندان وحشی تأثیر می‌گذارد.



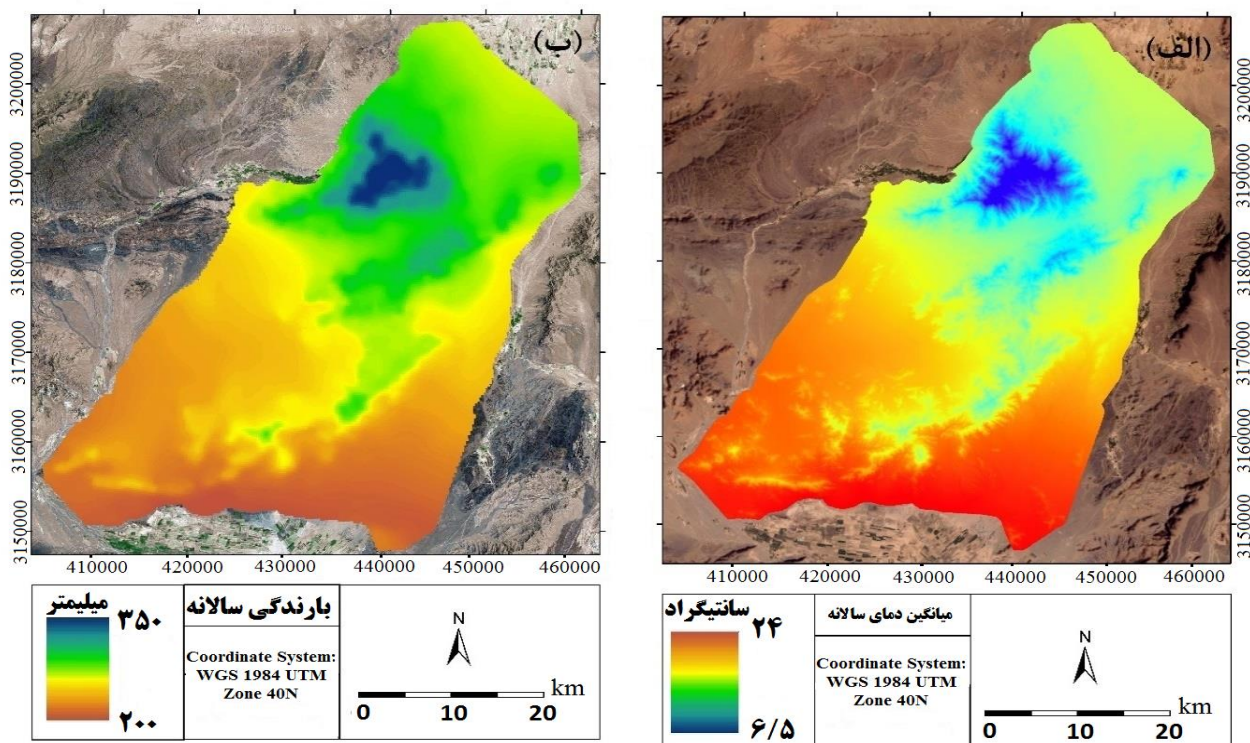
شکل ۸. نقشه کاربری و پوشش اراضی در محدوده پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون



شکل ۹. نقشه پراکندگی آبشخورها، روستاها و جاده‌های موجود در محدوده پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون

از لحاظ تاریخی، استخوان‌های کشف شده گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) از سایت Natufian site of Shubayqa1 نشان می‌دهد در دوره پلیستوسن پسین، این گونه پراکنش گسترده‌ای در بیابان‌های بازالتی شرق اردن داشته است. پس از آن، جمعیت این گونه در شمال سوریه، شمال و شرق عراق، غرب ایران و آناتولی مرکزی و شرقی، متناظر با هلال حاصلخیز، گسترش یافت. این توزیع گسترده امکان سازگاری با محیط‌های مختلف و بهره‌برداری از زیستگاه‌های متنوع را برای آن‌ها فراهم کرد. حضور گوسفند وحشی در پلیستوسن پسین و اوایل هولوسن، به‌ویژه در محیط‌های حاشیه‌ای، نشانگر انعطاف‌پذیری آن‌ها در پاسخ به تغییرات اقلیمی و در دسترس بودن منابع است (Yeomans et al., 2017). در حال حاضر نیز این گونه، در طیف وسیعی از شرایط اقلیمی از سرد تا گرم و از خشک تا مرطوب گسترش دارد و استراتژی‌های مختلفی برای مقابله با تنش‌های اقلیمی پیدا کرده‌اند. مثلاً موفلون‌ها (*Ovis orientalis*) در مناطق مدیترانه‌ای، مناطق جنگلی را در روزهای گرم برای کاهش استرس گرمایی ترجیح می‌دهند (Marchand et al., 2015).

