



Habitat changes assessment of *Chlamydotis macqueenii* in South Khorasan, Iran using remote sensing

Amin Biabani¹ | Saeed Mohammadi²  | Mohsen Shahriari Moghadam³

1. Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.

2. Corresponding author, Department of Environmental Sciences, , Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: smohamadi@uoz.ac.ir

3. Department of Environmental Sciences, , Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, Iran.

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Objective: Satellite imagery and remote sensing technology, due to their cost-effectiveness and appropriate accuracy, are valuable tools for identifying land use and detecting changes. These technologies provide expanding opportunities for wildlife and habitat conservation across diverse spatial and temporal scales. The MacQueen's Houbara (<i>Chlamydotis macqueenii</i>), a resident of arid and semi-arid habitats, faces multiple threats such as hunting, illegal trade, trafficking, and habitat destruction, categorizing it as vulnerable (VU) on the conservation status list. This study aimed to identify and examine habitat changes for the MacQueen's Houbara in South Khorasan Province, Iran over three years: 2000, 2013, and 2023, in order to facilitate effective conservation efforts.
Article history: Received :20 March 2023 Revised: 20 April 2023 Accepted: 6 May 2023 Published: 10 June 2023	Methods: Using Google Earth Engine (GEE), satellite imagery data relevant to habitat factors and the species' presence were analyzed through classification methods.
Keywords: Biodiversity, Habitat, GEE, <i>Chlamydotis macqueenii</i>	Results: Findings revealed that potential habitats for this species have expanded by 33% over the study period. The habitat selection criteria and the GEE platform provided valuable insights into Houbara habitats, supporting efficient management and conservation strategies.
	Conclusions: Raising public awareness and involving local communities are also practical measures for protecting key habitats of this species within this region.

Cite this article: Biabani, A., Mohammadi, S., & Shahriari Moghadam, M. (2025). Habitat changes assessment of *Chlamydotis macqueenii* in South Khorasan, Iran using remote sensing. *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 5 (14), 1-20. <http://doi.org/10.22034/rsgi.2024.63909.1103>



© The Author(s).

Publisher: University of Tabriz.

DOI: <http://doi.org/10.22034/rsgi.2024.63909.1103>

Introduction

The *Chlamydotis macqueenii*, a vulnerable species inhabiting arid and semi-arid regions, faces significant threats from hunting, illegal trade, and habitat destruction. This study leverages satellite imagery and remote sensing technology to assess habitat changes in South Khorasan Province, Iran, over a 23-year period (2000–2023). The research aims to identify shifts in habitat suitability and support conservation strategies for this ecologically important bird species.

Materials and Methods

The study utilized Google Earth Engine (GEE) to analyze key habitat variables, including precipitation, temperature, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), wind speed, elevation, and slope. Data from satellite imagery (CHIRPS, MODIS, FLDAS, SRTM) were processed to classify habitat suitability. Field-collected GPS points (n=33) validated the presence of the species. The methodology involved preprocessing, classification, and change detection to map habitat changes across three time periods (2000, 2013, 2023).

Results

Findings revealed a 33% expansion in potential habitats, particularly in eastern South Khorasan. Key factors influencing habitat suitability included climatic conditions (e.g., annual precipitation: 61–124 mm) and land cover changes. Despite habitat expansion, anthropogenic pressures such as agricultural encroachment and climate variability pose ongoing risks. The study highlights the effectiveness of GEE in processing large-scale environmental data for conservation planning.

Conclusion

The integration of remote sensing and GEE provides a robust framework for monitoring habitat dynamics of the MacQueen's Houbara. The results underscore the need for targeted conservation measures, including habitat protection and community engagement, to mitigate threats. Future research should focus on linking habitat changes to population trends and exploring adaptive management strategies under climate change scenarios.



ارزیابی تغییرات زیستگاه هوبره آسیایی (*Chlamydotis macqueenii*) در خراسان جنوبی با استفاده از سنجش از دور

امین بیابانی^۱ | سعید محمدی^{۲*} | محسن شهریاری مقدم^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: aminbiyabani@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: smohammadi@uoz.ac.ir

۳. دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایانامه: mohsen.shahriari@uoz.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

متن چکیده

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و فناوری سنجش از دور، به علت ویژگی مقرون به صرفه بودن از نظر هزینه و زمان و در عین حال دارا بودن دقت مناسب، در شناسایی کاربری اراضی و تغییرات آن کاربرد دارد. سنجش از دور ماهواره‌ای و داده‌های حاصل از این فناوری، ابزار در حال گسترش برای حفاظت کارآمد حیات وحش و زیستگاه‌ها در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی است. هوبره آسیایی (*Chlamydotis macqueenii*) ساکن زیستگاه‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی با تهدیداتی مانند شکار، تجارت غیرقانونی، قاچاق و تخریب زیستگاه مواجه است و در فهرست پرندگان آسیب‌پذیر بشمار می‌رود. هدف از انجام این مطالعه شناسایی و بررسی تغییرات زیستگاهی هوبره آسیایی مربوط به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ در استان خراسان جنوبی به منظور پایش حفاظت موثر این گونه با ارزش است. بدین منظور اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای از عوامل مهم در پراکنش گونه به همراه نقاط حضور آن در روش طبقه‌بندی در بستر گوگل ارث‌انجین مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان که مساحت زیستگاه‌های بالقوه هوبره آسیایی در طول سال‌های مورد مطالعه روند افزایشی طی نموده است به طوری که وسعت آن‌ها ۳۳ درصد افزایش یافته است. معیارهای انتخاب شده موثر در انتخاب زیستگاه و پلتفرم گوگل ارث‌انجین می‌تواند تشریح مناسبی از وضعیت زیستگاه‌های هوبره آسیایی در استان برای مدیریت و حفاظت کارآمد فراهم نماید. شناسایی زیستگاه‌های مطلوب، افزایش آگاهی عمومی و همراه نمودن مردم محلی نیز از سایر اقدامات عملی برای حفاظت از زیستگاه‌های مهم این گونه است.

کلیدواژه‌ها:

تنوع زیستی،

زیستگاه،

هوبره آسیایی،

ایران،

گوگل ارث‌انجین.

استناد: بیابانی، امین؛ محمدی، سعید؛ و شهریاری مقدم، محسن (۱۴۰۴). ارزیابی تغییرات زیستگاه هوبره آسیایی (*Chlamydotis macqueenii*) در خراسان

جنوبی با استفاده از سنجش از دور. کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ۵ (۱۴)، ۱-۲۰.

