



## Original Research Paper

# Impacts of climate change on the Asiatic cheetahs' (*Acinonyx jubatus venaticus*) habitat (case study: Touran Protected Complex)

Negar Najafi Siavashan, Abdolrassoul Salmanmahiny\*, Hossein Varasteh Moradi

Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

### Key Words

Asiatic Cheetah  
Climate Change  
Habitat Assessment  
R Software  
Modelling

### Abstract

**Introduction:** Climate change is known as one of the main reasons biodiversity loss and natural ecosystems destruction. Carnivores are strongly affected by habitat changes, due to their large home range and low population density, and they are often forced to change their distribution to unsuitable habitats. One of the important carnivores is Asiatic cheetah, which there are probably only less than 40 left in Iran.

**Materials and Methods:** The purpose of this research is to predict and evaluate climate change on the Asiatic cheetah habitat in Touran protecting complex using presence points, environmental factors (such as elevation, slope, vegetation type, distribution of prey (Indian Gazelle, Persian Gazelle, Wild Goat, Wild Sheep), water sources (springs), roads, etc), climatic variables and species distribution models such as CTA, RF, MARS and SRE in R software. For forecasting, GISS-E2-1-H climate model and 4 scenarios SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5 were used and the habitat suitability map of Asiatic cheetah under current and future climate conditions was prepared.

**Results:** The results showed that the area of suitable habitats is currently about 300000 hectares, which in 2050 under the optimistic scenario will be 240000 hectares and under the pessimistic scenario will be 165000 hectares. In 2050, the suitable habitat of Asiatic cheetah in Touran protecting complex will be separated from the current suitable areas and will be moved to the borders and outside the study area.

**Conclusion:** There are some strategies for managing the likely climate change impacts on Asiatic cheetah's habitat in order to conserve the species and its habitat more effectively, including, increasing conserving proceedings to recover grasslands and prey population in suitable habitats, designing new Protected Areas and extending the border of current Protected Areas and creating corridors between the current and potential habitats of cheetah.

\* Corresponding Author's email: [mahini@gau.ac.ir](mailto:mahini@gau.ac.ir)

Received: 22 December 2022; Reviewed: 24 January 2023; Revised: 25 March 2023; Accepted: 25 April 2023

(DOI): [10.22034/AEJ.2023.390113.2949](https://doi.org/10.22034/AEJ.2023.390113.2949)

## مقاله پژوهشی

## اثر تغییرات احتمالی اقلیم بر زیستگاه یوز آسیایی (مطالعه موردی: مجموعه حفاظتی توران)

نگار نجفی سیاوشان، عبدالرسول سلمان ماهینی\*، حسین وارسته مرادی

گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

## کلمات کلیدی

## چکیده

یوز آسیایی  
تغییر اقلیم  
ارزیابی زیستگاه  
نرم‌افزار R  
مدل‌سازی

**مقدمه:** تغییر اقلیم از اصلی‌ترین دلایل از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی در نظر گرفته می‌شود. گوشت‌خواران با توجه به گستره خانگی وسیع و تراکم پایین جمعیتی، به شدت تحت تأثیر تغییرات زیستگاهی قرار می‌گیرند و اغلب مجبور به تغییر پراکنش خود به زیستگاه‌های نامطلوب می‌شوند. یکی از این گوشت‌خواران مهم، زیرگونه آسیایی یوزپلنگ است که از این زیرگونه نادر در ایران، احتمالاً در حال حاضر (۱۴۰۱ شمسی) تنها کم‌تر از ۴۰ قلاده باقی مانده است.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه به ارزیابی اثر تغییرات احتمالی اقلیم بر زیستگاه یوز آسیایی در مجموعه حفاظتی توران با استفاده از نقاط حضور یوز، عوامل محیط زیستی از جمله ارتفاع، طبقات شیب، تیپ و تراکم پوشش گیاهی، پراکنندگی طعمه‌ها (جبیر، آهو، قوچ و میش و کل و بز)، منابع آبی، جاده‌ها و غیره، پارامترهای اقلیمی و مدل‌سازی در محیط نرم‌افزار R پرداخته شد. برای بررسی اقلیم از مدل GISS-E2-1-H تحت ۴ سناریوی SSP۱-۲/۶، SSP۲-۲/۵، SSP۳-۳/۰، SSP۴-۵/۵، SSP۵-۵/۵ (خفیف تا شدید) استفاده شد و نقشه پراکنش و مطلوبیت زیستگاه یوز آسیایی تحت شرایط اقلیمی کنونی و آینده تهیه شد.