در پژوهشی که توسط ابراهیمی و همکاران (۲۰۱۹) در خصوص تأثیر تغییرات آب‌وهوایی بر ۵ گونه از پستانداران ایران از جمله گوسفندان وحشی (اوریل و ارمنی) انجام شد از بین ۱۹ متغیر اقلیمی بررسی شده برای ارزیابی تأثیر بر مطلوبیت زیستگاه، میانگین سالانه دما و بارش، مهم‌ترین عوامل برای پیش‌بینی زیستگاه مناسب گونه‌های مورد مطالعه عنوان شد. شکل ۱۰- الف و ب به ترتیب نقشه میانگین دمای سالانه و بارندگی سالانه در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. از مقایسه نقشه حضور میدانی گونه (شکل ۲) با نقشه دما و بارش می‌توان دریافت قوچ و میش منطقه تا حد زیادی نسبت به تغییرات دما و بارندگی سازگاری یافته‌اند و همبستگی معنی‌داری بین دما و بارش (میانگین سالانه) با حضور قوچ و میش در منطقه یافت نشد. البته احداث آب‌سخورهای مصنوعی به‌ویژه در مناطق جنوبی می‌تواند در این موضوع اثرگذار بوده باشد.

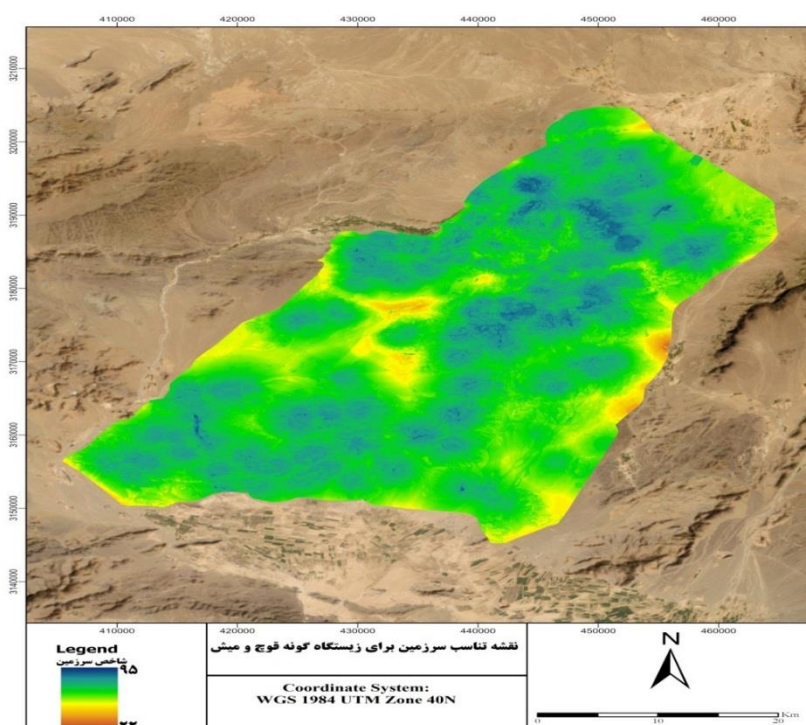


شکل ۱۰. الف: نقشه میانگین دمای سالانه و ب: نقشه بارندگی سالانه در محدوده پارک ملی خیر و پناهگاه حیات‌وحش روچون

تأثیر غیرمستقیم این پارامترهای اقلیمی بر گونه مورد مطالعه، از جهت تأثیر بر کیفیت پوشش گیاهی قابل بررسی است. افزایش دما منجر به کاهش ارزش غذایی علوفه می‌شود؛ یک متآنالیز نشان‌دهنده کاهش ۰/۹ درصدی کیفیت علوفه به ازای افزایش هر درجه سانتی‌گراد است (Lee et al., 2016). در مناطق گرمسیری، افزایش دمای ۲ درجه سانتی‌گراد همراه با کمبود آب، به طور قابل توجهی موجب کاهش کیفیت علوفه از طریق افزایش محتوای فیبر و کاهش سطح پروتئین خام می‌شود (Habermann et al., 2019). افزایش مقدار بارندگی تا حدی موجب افزایش کیفیت علوفه مراتع می‌شود، البته بارندگی بسیار زیاد تأثیر معکوس خواهد داشت (Dumont et al., 2015) که معمولاً این میزان بارش در منطقه رخ نمی‌دهد. کیفیت پایین علوفه به طور مستقیم بر میزان رشد و نمو و سلامت دام تأثیر می‌گذارد (Lee et al., 2016). مشاهدات عینی و گزارشات محیط‌بانان از جثه کوچک‌تر و وزن کمتر قوچ و میش حاضر در مناطق جنوبی منطقه، که دمای بیشتر و بارندگی کمتر دارند می‌تواند با کاهش کیفیت علوفه این مناطق مرتبط باشد.

۳-۲. ارزیابی تناسب زیستگاه

نقشه ارزیابی تناسب سرزمین برای زیستگاه گونه قوچ و میش در پارک ملی خبر از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی ایجاد و در شکل ۱۱ آورده شده است. استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به وزن‌دهی و اولویت‌بندی مطلوب معیارها کمک کرده و دقت نتایج را افزایش می‌دهد. همچنین، استفاده از تکنیک‌های مدرن مانند الگوریتم‌های یادگیری ماشین و داده‌های سنجش از دور به واسطه توانایی توصیف تغییرات متعدد عوامل محیطی (از قبیل تغییرات جزئی در کلاس خاک یا تراکم پوشش گیاهی) که با روش‌های معمول غیرممکن است دقت پیش‌بینی‌ها را افزایش می‌دهد. این قابلیت به ویژه در مطالعات زیست‌محیطی بسیار ارزشمند است و می‌تواند به مدیریت بهتر زیستگاه‌ها کمک کند؛ چرا که تغییرات پیوسته درون یک کلاس را می‌توان به‌وضوح مشاهده و ارزیابی نمود. در مقابل، روش‌های کلاس‌بندی سنتی به دلیل ماهیت گسسته‌شان قادر به نمایش این تغییرات نیستند (Ohmann et al., 2011).