<http://doi.org/00000000000000000000000000000000>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

شدت تغییرات الگوهای کاربری اراضی و پوشش گیاهی در ایران سرعت بیشتری نسبت به گذشته گرفته و سبب تخریب زیستگاه و کاهش جمعیت حیات وحش گردیده است. در این میان گونه‌های کمیاب، بومزاد، آسیب‌پذیر که دارای ارزش کارکردی هستند، در معرض تهدید بیشتر قرار گرفته‌اند (Soleimani and Hojati, 2018; Powers & Jetz, 2019). درک اینکه گونه‌ها در کجا و در چه زمانی وجود دارند، یک سوال اساسی در بوم‌شناسی است. تشخیص گونه‌ها و مکان‌هایی که در خطر ریسک تخریب و تکه‌تکه شدن زیستگاه هستند یک اولویت کلیدی در مدیریت تنوع زیستی محسوب می‌شود (Hamidi et al., 2018; Su et al., 2021). داده‌های سنجش از دوری به دلیل داشتن اطلاعات طیفی، مکانی و زمانی از پدیده‌های سطح زمین، کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف از جمله آشکارسازی اهداف برخورد دارند (Hatami Shah Khali et al., 2022; Dahmardeh, 2023; Pahlavan et al., 2023).

امروزه مدل‌های جدید در یادگیری ماشین و پلتفرم‌های مدیریت و پردازش داده، دقت و سرعت تولید نقشه‌های تغییرات زیستگاه‌های حیات وحش را بهبود بخشیده است. با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل شاخص‌های سنجش از دور می‌توان تاثیر فاکتورهای زیستگاهی بر جابجایی و توزیع جانوران را مورد پایش قرار داد. به منظور درک میزان تغییرات و پیش-بینی عواقب از بین رفتن گونه‌ها و کاهش تنوع زیستی و همچنین ارزیابی تاثیر مخرب کاهش پایداری اکوسیستم‌ها بر آن‌ها، پژوهش‌های بسیاری اجرا شده است (Quesnelle et al., 2013, Blandón et al., 2016, Keinath et al., 2017; Xu et al., 2018). در مجموع، پایش تغییر شامل بکارگیری یکسری داده‌های چندزمانه جهت تحلیل کمی تاثیرات زمانی روی پدیده‌ها است. به دلیل کسب مکرر داده‌ها، دید سینوپتیک و فرمت رقومی مناسب برای پردازش رایانه‌ای، داده‌های سنجش از دور به مهم‌ترین منابع داده برای کاربردهای مختلف پایش تغییر تبدیل شده‌اند (Arekhi and Niazi, 2014). سامانه گوگل ارث انجین (GEE) امکانات پژوهشی جدیدی را برای پژوهشگران حوزه سنجش از دور ایجاد کرده است و با هزاران مجموعه داده و الگوریتم در یک پلتفرم آنلاین واحد، زمان پردازش داده‌ها را کاسته و کارایی محاسبات را بهبود بخشیده است (Tamiminia et al., 2020). تکنیک‌های سنجش از دور به طور فزاینده‌ای در دانش پرورنده‌شناسی جهت ارزیابی و مدل‌سازی زیستگاه، برنامه‌های پایش و به طور کلی اهداف مدیریت و حفاظت حیات وحش استفاده می‌شود (Gottschackl et al., 2005).

پرنندگان به عنوان یک مدل خوب برای نشانگرهای کیفیت تنوع زیستی به تغییرات زیستگاه در نظر گرفته می‌شوند. این گونه‌ها به تغییرات ساختار و ترکیب زیستگاه حساس هستند و به متغیرها در مقیاس خرد مانند ساختار پوشش گیاهی نیز قویا پاسخ می‌دهند (Zhang and Ma, 2011). Liu و همکاران (۲۰۱۰) تغییرات جامعه گیاهی گونه *Suaeda glauca* را در زیستگاه سه گونه پرنده آبی در پناهگاه حیات وحش Yancheng کشور چین طی سه دوره (۲۰۰۷-۲۰۰۲-۱۹۹۲) مورد مطالعه قرار داده‌اند. Debela و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از این سامانه به ارزیابی زیستگاه مرغابی‌سانان زمستان‌گذران دریاچه پویانگ چین طی دوره ۲۰۱۵ الی ۲۰۱۹ پرداختند. نتایج این مطالعه تغییرات جزئی در زیستگاه‌های مطلوب نشان داد. GEE شرایط مناسب پردازش تصاویر ماهواره‌ای برای پایش و تحلیل محیطی را ایجاد می‌کند. یکی از روش‌های پرکاربرد استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، طبقه‌بندی است که به کاربران امکان تولید اطلاعات مختلف را می‌دهد. تصاویر ماهواره‌ای مجموعه داده‌های جهانی قابل دسترسی را در مقیاس‌های فضایی و زمانی مختلف ارائه می‌دهند. برای تفکیک پدیده‌های موضوعی و استخراج دقیق اطلاعات، با توجه به نوع روش طبقه‌بندی، منطقه مورد مطالعه، ویژگی‌های نقاط تعلیمی و نقاط کنترل زمینی نتایج متفاوتی حاصل می‌شود (Asghari Sareskanroud and Sharifi Tularoud, 2024). بدست آوردن مکرر داده‌ها در طول زمان در سنجش از دور مهم‌ترین ویژگی می‌باشد که می‌تواند در شناخت و بررسی تغییرات موثر باشد (Chen et al., 2021). پیش‌بینی و پایش شرایط زیستگاه‌ها با استفاده از سنجش از دور رشد فزاینده‌ای داشته و روش‌های متنوعی برای این مهم توسعه داده شده است. اما همچنان به دلیل پیچیدگی زیاد اکوسیستم‌ها با وجود گسترش دانش در زمینه سنجش از دور،

توانایی درک چگونگی تغییر تنوع زیستی و پیش‌بینی پیامدهای بلندمدت تغییرات زیست‌محیطی بر تنوع زیستی ابتدایی باقی مانده است. Islam و همکاران (۲۰۱۸) طبقه‌بندی کاربری زمین و تشخیص میزان تغییرات را با بهره‌گیری از تصاویر سنجش از راه دور در پناهگاه حیات‌وحش Chunati بنگلادش را بررسی کردند. منطقه مورد اشاره از دهه ۱۹۸۰ دستخوش تغییرات کاربری مختلف شده است که تغییرات کاربری اراضی از سال ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ با استفاده از لندست TM و لندست ۸ شامل OLI/TIRS مورد ارزیابی قرار گرفت.