**نتایج:** نتایج این پژوهش نشان داد مساحت زیستگاه‌های مطلوب گونه در حال حاضر حدود ۳۰۰ هزار هکتار است که این مساحت در سال ۲۰۵۰ تحت سناریو خوش‌بینانه ۲۴۰ هزار هکتار و تحت سناریو بدبینانه ۱۶۵ هزار هکتار خواهد شد. زیستگاه مطلوب یوز آسیایی در مجموعه حفاظتی توران در سال ۲۰۵۰ از مناطق مطلوب در حال حاضر فاصله گرفته و به حاشیه و خارج از منطقه منتقل خواهد شد.

**بحث و نتیجه‌گیری:** از راهکارهای اولیه مدیریت اثر احتمالی تغییر اقلیم بر زیستگاه یوز آسیایی به منظور حفاظت موثرتر از گونه و جلوگیری از آسیب بیش‌تر به زیستگاه، می‌توان به افزایش اقدامات حفاظتی برای احیاء مراتع و جمعیت طعمه در مناطق مطلوب، طراحی مناطق حفاظت شده جدید و یا تغییر و گسترش مرز مناطق حفاظت شده فعلی، ایجاد مسیر و راهروهای جابجایی بین زیستگاه‌های فعلی و بالقوه یوز آسیایی اشاره کرد.

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mahini@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ دی ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ۴ بهمن ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۵ فروردین ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۵ اردیبهشت ۱۴۰۲