شکل ۱۱. نقشه ارزیابی تناسب سرزمین برای زیستگاه گونه قوچ و میش در محدوده پارک ملی خبر و پناهگاه حیات‌وحش روچون

نقشه تناسب زیستگاه با استفاده از یک طیف رنگی، میزان مناسب بودن هر ناحیه را برای گونه مورد مطالعه نشان می‌دهد و به خوبی می‌توان روند تغییر میزان تناسب سرزمین در ارتباط با تغییر ویژگی‌های سرزمین را مورد بررسی قرار داد. به عبارت دیگر، سردترین طیف رنگ نقشه (آبی تیره) زیستگاه‌های دارای شرایط ایده‌آل برای قوچ و میش هستند. این نواحی احتمالاً شامل پوشش گیاهی غنی، منابع آب کافی و پناهگاه‌های طبیعی مناسب هستند که علوفه و آب کافی، دما و امنیت مناسب را برای جاندار فراهم می‌کند. با حرکت به سمت طیف‌های گرم‌تر، میزان محدودیت‌ها افزایش و تناسب زیستگاه کاهش می‌یابد. مناطق سبزرنگ هنوز دارای پتانسیل خوبی برای زیست گونه هستند و در صورت امکان با رفع برخی محدودیت‌ها، جمعیت گونه در این نواحی افزایش خواهد یافت، مناطق با رنگ قرمز، در حال حاضر برای زیستگاه قوچ و میش نامناسب هستند که این امر عمدتاً ناشی از مجاورت با منابع توسعه انسانی است. مساحت هر یک از کلاس‌های تناسب سرزمین در منطقه مورد مطالعه در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. مساحت کلاس‌های تناسب سرزمین در پارک ملی خبر و پناهگاه حیات وحش روچون

کلاس تناسب سرزمین	شاخص سرزمین	مساحت (هکتار)	فراوانی (درصد)
S1	۱۰۰-۷۵	۴۹۳۱۴/۳	۲۷/۷۸
S2	۷۵-۵۰	۱۱۳۶۸۵/۱	۶۴/۰۴
S3	۵۰-۲۵	۱۰۷۵۸/۶	۶/۰۶
N	۲۵-۰	۳۷۶۸/۷	۲/۱۲
مجموع		۱۷۷۵۲۶/۷	۱۰۰

۳-۳. اعتبارسنجی نتایج

ارزیابی نتایج تناسب سرزمین برای قوچ و میش نشان می‌دهد که ضریب کاپا برابر با ۰/۸۳ و شاخص دقت کلی برابر با ۰/۸۱ است. طبق تفسیرهای رایج، ضریب کاپا بالای ۰/۸۱ به عنوان عملکرد عالی تلقی می‌گردد، که به معنای این است که توافق بین پیش‌بینی‌ها و داده‌های واقعی بسیار قوی است. همچنین، شاخص دقت کلی ۰/۸۱ نشان‌دهنده این است که ۸۱ درصد از پیش‌بینی‌ها درست بوده‌اند، که یک نتیجه مثبت و قابل قبول در ارزیابی تناسب زیستگاه محسوب می‌شود. تحقیق جرارد و همکاران (۲۰۱۲) نیز نشان داد که استفاده از روش AHP می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر زیستگاه‌های مناسب کمک کند و نتایج مشابهی را در مورد دقت پیش‌بینی‌ها ارائه دادند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات فراوان نشان داده‌اند که ویژگی‌های سرزمین با حضور، فراوانی و زنده‌مانی گونه‌های گیاهی و جانوری ارتباط دارد (Kent et al, 2014; Meliyo et al., 2014) البته همان‌گونه که ذکر شد تناسب سرزمین برای حیات‌وحش یک امر نسبی است و نباید انتظار داشت که جانداران به طور صددرصد از آن تبعیت نمایند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، نیازهای اساسی قوچ و میش منطقه را می‌توان در ۳ گروه اصلی دسترسی به مواد غذایی و آب، امنیت و تنظیم حرارتی مورد بررسی قرار داد؛ زیستگاه‌هایی که این نیازها را به صورت مناسب‌تری فراهم کنند دارای تناسب بیشتری برای گونه موردنظر خواهند بود.