هوبره آسیایی (*Chlamydotis macqueenii*) از راسته درناسانان و خانواده هوبره، به صورت نیمه‌مهاجر در زیستگاه‌های خشک، نیمه‌خشک و استپی از چین تا شبه جزیره عربستان پراکندگی دارد. این پرنده از گونه‌های شاخص زیستگاه‌های استپی ایران است (Malekian and Meijoni Jablbaraz, 2023). بخش‌های وسیعی از شرق، جنوب و مرکز فلات ایران، در برگرفته زیستگاه‌های زمستان‌گذرانی و جوجه‌آوری این گونه است (Yousefi et al., 2017). طی سال‌های اخیر جمعیت‌های این گونه با تهدیدات جدی مانند شکار غیرمجاز، زنده‌گیری، قاچاق و جمع‌آوری تخم‌ها، قوش‌بازی و تخریب زیستگاه مواجهند و به سرعت در حال کاهش هستند (Yousefi et al., 2017; Pakniat et al., 2021). به همین دلیل وضعیت حفاظتی این گونه توسط اتحادیه جهانی حفاظت (IUCN) آسیب‌پذیر (VU) برآورد شده است (Haghani et al., 2016). همچنین در ضمیمه یک کنوانسیون منع تجارت بین‌المللی گونه‌های در معرض خطر انقراض (CITES) قرار داد. در ایران در لیست پرندگان در معرض خطر انقراض فهرست شده و دارای ارزش حفاظتی است (Kaboli et al., 2019). با توجه به وضعیت حفاظتی این گونه و روند کاهشی جمعیت آن، مدیریت زیستگاه‌های فعلی هوبره آسیایی در ایران از اهمیت بالایی برخوردار است. استان خراسان جنوبی دارای زیستگاه‌های مناسب برای این گونه می‌باشد. همجواری و مرز مشترک این استان با افغانستان، تهدید تجارت غیرقانونی و قاچاق این پرنده توسط متخلفین را سبب شده که نیاز به مدیریت بیشتر دارد. با این وجود در خصوص روند تغییرات کمی و کیفی این زیستگاه‌ها تا کنون مطالعه‌ای انجام نشده است (Pakniat et al., 2021; Haghani et al., 2016). مقاله حاضر برای نخستین بار تغییرات زیستگاه هوبره آسیایی را در این استان با استفاده از تکنیک‌های داده‌کاوی مورد بررسی قرار می‌دهد.

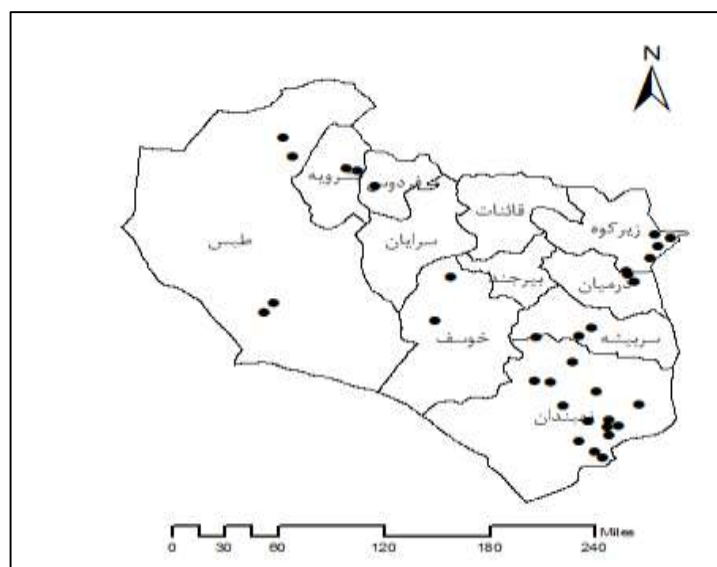
روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان جنوبی با مساحت حدود ۱۵۷۰۰۰ کیلومتر مربع به عنوان دومین استان بیابانی کشور در شرق ایران بین ۵۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۴/۶ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). میانگین سالانه بارش و دما در استان به ترتیب ۱۵۵ میلی متر و ۱۷/۵ درجه سانتی‌گراد است. استان خراسان جنوبی دارای هفت منطقه حفاظت‌شده، سه پناهگاه حیات‌وحش و شش منطقه شکارممنوع است و دارای طیف گسترده‌ای از اکوسیستم‌ها و زیستگاه‌هایی است که موجب غنای جانوری آن است. تا کنون ۲۶۹ گونه پرنده برای این استان شناسایی شده است.

¹- Vulnerable

²-Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora

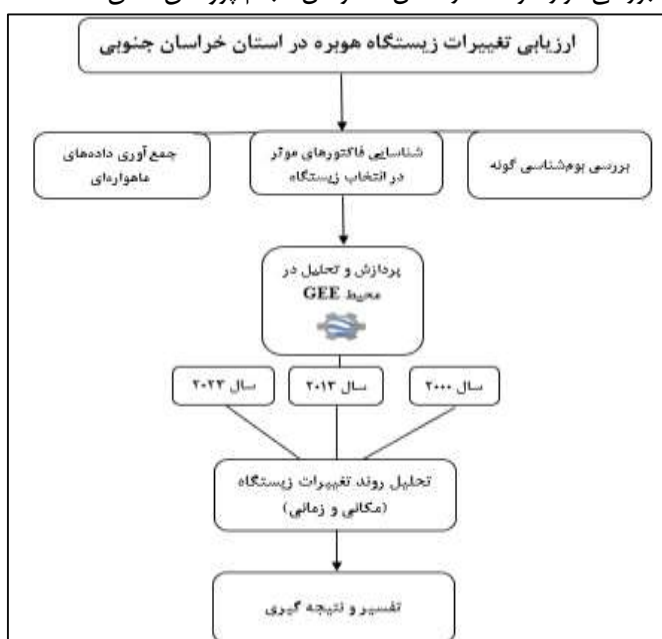


شکل ۱. محدوده استان خراسان جنوبی و نقاط حضور هوبره آسیایی (●)

Fig. 1- Study area and occurrence points of MacQueen's bustard in South Khorasan Province

داده‌های مورد استفاده

با توجه به مرور منابع علمی موجود در خصوص بوم‌شناسی و زیست‌شناسی هوبره (*C. macqueenii*) (Aghaniajafi-Zadeh et al., 2010; Haghani et al., 2016; Yousefi et al., 2017; Pakniat et al., 2021)، در این مطالعه به منظور بررسی تغییرات زیستگاه‌های بالقوه از مهم‌ترین معیارهای انتخاب زیستگاه هوبره مانند معیارهای بارندگی، دما، شاخص نرمال شده گیاهی (NDVI)، سرعت باد، ارتفاع و شیب استفاده شده است. در این مطالعه تصاویر ماهواره‌ای سه دوره زمانی به تفکیک برای سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳ مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ مراحل انجام پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۲. محدوده استان خراسان جنوبی