(DOI): 10.22034/AEJ.2023.390113.2949

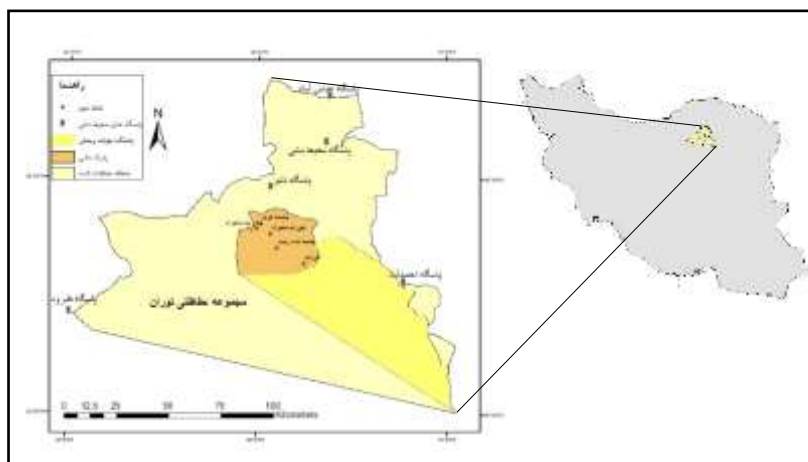
## مقدمه

تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیستگاه یوز آسیایی، اولین گام مشخص نمودن زیستگاه‌های مطلوب این گونه در منطقه مورد مطالعه است؛ چراکه ارزیابی و شناسایی مناطق بالقوه برای زیست یوز از مهم‌ترین گام‌ها در حفاظت از آن است. از طرف دیگر، حضور یوز در مناطق مختلف تنها متأثر از پراکندگی طعمه که اغلب معیار تصمیم‌گیری مدیران است، نبوده و عوامل محیط زیستی زیادی در آن نقش دارند که در مورد گونه‌های گوشت‌خوار بیابان‌زی از جمله یوز کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است (۱۳). یکی از اصلی‌ترین نشانه‌های تغییرات اقلیمی در مناطق بیابانی، تغییر در دوره‌های خشک‌سالی است (۱۶). هم‌چنین، اثر منفی خشک‌سالی در مناطقی مانند ایران با اقلیم خشک و نیمه‌خشک که با محدودیت‌های منابع آبی مواجه هستند، بیش‌تر است و گاهی به بحران تبدیل می‌شود (۱۷). مطالعه حاضر بر تأثیر تغییرات اقلیمی بر زیستگاه و پراکنش یوز آسیایی در حال حاضر و در سال ۲۰۵۰ توجه دارد. پس از تهیه نقشه‌های متغیرهای اقلیمی، نقشه نیازهای زیستگاهی و نقشه تهدیدات، ابتدا می‌توان پراکنش گونه را به کمک نقشه‌های تهیه شده در زمان حال مدل‌سازی نمود و سپس زیستگاه‌های انتخاب شده توسط گونه را در سال ۲۰۵۰ با استفاده از پارامترهای اقلیمی آینده پیش‌بینی نمود. در نتیجه، پس از شناسایی زیستگاه‌های جدید، چارچوب‌های حفاظتی و راه‌کارهای مدیریتی برای گونه و زیستگاه در اثر تغییر اقلیم ارائه می‌شود.

## مواد و روش‌ها

**منطقه مطالعاتی:** مجموعه حفاظتی توران به مساحت ۱۴۴۱۵۲۳ هکتار در جنوب شهرستان شاهرود و قسمت کوچکی از جنوب‌شرقی آن در استان خراسان رضوی قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی آن بین طول‌های شرقی  $55^{\circ}$  تا  $57^{\circ}$  و عرض‌های شمالی  $35^{\circ}$  تا  $36^{\circ}$  و  $25'$  است (۱۲، ۱۸). این مجموعه در استان سمنان منطقه‌ای متشکل از پارک ملی در محدوده مرکزی، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه حفاظت‌شده است (شکل ۱). توران پس از نایبندان بزرگ‌ترین منطقه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست و دومین زیستگاه بزرگ یوز در ایران است. به دلیل عدم وجود داده‌های کافی از خارج از مرز منطقه مورد مطالعه (از جمله نقاط حضور گونه و طعمه‌ها، منابع آبی، پوشش گیاهی و...)، منطقه مورد مطالعه فقط به مرز مجموعه حفاظتی توران محدود شد.