نتایج نشان داد عوامل زیست‌محیطی شامل ارتفاع، شیب و پوشش گیاهی، از مؤلفه‌های کلیدی مؤثر در تناسب زیستگاه برای گونه قوچ و میش هستند. ارتفاع بر در دسترس بودن منابع از قبیل غذا و جان‌پناه و همچنین بر تنوع ژنتیکی جمعیت گوسفندان وحشی تأثیر می‌گذارد و به عنوان حفاظ در برابر تغییرات آب‌وهوایی عمل می‌کند (Epps et al., 2006). شیب زمین بر مقدار و کیفیت علوفه تأثیرگذار است و قوچ و

میش‌ها جهت تأمین امنیت و تنظیم حرارت بدن در فصول مختلف سال از آن استفاده می‌کنند. گراس و همکاران (۲۰۰۲)^۱ نشان دادند که عوامل محیطی نظیر شیب و ارتفاع در تعیین زیستگاه‌های مناسب برای قوچ‌ها تأثیرگذار هستند. میزان و کیفیت علوفه زیستگاه با میزان تناسب زیستگاه رابطه مستقیم دارد. در کنار این ۳ عامل، فاصله از منابع آب نیز به عنوان یکی دیگر از عوامل کلیدی در میزان تناسب زیستگاه برای این گونه به شمار می‌رود، قوچ و میش به آب برای بقای خود نیاز دارند و وجود منابع آبی پایدار در نزدیکی زیستگاه، به‌ویژه در فصول گرم سال، بر انتخاب محل زندگی آن‌ها تأثیر می‌گذارد. حسینی و همکاران (۲۰۲۰)^۲ و بلیچ و همکاران (۲۰۱۰)^۳ تأکید کرده‌اند که فاصله و دسترسی به منابع آب یکی از عوامل کلیدی در تعیین کیفیت زیستگاه برای گونه‌های مختلف حیات‌وحش، از جمله قوچ و میش است.

فعالیت‌های انسانی از جمله کشاورزی، دامداری و توسعه زیرساخت‌ها، از طریق تخریب، قطعه‌قطعه‌شدگی و کوچک‌شدن زیستگاه‌ها همراه با معرفی گونه‌های غیربومی، تلفات مستقیم (بهره‌برداری) و غیرمستقیم، آلودگی آب و خاک و نظایر آن، تأثیر مستقیم منفی بر تناسب زیستگاه قوچ و میش دارد. توسعه انسانی ارتباط جمعیت گونه‌ها را که برای حفظ تنوع ژنتیکی ضروری است مختل می‌کند (Epps et al., 2006). جمعیت حیات‌وحش مرتبط با برخی زیستگاه‌ها مانند علفزارها ممکن است به طور معنی‌داری نسبت به عناصر توسعه انسانی مانند جاده‌ها حساس‌تر و نیازمند اقدام‌های حفاظتی ویژه‌ای باشند (Forman et al., 2002). وانو و همکاران (۲۰۲۲)^۴ در مطالعه‌ای نشان دادند که تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌تواند منجر به کاهش کیفیت زیستگاه شود. به منظور کاهش آشفستگی در مراحل خاصی از چرخه حیات گونه‌ها مانند فصل تولیدمثل، زون‌های ضربه‌گیر و ورود ممنوع توصیه شده است (Delaney et al., 1999; Swarthout & Steidl 2001, 2003).

بخش معینی از متغیرهای خاک، نقش روشنی در توصیف تفاوت‌های تناسب زیستگاه برای گونه مورد مطالعه ایفا می‌کند. این نقش از طریق تأثیر مستقیم متغیرهای خاک روی مقدار و نوع پوشش گیاهی عمل می‌کند (Zuquim et al., 2020). از آنجاکه قوچ و میش‌ها برای غذا به صورت مستقیم به گیاهان مرتبط می‌شوند می‌توان بیان کرد تناسب زیستگاه این گونه مرتبط با تنوع خاک‌ها و مدیریت آن‌ها نیز می‌باشد (باقری بداغ‌آبادی، ۲۰۱۱). البته در این میان باید به نقش برخی متغیرها مانند میزان سنگریزه سطحی از طریق تأثیر بر قابلیت جابه‌جایی و حرکت، خصوصاً در برهه‌های کوچک و همچنین سایر گونه‌ها که حساسیت بیشتری به این موضوع دارند توجه نمود که ارزیابی این تأثیرات ضروری است.

مراعات خوب منطقه در صورت حفاظت بهینه می‌تواند پتانسیل مناسبی برای افزایش جمعیت قوچ و میش فراهم کنند، زیرا پوشش گیاهی غنی و متراکم می‌تواند به تأمین علوفه کافی برای گونه‌های گیاه‌خوار کمک کند. عواملی مانند محدودیت‌های آب‌و‌خاک، فشار بیش از حد چرای دام ممکن است منجر به تخریب پوشش گیاهی در مراتع فقیر منطقه شده باشد (Mason et al., 2019). بازسازی و احیای این مناطق می‌تواند اولویت مهمی در مدیریت و برنامه‌ریزی‌های آتی منطقه باشد و به افزایش تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم‌ها کمک کند.

متغیرهای اقلیمی شامل دما و بارندگی از طریق تأثیر بر مقدار و کیفیت علوفه در تناسب زیستگاه‌های منطقه برای قوچ و میش اثرگذار هستند به نحوی که در مناطق جنوبی پارک ملی خبر می‌تواند موجب چالش‌های بیشتری برای جمعیت گوسفندان وحشی شود. تغییرات اقلیمی می‌تواند بر الگوهای مهاجرت و انتخاب زیستگاه گونه‌ها تأثیر بگذارد (Cote & Wittmer., 2008). در حالی که شرایط اقلیمی فعلی منطقه برای زیست گونه قوچ و میش مناسب است، تغییرات اقلیمی آینده احتمالاً موجب تخریب زیستگاه‌ها و به عنوان تهدیدی برای بقای این گونه خواهد بود. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که زیستگاه‌های مناسب گوسفندان وحشی در ایران، طی ۶۲ سال آینده بیش از ۶۰ درصد کاهش می‌یابد (Ebrahimi et al., 2019)؛ لذا شناسایی و حفاظت از مناطق با پتانسیل سازگاری با تغییرات

1 Gross (2002)

2 Hosseini (2020)

3 Bleich (2010)

4 Whannou (2022)

آبوهوایی برای حفظ جمعیت قوچ و میش ضروری است.