Fig. 2- study procedure

روش اجرای پژوهش

در این تحقیق اجرای کلیه تحلیل‌ها در محیط گوگل ارث‌انجین پیاده‌سازی گردید. تصاویر ماهواره‌ای بر حسب نوع آیت‌مدنظر در بازه زمانی میانگین سالانه اخذ شد و با توجه به کیفیت تصویر، عدم وجود پوشش ابر بر روی منطقه مورد بررسی و کمترین تأثیر از جزر و مد، انتخاب شد. همچنین تعداد ۳۳ نقطه برداشت شده توسط دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) در مناطق مختلف استان خراسان جنوبی از حضور گونه یا نمایه‌های آن در سال ۱۴۰۳ برای ارزیابی صحت نقشه تولیدی حاصل از پردازش تصویر استفاده شد (شکل ۱). پیش‌پردازش‌های لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای از قبیل تصحیحات رادیومتریک و تصحیح هندسی نیز در بانک اطلاعاتی موجود در محیط گوگل ارث‌انجین صورت گرفت. پس از اعمال پیش‌پردازش‌ها بر روی تصاویر مربوط به هر یک از شاخص‌های انتخاب شده پایش تغییرات بررسی شد (Soleimani Parapari Azad and Kherkhah Zarkesh, 2024). بر اساس نقاط حضور گونه، مقادیر بیشینه و کمینه بهینه برای پراکنش هویره در متغیرهای مختلف شناسایی شده است. برای بدست آوردن داده‌های بارش منطقه از تصاویر ماهواره‌ای (CHIPRS Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station data) در سامانه گوگل ارث‌انجین استفاده شده است که دارای قدرت تفکیک مکانی به اندازه هر پیکسل ۵۶۵۶ متر می‌باشد که داده بارش را به صورت روزانه ارائه می‌دهد (Funk et al., 2015). این پارامتر به صورت مجموع بارش در سال حساب شده است. همچنین تصویر تولیدات ماهواره‌ای مودیس مربوط به دمای سطح زمین (LST; Land Surface Temperature) (MOD11A2) با دقت مکانی ۱۰۰۰ متری با فاصله زمانی یک روزه استخراج گردید که به صورت آماده و حاصل از اعمال تصحیحات مربوط به شرایط جوی بر روی تصاویر خام می‌باشند. این متغیر به صورت میانگین شرایط سالانه محاسبه شده است. برای بررسی شرایط پوشش گیاهی و پوشش زمین از شاخص نرمال شده گیاهی (NDVI) بر اساس تصاویر ماهواره ترانسجند مودیس (MODIS3A2) بدست می‌آید، استفاده شد. شاخص NDVI برای پایش تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد. این شاخص رایج‌ترین شاخص پوشش گیاهی برای ارزیابی مقدار و شرایط پوشش گیاهی می‌باشد که به شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی است، به طوری که در مناطق خشک و نیمه‌خشک این تأثیر شدیدتر است. این متغیر به صورت میانگین شرایط سالانه محاسبه شده است. این تصاویر پیکسل سائز ۵۰۰ متری دارند. برای اندازه‌گیری سرعت باد در سطح زمین از مجموعه داده‌های FLDAS پردازش و استفاده شده است که دارای پیکسل سائز ۱۱۱۳۲ می‌باشد. در این مطالعه در سامانه گوگل ارث‌انجین برای اندازه‌گیری این متغیر به صورت میانگین درازمدت استفاده شده است. به منظور بدست آوردن ارتفاع و شیب منطقه از مدل رقومی ارتفاعی ماموریت توپوگرافی رادار شاتل (SRTM) استفاده شده است. این تصاویر دارای پیکسل سائز ۳۰ متری می‌باشد. هنگامی که داده‌های لندست با داده‌های رقومی ارتفاع تلفیق شود کاربری‌های مختلف قابل مقایسه بوده و در نتیجه وضعیت زیستگاه را می‌توان پیش‌بینی نمود (Malekian and Jafari, 2012). در نهایت با استفاده از تصاویر حاصل از طبقه‌بندی و الگوریتم آشکارسازی تغییرات زیستگاه گونه مورد مطالعه برای دوره ۲۳ ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ مشخص گردید (جدول ۱). در این روش اطلاعات مربوط به تغییرات "از-به" یعنی از نوع مشخصی از پوشش اراضی به نوع دیگری از آن و همچنین نوع تغییرات چشم‌انداز به آسانی می‌تواند محاسبه شده و به صورت نقشه نمایش داده شود.

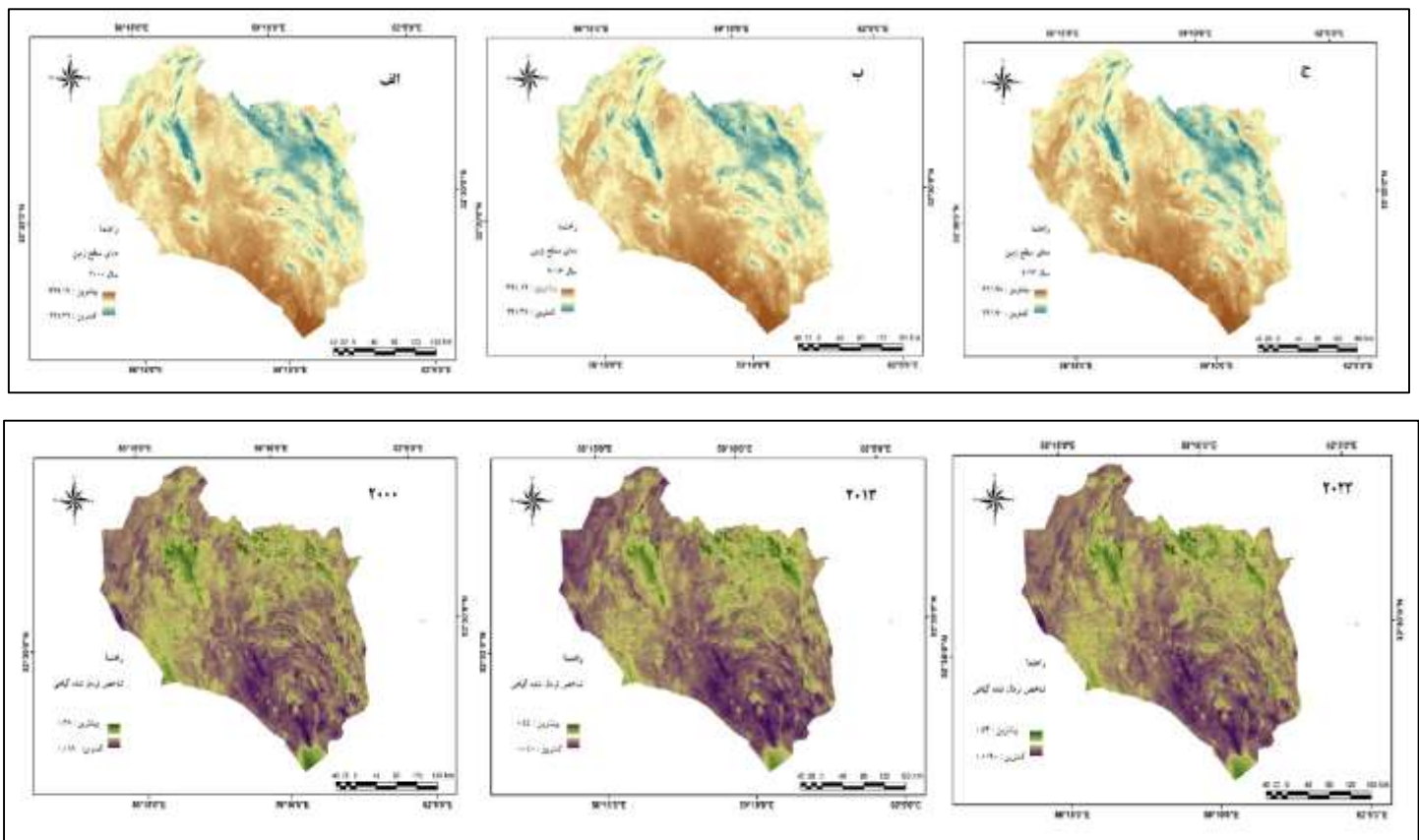
¹ -Normalized Difference Vegetation Index