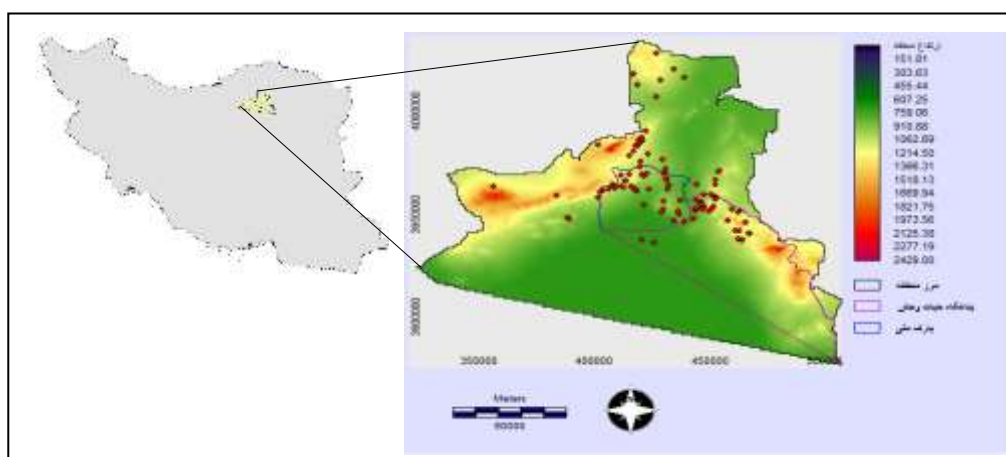
به تغییر در آمارهای آب و هوایی یک منطقه در دوره‌های ۱۰ ساله و بیش‌تر، تغییرات اقلیمی گفته می‌شود (۱). براساس پیش‌بینی‌ها افزایش دما در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۹۹ به  $1/8$  تا  $4$  درجه سانتی‌گراد می‌رسد (۲). در نتیجه تغییر اقلیم، بسیاری از گونه‌ها زیستگاه طبیعی و مطلوب خود را از دست داده و در خطر انقراض قرار گرفته‌اند. برخی از این گونه‌ها در واکنش به تغییرات اقلیمی به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر و یا ارتفاعات بالاتر حرکت می‌کنند، اما گونه‌های دیگر موفق به سازگاری با شرایط اقلیمی و زیستگاهی جدید نمی‌شوند. از این‌رو، تغییر اقلیم از اصلی‌ترین دلایل از بین رفتن تنوع زیستی و تخریب اکوسیستم‌های طبیعی در نظر گرفته می‌شود. با وجود نگرانی‌ها در ارتباط با اثرات تغییر اقلیم بر تنوع زیستی، در ایران اثرات اقلیم بر گونه‌های گیاهی و جانوری به‌خوبی شناخته شده نیست و مطالعات زیادی برای بررسی اثرات احتمالی آن انجام نشده است (۳). به‌منظور درک بهتر از تغییرات اقلیمی، آگاهی از پراکنش کنونی و آینده گونه‌ها ضروری است (۴) و در این خصوص مدل‌ها و روش‌های زیادی توسعه یافته است (۵). در حال حاضر تلاش‌های بسیاری برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده اثرات تغییرات اقلیمی آینده بر تنوع زیستی در حال انجام است و انواعی از سناریوها برای ارزیابی تغییر اقلیم آینده ارائه شده است (۶). مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها (SDM) یکی از روش‌های مدل‌سازی است که بوم‌شناسان و مدیران برای بررسی اثر متغیرهای محیطی بر الگوهای پراکنش گونه‌های گذشته، حال حاضر و یا آینده از آن استفاده می‌کنند (۷). بسته BIOMOD تحت نرم‌افزار رایگان و منبع باز R (۸) ارائه شده است که هدف آن به حداکثر رساندن دقت پیش‌بینی پراکنش فعلی گونه‌ها و قابلیت اطمینان از پراکنش بالقوه آینده در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم با استفاده از انواعی از روش‌های مدل‌سازی به شکل مجموعه (Ensemble) است (۹). از آنجایی که گوشت‌خواران نقش مهمی در زنجیره غذایی بوم‌سازگان‌ها دارند، نیاز است به‌خوبی مدیریت و حفاظت شوند (۱۰، ۱۱). یکی از این گوشت‌خواران مهم، یوز آسیایی (*Acinonyx jubatus venaticus*) است که تنها کم‌تر از ۴۰ قلاده از این زیرگونه در ایران باقی‌مانده است (۱۲، ۱۳). هم‌چنین، گونه‌هایی مانند یوز که در مناطق مسطح و دشتی زیست می‌کنند و به‌علت محدودیت تعداد در لبه انقراض قرار دارند، به‌طور بالقوه تحت تأثیر شرایط اقلیمی و تعارضات انسانی آسیب‌پذیرتر مشاهده می‌شوند (۱۴، ۱۵). در راستای بررسی



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

و عملیات میدانی جمع‌آوری شده‌اند. نقاط مورد استفاده در مدل‌سازی پس از حذف داده‌های پرت و تکراری، تعداد ۱۱۳ نقطه از حضور یوز شد. همچنین، تعداد ۵۲ نقطه عدم حضور کاذب نیز در نرم‌افزار TerrSet به صورت تصادفی در مناطقی که حضور گونه در آن‌ها ثبت نشده است، ایجاد شد که صحت این نقاط پس از بررسی و ارزیابی متخصصان مورد تایید بود. طول و عرض جغرافیایی این نقاط با فرمت ("cheetah.csv") به نرم‌افزار R وارد شدند.