با توجه به ضریب کاپای ۰/۸۳ و شاخص دقت کلی ۰/۸۱، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین در کنار AHP برای ارزیابی تناسب زیستگاه قوچ و میش بسیار مؤثر بوده است و اهمیت استفاده از این روش‌ها را در مطالعات ارزیابی تناسب سرزمین برجسته می‌سازد. پوشش گسترده مناطق با تناسب بالا و متوسط نشان‌دهنده پتانسیل خوب این منطقه برای زیستگاه قوچ و میش است. در مجموع، نقشه تناسب زیستگاه برای قوچ و میش ابزاری اساسی برای درک نیازهای زیستگاهی این گونه به شمار می‌آید و می‌تواند به پژوهشگران و مدیران منابع طبیعی در برنامه‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی کمک کند تا مناطق کلیدی برای حفاظت را شناسایی کرده و اقدامات مؤثری برای حفظ جمعیت این گونه انجام دهند. مناطق با تناسب بالا باید به عنوان کانون‌های حفاظتی اصلی در اولویت قرار گیرند. همچنین، مناطق با تناسب متوسط نیاز به مدیریت ویژه دارند تا از تخریب آن‌ها جلوگیری شود و در صورت امکان با رفع برخی محدودیت‌ها، تناسب سرزمین برای گونه افزایش یابد. در مطالعه‌ای نیکلاس و همکاران (۲۰۲۴)^۱ بر اهمیت مدل‌سازی تغییرات زیستگاه به منظور حفاظت مؤثر گونه‌ها و بررسی تأثیر تصمیمات مدیریتی بر جمعیت حیات‌وحش تأکید کرده‌اند.

References

- Arzani, H., Motamedi (Torkan), J., Nikkhah, A., Azarnivand, H., & Ghorbani, M. (2012). Animal Unit Equivalent (AUE) and daily energy requirement for Kabodeh breed sheep grazing on lowland and highland rangelands of Fars Province, *Iranian journal of Rangeand Desert Reseach*, Vol. 19 No. (4), 557-570 (In Persian)
- Bagheri-Bodaghabadi, M. (2011). *Applied land evaluation and land use planning*, 1(2), 386-392. Pelk Publications, Tehran, Iran (In Persian)
- Behrens, T., Förster, H., Scholten, T., Steinrücken, U., Spies, E. D., & Goldschmitt, M. (2005). Digital soil mapping using artificial neural networks. *Journal of plant nutrition and soil science*, 168(1), 21-3
- Berner, L. R. (1992). *Habitat selection by mountain sheep in Mojave Desert scrub*. The University of Arizona, Thesis-Reproduction (electronic), <http://hdl.handle.net/10150/278189>
- Bleich, V. C., Marshal, J. P., & Andrew, N. G. (2010). Habitat use by a desert ungulate: predicting effects of water availability on mountain sheep. *Journal of Arid Environments*, 74(6), 638-645
- Bouyoucos, G. J. (1962). Hydrometer method for making particle size analysis of soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, 26(1), 24-29. <https://doi.org/10.2136/sssaj1962.03615995002600010006x>
- Bower, C. A., Reitemeier, R. F., & Fireman, M. (1952). Exchangeable cations in soils. In C.A. Black et al., *Methods of soil analysis: Part 2-Chemical and microbiological properties* (pp. 844-854). American Society of Agronomy
- Bremner J., M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3, Chemical methods*. 1(5): 1085-121
- Cote, H., & Wittmer, U. (2008). Mountain goats: ecology, behavior, and conservation of an alpine ungulate. *Ecology*, 89(9), 2665
- Crawford, B. A., Maerz, J. C., & Moore, C. T. (2020). Expert-informed habitat suitability analysis for at-risk species assessment and conservation planning. *Journal of Fish and Wildlife Management*, 11(1), 130-150
- De la Rosa, D., & van Diepen, C. A. (2002). Qualitative and Quantitative Land Evaluation, in 1.5. Land Use and Land Cover, in *Encyclopedia of Life Support System (EOLSS-UNESCO)*, Eolss Publishers. Oxford, UK. <http://www.eolss.net>
- Delaney, D. K., Grubb, T. G., Beier, P., Pater, L. L., & Reiser, M. (1999). Effects of Helicopter noise on Mexican spotted owls. *Jornal of Wildlife management* 63:60-67
- Dumont, B., Andueza, D., Niderkorn, V., Lüscher, A., Porqueddu, C., & Picon-Cochard, C. (2015). A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. *Grass and Forage Science*, 70(2), 239–254. <https://doi.org/10.1111/GFS.12169>
- Ebrahimi, A., Sardari, P., Safavian, S., Jafarzade, Z., Bashghareh, S., & Khavari, Z. (2019). Climate change effects on species of Bovidae family in Iran. *Environmental Earth Sciences*, 78, 1-12
- Ellegren, H. (2019). The different levels of genetic diversity in sex chromosomes and autosomes, *Trends in Genetics*, Volume 25, Issue 6, 278 – 284, doi: 10.1016/j.tig.2009.04.005