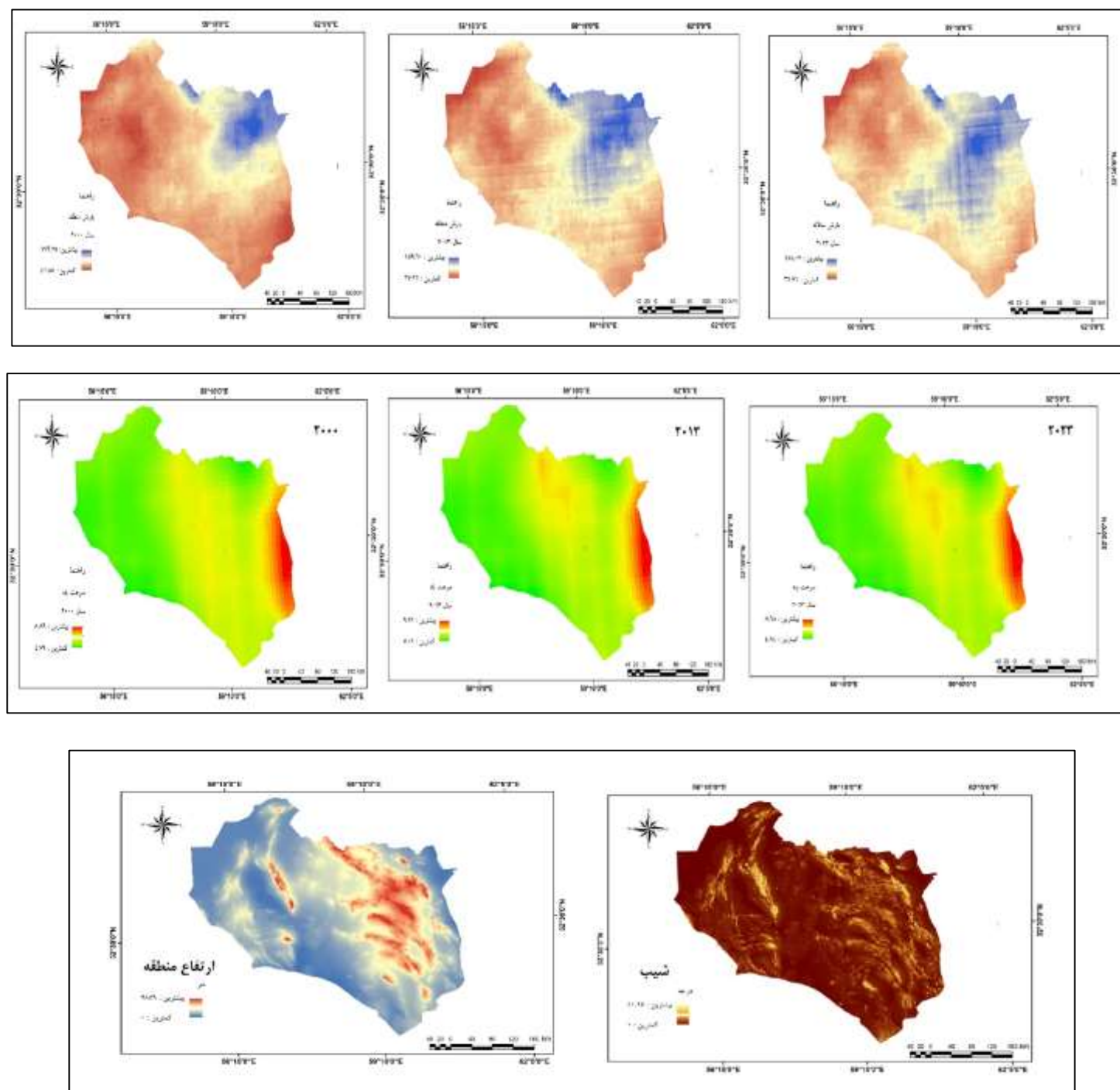
جدول ۱. مشخصات داده‌های مطالعه

نوع داده‌ها	منبع داده	وضوح مکانی	نوع پردازش	کد داده در GEE
بارش	CHIRPS	۵۶۵۶ متر	جمع سالانه	CHIRPS/DAILY
دمای سطح زمین (LST)	MOD11A2	۱۰۰۰ متر	آماده با تصحیحات	MODIS/006/MOD11A2
شاخص پوشش گیاهی (NDVI)	MOD13A2	۵۰۰ متر	میانگین سالانه	MODIS/006/MOD13A2
سرعت باد	FLDAS	۱۱۱۳۲ متر	میانگین بلندمدت	NASA/FLADS/NOAH01/C/GL/M/V001
ارتفاع و شیب	SRTM	۳۰ متر	-	USGS/SRTMGL1/003