- Elmore, R. D., Carroll, J. M., Tanner, E. P., Hovick, T. J., Grisham, B. A., Fuhlendorf, S. D., & Windels, S. K. (2017). Implications of the thermal environment for terrestrial wildlife management. *Wildlife Society Bulletin*, 41(2), 183–193. <https://doi.org/10.1002/WSB.772>
- Epps, C. W., Palsbøll, P. J., Wehausen, J. D., Roderick, G. K., & McCullough, D. R. (2006). Elevation and connectivity define genetic refugia for mountain sheep as climate warms. *Molecular ecology*, 15(14), 4295–4302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2006.03103.x>
- FAO. (1991a) Guidelines: land evaluation for Extensive Grazing. *FAO Soils Bulletin No. 58*. FAO, Rome. 158 pp
- Fardila, D., Kelly, L. T., Moore, J. L., & McCarthy, M. A. (2017). A systematic review reveals changes in where and how we have studied habitat loss and fragmentation over 20 years. *Biological Conservation*, 212, 130–138
- Figueiredo, A. M., Levis, C., & McMichael, C. H. (2018). The importance of soils in predicting the future of plant habitat suitability in Amazonia. *Plant Ecology*, 219(4), 465–478
- Fischer, J., & Lindenmayer, D. B. (2012). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global ecology and biogeography*, 16(3), 265–280
- Forman, R. T. T., Reineking, B., & Hersperger, A. M. (2002). Road traffic and nearby grassland bird patterns in a suburbanizing landscape. *Environmental Management*, 29(6), 782–800. <https://doi.org/10.1007/S00267-001-0065-4>
- Gemeda, D. O., & Meles, S. K. (2018). Impacts of human-wildlife conflict in developing countries. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i8.14>
- Gionfriddo, J. P. (1986). Summer habitat use by mountain sheep. *Journal of Wildlife Management*, 50(2), 331–336. <https://doi.org/10.2307/3801923>
- Girard, L. F., Cerreta, M., & De Toro, P. (2012). Analytic hierarchy process (AHP) and geographical information systems (GIS): an integrated spatial assessment for planning strategic choices. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 4(1) DOI:10.13033/ijahp.v4i1.102
- Gross, J. E., Kneeland, M. C., Reed, D. F., & Reich, R. M. (2002). GIS-based habitat models for mountain goats. *Journal of Mammalogy*, 83(1), 218–228
- Habermann, E., Dias de Oliveira, E. A., Contin, D. R., Delvecchio, G., Viciedo, D. O., de Moraes, M. A., Prado, R. de M., Costa, K. A. de P., Braga, M. R., & Martinez, C. A. (2019). Warming and water deficit impact leaf photosynthesis and decrease forage quality and digestibility of a C4 tropical grass. *Physiologia Plantarum*, 165(2), 383–402. <https://doi.org/10.1111/PPL.12891>
- Hemmingmoore, H., Aronsson, M., Åkesson, M., Persson, J., & Andren, H. (2020). Evaluating habitat suitability and connectivity for a recolonizing large carnivore. *Biological Conservation*, 242, 108352
- Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D., & Perrin, N. (2002). Ecological-niche factor analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data?. *Ecology*, 83(7), 2027–2036
- Hochachka, P. W., & Somero, G. N. (2002). *Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution*. New York: Oxford University Press, pp. 290–450. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195117028.003.0007>
- Holechek, J., Pieper, C. H., & Herbel, C. H. (2010). *Range management: principles and practices*. 6th edition. <https://a.co/d/2NMJkOQ>
- Homeier, J., et al. (2010). Tree species richness and tree basal area increment in a tropical montane rain forest, *Forest Ecology and Management*, 259(5), 1019–1025
- Hosseini, S. M., Gholizadeh, H., & Hossaini, F. (2020). Ecological characteristics and habitat preferences of wild sheep and goats in Iran. *Journal of Wildlife Management*, 84(5), 825–835
- Irannejad-Parizi, M. H. (2000). *Investigation on the structure and diversity of vegetation khahr national park & ruchoon wildlife refuge (with emphasis on tree and shrub stands)* Doctoral dissertation, Tehran University, Karaj, (In Persian)
- Jame Consulting Engineers of Iran (2002). *Studies of the management planing for Khahr National Park & ruchoon wildlife refuge. Report No. 11*, Department of Environment, Kerman, Iran, (In Persian)
- Kazemi-Jahandizi, E., kaboli, M., Karami, M. & Soufi, M. (2015). Determination of Carrying Capacity and Nutritional Dietary of Gazella Subgutturosa in Sorkh-e-Hesar National Park, Tehran province, Iran, *Journal of Environmental Science and Technology*, 17(1): 135–143 (In Persian)
- Kent, R., Bar-Massada, A., & Carmel, Y. (2014). Bird and mammal species composition in distinct geographic regions and their relationships with environmental factors across multiple spatial scales. *Ecology and Evolution*, 4(14), 2679–2690. <https://doi.org/10.1002/ece3.1090>