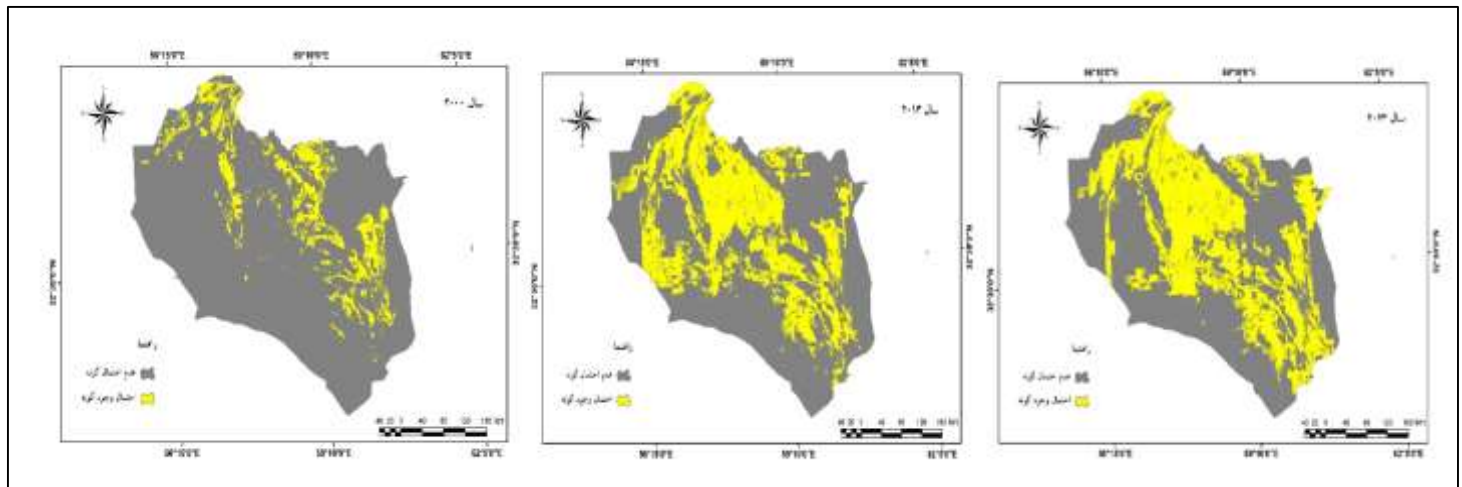
نتایج و بحث

در این مطالعه با توجه به روند تغییرات متغیرهای مورد استفاده در استان خراسان جنوبی سناریوهای تغییرات توزیع گونه در دوره‌های زمانی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۳). بر اساس نقاط مشاهده گونه میزان حداکثر و حداقل برای متغیرهای مختلف تعریف شده است. تغییرات اساسی در وسعت زیستگاه‌های گونه در سطح استان در فاصله سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ رخ داده که نشان از افزایش مساحت زیستگاه‌های مطلوب دارد (شکل ۴). با توجه به نتایج و بررسی روند تغییرات متغیرها در یک دوره ۲۳ ساله در استان خراسان جنوبی مطلوبیت زیستگاه‌های هویره آسیایی به طور بالقوه افزایش داشته‌اند. نکته مهم، وجود شرایط مستعد در مناطق شرقی در مقایسه با غرب استان است. تغییرات مساحت زیستگاه‌های هویره نیز در شکل ۵ نمایش داده شده است.

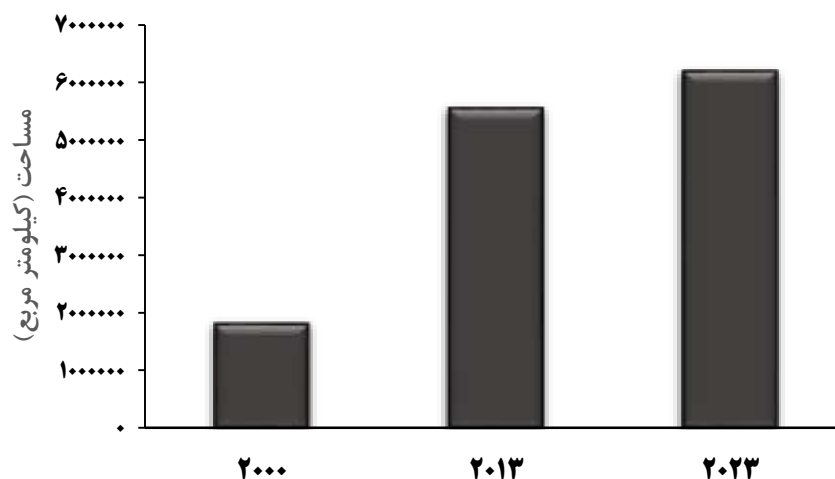




شکل ۳. نقشه‌های طبقه‌بندی شده متغیرهای مورد استفاده جهت مدل‌سازی توزیع گونه در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳
Fig. 3. Classified maps of variables used to model species distribution in 2000, 2013 and 2023



شکل ۴. نقشه‌های طبقه‌بندی شده توزیع گونه در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳
 Fig 4. Classified maps of species distribution in 2000, 2013 and 2023



شکل ۵. تغییرات وسعت زیستگاه‌های بالقوه هوبره در سه دوره ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۳
 Fig 5. Changes in the extent of potential habitats of Houbara bustard in 2000, 2013 and 2023

طی گذشت سال‌ها از اجرای برنامه‌های حفاظتی، زیست‌شناسان حفاظت به این نتیجه رسیده‌اند که برای حفاظت مؤثر، علاوه بر گونه، زیستگاه آن نیز باید مورد حفاظت قرار گیرد. چرا که در گستره طبیعت هیچ چیز به خودی خود مستقل از سایر اجزا نمی‌تواند وجود داشته باشد و بقای همه به یکدیگر گره خورده است (Kaboodvandpour & Shiriazar, 2019). تغییرات زیستگاهی در عرصه‌های طبیعی، زیستگاه در دسترس بسیاری از گونه‌های جانوری را کاهش داده است (Khosravi et al., 2022). تغییر در کاربری/پوشش اراضی یکی از عوامل مؤثر بر تغییرات زیستگاهی است که اثرات معنی‌داری بر پراکنش حیات وحش دارد. بنابراین پایش تغییرات پوشش اراضی و تاثیر تغییرات صورت گرفته بر تخریب زیستگاه گام اساسی در درک روابط متقابل بین فعالیت‌های انسانی و محیط پیرامونی است. پایش ارزیابی تغییرات زیستگاه‌های حیات وحش خصوصاً گونه‌های در معرض تهدید با استفاده از ابزارها و نرم‌افزارهای قدیمی هزینه‌بر و وقت‌گیر است. روش‌های قدیمی پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش با الگوریتم‌های یادگیری ماشینی جدید که در پلتفرم‌های داده‌های بزرگ رایانش ابری مانند گوگل ارث انجین تعبیه شده جایگزین شده است (Xiong et al., 2017).