- Kermani-Alghoreishi, Z., Alimohammadi-Sarab, A., & Hasanzadeh-Kiabi, A. B. (2011). Impacts of Ecological factors on the distribution of Wild Sheep in Khojir and Sorkhe Hesar National Parks. *Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources*, 63(4): 359-372 (In Persian)
- Kuenzi, A. J. & Morrison M. L. (2003). Temporal patterns of bat activity in southern Arizona. *Journal of wildlife management* 67:52-64
- Larraz, V., Barrantes, O., & Reiné, R. (2024). Habitat Selection by Free-Grazing Sheep in a Mountain Pasture. *Animals*, 14(13), 1871–1871. <https://doi.org/10.3390/ani14131871>
- Lee, M. A., Aaron, P., Davis, M., Mizeck, G., & Chagunda, P. (2016). Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions. *Biogeosciences*, 14(6), 1403–1417. <https://doi.org/10.5194/BG-14-1403-2017>
- Liu, H., Liu, S., Wang, F., Liu, Y., Han, Z., Wang, Q., & Sun, J. (2023). Multilevel driving factors affecting ecosystem services and biodiversity dynamics on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Cleaner Production*, 396, 136448
- Loeppert, R. H., & Suarez, D. L. (1996). Carbonate. In: Sparks, D. L., et al., Eds., Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods, ASA and SSSA, Madison, 437-474
- Maleki, S. N., Hemami, M. R., & Mahini, A. S. (2010). Ditermining Habitat Suitability of *Ovis orientalis* isfahanica in Mothe wildlife refuge using ENFA. *Journal of Natural Environmental, Iranian Journal of Natural Resources*, 63(3), pp.279-290
- Marchand, P., Garel, M., Bourgoin, G., Dubray, D., Maillard, D., & Loison, A. (2015). Sex-specific adjustments in habitat selection contribute to buffer mouflon against summer conditions. *Behavioral Ecology*, 26(2), 472–482. <https://doi.org/10.1093/BEHECO/ARU212>
- Mason, R., McCarthy, M., & McCarthy, T. (2019). Habitat selection and dietary habits of wild goats in a mountainous region of Iran. *European Journal of Wildlife Research*, 65(1), 1-10
- Meliyo, J. L., Kimaro, D. N., Msanya, B. M., Mulungu, L. S., Hieronimo, P., Kihupi, N. I., Gulinck, H., & Deckers, J. A. (2014). Predicting small mammal and flea abundance using landform and soil properties in a plague endemic area in Lushoto District, Tanzania. *Tanzania Journal of Health Research*, 16(3). <https://doi.org/10.4314/thrb.v16i3.3>
- Minasny, B., & McBratney, A. B. (2006). A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. *Computers & Geosciences*, 32(9):1378-1388
- Minasny, B., & McBratney, A.B., (2016). Digital soil mapping: A brief history and some lessons, *Geoderma*. 264:301-311
- Morrison, M. L., Marcot, B., & Mannan, W. (2012). Wildlife-habitat relationships: concepts and applications. revised Edition. *Island Press*, 2012 M09 26 - 520 pages, Washington, DC
- Mudler, V. L., Bruin, S., & Schaepman, M. E. (2013). Representing major soil variability at regional scale by constrained Latin Hypercube Sampling of remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 21:301-310
- Mulder, V. L., De Bruin, S., Schaepman, M. E., & Mayr, T. R. (2011). The use of remote sensing in soil and terrain mapping—A review. *Geoderma*, 162(1-2), 1-19
- Mysterud, A., Iversen, C., & Austrheim, G. (2007). Effects of density, season and weather on use of an altitudinal gradient by sheep. *Applied Animal Behaviour Science*, 108(1):104-113
- Nelson, D. W. (1983). Determination of gypsum in soils by the acetone method. *Soil Science Society of America Journal*, 47(4), 711-715
- Nichols, J., Breininger, D., Armstrong, D., & Lacy, R. (2024). Habitat management decisions for conservation: a conceptual framework. *Frontiers in Conservation Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2024.1450000>
- Nischith, B. J., & Kavitha, R. (2024). The Impact of soil quality on plant growth and crop yields. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 6(3), 1602-1616. <https://www.doi.org/10.56726/IRJMET50204>
- Ohmann, J. L., Gregory, M. J., & Roberts, S. D. (2011). Mapping potential wildlife habitats using remote sensing and GIS: A case study in the Oregon Coast Range, USA. *Remote Sensing of Environment*, 115(6), 1311-1325.
- Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circular*, No. 939, US Government Printing Office, Washington DC
- Ostovari, Y., Honarbakhsh, A., Sangoony, H., Zolfaghari, F., Maleki, K., & Ingram, B. (2019). GIS and multi-criteria decision-making analysis assessment of land suitability for rapeseed farming in calcareous soils of semi-arid regions. *Ecological indicators*, 103, 479-487
- Saaty, T. L., (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill International, New York, 300p
- Salah, N., Sauvaut, D., & Archimède, H. (2014). Nutritional requirements of sheep, goats and cattle in warm climates: a meta-analysis. *Animal*, 8(9):1439-1447. doi: 10.1017/S1751731114001153