داده‌های سنجش از دور به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند پوشش وسیع، به هنگام بودن، تکرار در سال‌های متوالی، توان تفکیک طیفی، فرمت رقومی و امکان پردازش رایانه‌ای از پتانسیل بالایی برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش و کاربری اراضی برخوردار هستند (Darvishi et al., 2014). انتخاب روش طبقه‌بندی مناسب نقش زیادی در کارایی تهیه نقشه‌های موضوعی دارد (Alimohammadi et al., 2009). Jafari و همکاران (۲۰۱۱) با توسعه مدل مفهومی مبتنی بر الگوریتم درخت تصمیم‌گیری و داده کاوری برای آشکارسازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر سنجنده TM در شهرستان بویراحمد طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ را مورد بررسی قرار داده‌اند.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر حاکی از آن است طی یک دوره ۲۳ ساله حدوداً ۴۵۰۰ کیلومترمربع بر وسعت زیستگاه‌های مطلوب هوبره آسیایی در استان افزوده شده است که البته عوامل مختلفی مانند خشکسالی، افزایش دما و تغییرات اقلیمی دخیل‌اند. متغیرهای شیب و عوامل اقلیمی مانند میانگین دمای سردترین فصل و میانگین بارندگی سالانه از عوامل مهم انتخاب زیستگاه هوبره‌های زمستان‌گذاران در فلات مرکزی ایران هستند (Pakniat et al., 2016). دامنه میزان بارش سالانه در زیستگاه‌های بالقوه در استان خراسان جنوبی حدود ۶۱ تا ۱۲۴ میلی‌متر برآورد شد. در مطالعه Pakniat و همکاران (۲۰۱۶) گستردگی زیستگاه‌های بالقوه و مطلوب هوبره در خارج از مناطق حفاظت‌شده در مقایسه با داخل مناطق حفاظت‌شده و شکارممنوع بیشتر گزارش شده است. Darvishi و همکاران (۲۰۱۴) تغییرات الگوهای مکانی زیستگاه سیاه خروس (*Tetrao mlokosiewiczii*) را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده‌های TM و ETM+ طی دوره ۲۴ ساله مورد تحلیل قرار داده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد نسبت اراضی جنگلی و علفزار طی ۲۴ سال گذشته کاهش یافته اما وسعت گون‌زار افزایش پنج برابری داشته است. همچنین Yousefi و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر زیستگاه‌های زمستان‌گذاران هوبره در آینده، خاطر نشان داشتند وسعت زیستگاه‌های مطلوب افزایش پیدا خواهد کرد. این نکته مهم شایان ذکر است که افزایش وسعت زیستگاه‌های بالقوه مطلوب الزاماً به معنی حفاظت کارآمد و افزایش جمعیت گونه مورد مطالعه نیست، چه بسا که طی این بازه زمانی جمعیت فعلی هوبره در این منطقه کاهش قابل توجهی داشته که نیازمند بررسی جامع علمی است. یکی از عوامل مهم در ارتباط با تغییرات وسعت زیستگاه گونه می‌تواند به تغییرات الگوی کشاورزی روستاییان باشد که طی خشکسالی‌های متوالی در بسیاری از مناطق گسترش اراضی کشاورزی داشته‌اند و بر وسعت مناطق دشتی منطقه افزوده شده است که با نتایج Pakniat و همکاران (۲۰۱۶) مبنی بر تأثیر مهم مزارع کشاورزی بر حضور جمعیت‌های هوبره مطابقت دارد. در مطالعه Iverson و همکاران (۲۰۲۳) از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS به منظور استخراج شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده بررسی تغییرات پوشش گیاهی استفاده شده است. از داده‌های شاخص NDVI و اطلاعات پوشش زمین برای ارزیابی انتخاب زیستگاه توسط *Zonotrichia atricapilla* که در آمریکای شمالی پراکنش دارد در طول مهاجرت استفاده شده است. این پژوهش با تحلیل ارتباط میان تغییرات پوشش گیاهی و ترجیحات زیستگاهی گونه مورد مطالعه، بر الگوهای مهاجرتی تمرکز دارد. نتایج نشان می‌دهد که شاخص NDVI به طور مؤثر قادر به ردیابی تغییرات پوشش گیاهی است و این تغییرات بر مناسب بودن زیستگاه‌ها برای پرندگان مهاجر تأثیرگذار است.

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه آرشیو لندست حاوی بیش از سه دهه تصاویر رصد زمین است، فرصتی منحصر به فرد برای نظارت تغییرات سالانه پراکنش گونه‌ها و وضعیت زیستگاه‌ها است که می‌توان به کمک آن به ارتقای حفاظت کمک نمود. افزایش در وسعت زیستگاه‌های بالقوه، احتمالاً به علت بهبود یا تغییر در شرایط زیست‌محیطی منطقه است که می‌تواند در مدیریت بهتر و برنامه‌ریزی دقیق‌تر برای حفاظت از این گونه آسیب‌پذیر نقش مهمی ایفا کند. علاوه بر این، معیارهای زیستگاهی به‌دست‌آمده از این تحلیل‌ها می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری درباره عوامل مؤثر بر پراکندگی و بقا این گونه ارائه کند. همچنین، از آنجا که حفاظت از گونه‌های حیات‌وحش نیازمند تعاملات و همکاری‌های جامعه محلی است، تلاش برای توسعه دانش و آگاه‌سازی عمومی و جذب حمایت مردم بومی منطقه و همچنین جلوگیری از تغییرات احتمالی کاربری این مناطق می‌تواند به حفظ زیستگاه‌های

حساس و کاهش تهدیدات انسانی کمک شایانی کند. به طور کلی، این پژوهش نشان می‌دهد که بهره‌گیری از داده‌های سنجش از دور همراه با یک پلتفرم قدرتمند مانند گوگل ارث‌انجین، می‌تواند ابزار مؤثری برای پایش و مدیریت پایدار زیستگاه‌های گونه‌های در معرض خطر باشند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد بوده و بدینوسیله از پرسنل اداره حفاظت محیط زیست استان خراسان جنوبی تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Arekhi, S., & Niazi, Y. (2014). Comparing various techniques for land use-cover change detection using RS and GIS (Case study: Daresher Catchment, Ilam province). *RS & GIS for Natural Resources*, 5: 13-28. (In Persian).
- Aghaniajafi-Zadeh, S.H.; Hemami, M.R.; Karami, M. & Dolman., P.M. (2010). Wintering habitat use by houbara bustard (*Chlamydotis macquenii*) in steps of Harat central Iran. *Journal of Arid Environment*, 77, 219-217.
- AliMohammadi, S., Pashaii aval, A., Shtay jooybari, Sh. & Parsaei, L. (2009). Iran efficiency assessment of landslide hazard zonation in the watershed Sydklath Rummy. *Journal of Soil and Water Conservation Research*, 16 (1), 59-78.
- Asghari Sareskanroud, S., & Sharifi Tularoud, H. (2024). Remote Sensing Used to Detect Changes in Land Use and Forest Cover (A Case Study of Astara City). *Journal of Land Management (Soil and Water Science)*, 11(2), 195-208.
- Blandón, A.C., Perelman, S.B., Ramírez, M., López, A., Javier, O., & Robbins, C.S., (2016). Temporal bird community dynamics are strongly affected by landscape fragmentation in a Central American tropical forest region. *Biodiversity Conservation*. 25, 311–330.
- Chen, Y., Cao, R., Liu, L., & Matsushita, B. (2021). A practical approach to reconstruct high-quality Landsat NDVI time-series data by gap filling and the Savitzky–Golay filter. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 180, 174-190.
- Dahmardeh Pahlavan, M., Shahriari Moghadam, M., Maleki Najafabadi, S., & Rahdari, V. 2023. Investigating Land Cover Changes Using Landscape Metrics on the Coasts of Chabahar. *Environment and Interdisciplinary Development*, 8(81), 62-77. (In Persian).
- Darvishi A, Fakheran S, Soffianian A, & Ghorbani M. 2014. Quantifying Landscape Spatial Pattern Changes in the Caucasian Black Grouse (*Tetrao mlokosiewiczi*) Habitat in Arasbaran Biosphere Reserve. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2 (5), 27-38. (In Persian).
- Debela, M. T., Wu, Q., Li, Z., Sun, X., Omeno, O., & Li, Y. (2021). Habitat suitability assessment of wintering herbivorous Anseriformes in Poyang Lake, China. *Diversity*, 13(4), 171.
- Haghani, A., Aliabadian, M., Sarhangzadeh, J., & Setoodeh, A. (2016). Seasonal habitat suitability modeling and factors affecting the distribution of Asian Houbara in East Iran. *Heliyon* 2, e00142.