- Salari, M. (2025). *Land suitability evaluation for wildlife in Khabr National Park*, Doctoral dissertation, Tehran University, Karaj, Iran. (In Persian)
- Severoğlu, S., & Gullap, M. (2020). Effects of animal grazing on favorable forage yield and quality of rangelands with different slope. *Turkish Journal of Field Crops*, 25(2):168-173. doi: 10.17557/TJFC.735570
- Smith, J. L., & Doran, J. W. (1996) Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis. In: Doran, J.W and Jones, A. J., Eds., *Methods For assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America Journal, SSSA, Madison, 49
- Soil and Water Research Institute of Iran (1991). *Multilateral Land Classification Guide (Multipurpose)*, Bulletin No. 212, Technical Publication No. 832, Agricultural and Natural Resources Research Organization, Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian)
- Stein, R. W., Mull, C. G., Kuhn, T. S., Aschliman, N. C., Davidson, L. N., Joy, J. B. & Mooers, A. O. (2018). Global priorities for conserving the evolutionary history of sharks, rays and chimaeras. *Nature ecology & evolution*, 2(2), 288-29
- Suleymanov, A., Gabbasova, I., Komissarov, M., Suleymanov, R., Garipov, T., Tuktarova, I., & Belan, L. (2023). Random Forest Modeling of Soil Properties in Saline Semi-Arid Areas. *Agriculture*, 13(5), 976. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050976>
- Swarthout, E. C. H., & Steidl, R. J. (2001). Flush responses of Mexican spotted owls to recreationists. *Journal of Wildlife management*, 65:312-17
- Swarthout, E. C. H., & Steidl, R. J. (2003). Experimental effects of hiking on breeding Mexican spotted owls. *Conservation Biology*, 17:307-15
- Sys, C., Vanranst, E., Debaveye, J. & Beernaret, F. (1993). *Land Evaluation. Part III: crop requirements*. Agricultural Publications n° 7, G.A.D.C., Brussels, Belgium, 1993, 191 p. <http://hdl.handle.net/1854/LU-233235>
- Sys, C., Vanranst, E., & Debaveye, J. (1991). *Land evaluation. Part I: Principels in land evaluation and crop production calculation*. General Administration for Development Cooperation. Agric. Pub. 1. No. 7. Brussels. Belgium
- Sys, C., Vanranst, E., & Debaveye, J. (1991). *Land evaluation. Part II: Methods in Land Evaluation*. General Administration for Development Cooperation. Agric. Pub. 1. No. 7. Brussels. Belgium
- Tilton, M. E., & Willard, E. E. (1982). Winter Habitat Selection by Mountain Sheep. *The Journal of Wildlife Management*, 46(2), 359–366. <https://doi.org/10.2307/3808647>
- Thomas, G.W. (1996) Soil pH and Soil Acidity. In: Sparks, D.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 475-490
- Tornero, C., Balasse, M., Bălăşescu, A., Chataigner, C., Gasparyan, B., & Montoya, C. (2016). The altitudinal mobility of wild sheep at the Epigravettian site of Kalavan 1 (Lesser Caucasus, Armenia): Evidence from a sequential isotopic analysis in tooth enamel. *Journal of human evolution*, 97, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2016.05.001>
- Tuomisto, H., & Poulsen, J. R. (2016). Soil and plant community composition as predictors of species distribution in tropical forests. *Ecology Letters*, 19(1), 1-12
- Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29-38
- Whannou, H. R. V., Afatondji, C. U., Linsoussi, C. A., Favi, G. A., Nguyen, T. T., Houinato, M. R. B., & Dossa, L. H. (2022). Morphological characterization and habitat suitability modeling of the goat population of Benin under climate change scenarios. *Ecological Processes*, 11(1), 4
- Yang, H., Viña, A., Tang, Y., Zhang, J., Wang, F., Zhao, Z., & Liu, J. (2017). Range-wide evaluation of wildlife habitat change: A demonstration using Giant Pandas. *Biological Conservation*, 213, 203-209
- Yeganeh Keya, Z., Faryadi, S., Yavari, A., Kamali, Y., & Shabani, A. (2016). Habitat Suitability & Connectivity of Alborz Wild Sheep in the East of Tehran, Iran. *Open Journal of Ecology*, 6, 325-342. doi: 10.4236/oje.2016.66032
- Yeomans, L., Martin, L., & Richter, T. (2017). Expansion of the known distribution of Asiatic mouflon (*Ovis orientalis*) in the Late Pleistocene of the Southern Levant. *Royal Society open science*, 4(8), 170409. <https://doi.org/10.1098/rsos.170409>
- Ziaie, H., (1996). *A field guide to the Mammals of Iran*. Department of Environment Publications, 267-272. Tehran, Iran. (In Persian)
- Zohary, M. (1973) *Geobotanical Foundations of the Middle East*. Vol. 1-2, Gustav Fischer Verlag Press, Stuttgart, Swets & Zeitlinger, Amsterdam
- Zuquim, G., Costa, F. R. C., Tuomisto, H., Moulatlet, G. M., & Figueiredo, F. O. G. (2020). The importance of soils in predicting the future of plant habitat suitability in a tropical forest. *Plant and Soil*, 450(1), 151–170. <https://doi.org/10.1007/S11104-018-03915-9>