Hamidi, K., Mohammadi, S., Eskandarzadeh, N. (2018). How will climate change affect the temporal and spatial distributions of a reservoir host, the Indian gerbil (*Tatera indica*), and the spread of zoonotic diseases that it carries? *Evolutionary Ecology Research*, 19: 215-226.

Hatami Shah Khali, S.M., Sharifi Hashjin, Sh., Nasiri Aghajan, F. & Emami, S.F. (2022). Land cover mapping of the Soomesara city using time series of satellite imagery. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 30(4), 365-382.

Islam, K., Jashimuddin, M., Nath, B., & Nath, T. K. (2018). Land use classification and change detection by using multi-temporal remotely sensed imagery: The case of Chunati wildlife sanctuary, Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(1), 37-47.

Iverson, AR., Humple, DL., Cormier, RL., Hull, J. (2023). Land cover and NDVI are important predictors in habitat selection along migration for the Golden crowned Sparrow, a temperate-zone migrating songbird. *Movement Ecology*, 11: 2.

Jafari, HR., Hamzeh, M., Nasiri, H., & Rafii, Y. (2011). Developing Decision Tree and Data Mining Based Conceptual Model for Detecting Land Cover Changes Using TM Images and Ancillary data. *Environmental Sciences*, 8, 1-20.

Kaboli, M. Aliabadian, M., Tohidifar, M., Hashemi, AR., & Case, R. (2016). *Atlas of Birds of Iran*. First edition, 628 p.

Kaboodvandpour, S., & Shiriazar, J. (2019). Modeling the habitat desirability of the *Tetrao mlokosiewiczii* in Arsbaran Biosphere Reserve using the maximum entropy method. 4th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran. 14-16 August. 2019, Tabriz Islamic Art University In cooperation with Shiraz University and Yasouj University. (In Persian).

Keinath, D.A., Doak, D.F., Hodges, K.E., Prugh, L.R., Fagan, W., Sekercioglu, C.H., Buchart, S.H.M., & Kauffman, M. (2017). A global analysis of traits predicting species sensitivity to habitat fragmentation. *Global Ecology of Biogeography*, 26, 115–127.

Khosravi, R., Pourghasemi, HR., & Movaseghi, Y. (2022). Assessing landuse changes in areas with high risk of human-Brown Bear conflict in Fars Province. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 11, 51-64. (In Persian).

Liu, C. Y.; Sun, Y.; Liu, L. F.; & Zhang, S. Q. (2010). 3S-based wetland habitat information management system in Songnen Plain, China, UNEP/GEF Siberian Crane Wetland Project-Project Completion Workshop Proceedings: 1–10.

Malekian, M., & Jafari, R. (2012). Application of remote sensing technology in biodiversity protection. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 80: 18-22. (In Persian).

Malekian, M., & Meijoni Jabalbarez, M. (2023). Strategic conservation planning in steppe areas based on indicator species (case study: Asian houbara in the south of Kerman Province) (Research Paper). *Journal of Arid Biome*, 13(2), 95-105.

Pakniat, D., Homami, M R., Maleki, S., & Tohidi, M. (2016). The Influence of Environmental Factors on the Distribution of Wintering Populations of Asian Houbara Bustard *Chlamydotis Macqueenii* in Central Iranian Plateau. *Iranian Journal of Applied Ecology*; 5 (17) :77-89. (In Persian).

Pakniat, D., Hemami, M., Shahnasari, G., Maleki, S., Adibi, M., Besmeli, M., & Tohidi, M. (2021). The potential distribution of wintering and breeding populations of Asian Houbara *Chlamydotis macqueenii* in Iran. *Bird Conservation International*, 31(1), 151-165.

Quesnelle, P.E., Fahrig, L., & Lindsay, K.E. (2013). Effects of habitat loss, habitat configuration and matrix composition on declining wetland species. *Biological Conservation*, 160, 200–208.

Soleimani, A., & Hojati, M. (2018). Investigation and Quantification of Variations of Landscape Measures using Remote Sensing and Biodiversity Indices (Case Study: Dez Protected Area). *Human and Environment*, 46, 65-76.

Soleimani Parapari Azad, M., & Kherkhah Zarkesh, M. (2024). Monitoring of land use changes based on Decision Tree algorithm using multi-temporal Landsat satellite images and auxiliary data, case study: Western area of Tehran. *Watershed Engineering and Management*, Accepted Manuscript, August 2024.

Su, X., Shen, Y., Zhou, W., Liu, Y., Cheng, H., Yang, M., Zhou, S., Zhao, J., Wan, L., & Liu, G. (2022). Land-use changes conservation network of an endangered primate (*Rhinopithecus bieti*) in the past 30 years in China. *Diversity and Distributions*, 28: 2898–2911.

Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B., (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: a meta-analysis and systematic review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 164, 152–170.

Xiong, J., Thenkabail, P. S., Tilton, J. C., Gumma, M. K., Teluguntla, P., Oliphant, A., Congalton, R.G., Yadav, K., & Gorelick, N. (2017). Nominal 30-m cropland extent map of continental Africa by integrating pixelbased and object-based algorithms using Sentinel-2 and Landsat-8 data on Google Earth Engine. *Remote Sensing*, 9(10), 1065.

Xu, X., Xie, Y., Qi, K., & Wang, X. (2018). Detecting the response of bird communities and biodiversity to habitat loss and fragmentation due to urbanization. *Science of the Total Environment*, 624, 1561–1576.

Yousefi, M., Ahmadi, M., Nourani, E., Rezaei, A., Kafash, A., Khani, A., Sehhatiasabet, M. E., Adibi, M. A., Goudarzi, F. & Kaboli, M. (2017). Habitat suitability and impacts of climate change on the distribution of wintering population of Asian Houbara Bustard *Chlamydotis macqueenii* in Iran. *Bird Conservation International*, 27(2), 294–304.

Zhang, W., & Ma, JZ. (2011). Waterbirds as bioindicators of wetland heavy metal pollution. *Procedia Environmental Sciences*, 10, 2769-2774.

References

for spatial evaluation of groundwater quality variables. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124206.

-020-02577-6

. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152086>