**نقاط حضور و عدم حضور یوز آسیایی:** طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۴۰۰ و در طول چهار فصل سال با استفاده از GPS، نصب دوربین تله‌ای، نمایه‌های ثبت شده طی عملیات میدانی و مشاهده مستقیم محیط‌بانان و کارشناسان، حدود ۳۰۰ نقطه حضور یوز در این منطقه مطالعاتی ثبت شده است (شکل ۲). این نقاط از بانک اطلاعات سازمان حفاظت محیط‌زیست، پروژه حفاظت از یوزپلنگ آسیایی، انجمن یوزپلنگ ایرانی، پروژه شناسایی فون پارک ملی توران



شکل ۲: نقاط حضور یوز آسیایی در منطقه مطالعاتی

حالی که در ایران پراکنش یوز آسیایی با ویژگی‌های توپوگرافی، منابع آب و نوع زیستگاه مرتبط بوده است (۲۰، ۲۳، ۲۵). رژیم غذایی یکی از مهم‌ترین ابعاد آشیان بوم‌شناختی گوشت‌خواران محسوب می‌شود (۲۶). براساس نقاط حضور ۴ طعمه یوز (جبیر، آهو، قوچ و میش، کل و بز) که از دفاتر سازمان محیط زیست، صحبت با محیط‌بانان

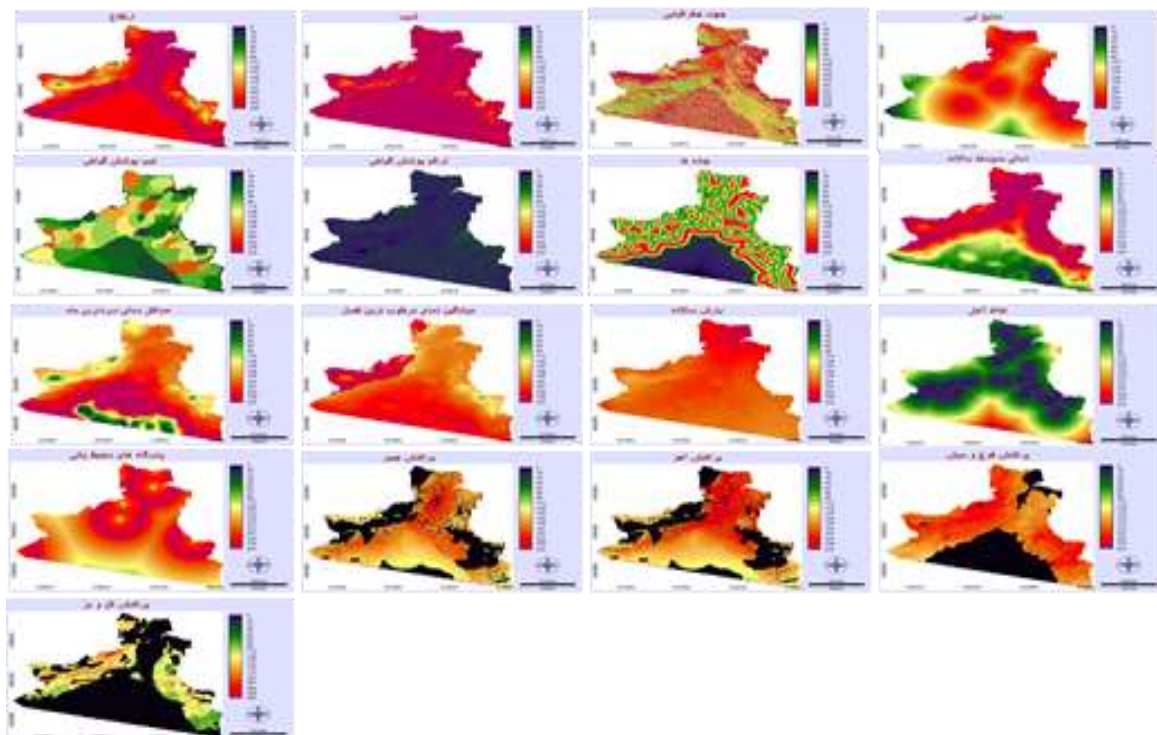
**انتخاب و آماده‌سازی متغیرهای محیط‌زیستی:** یوز آسیایی نیازهای زیستگاهی ویژه‌ای دارد و پراکنش آن تحت تأثیر متغیرهای محیطی، انسانی و اقلیمی قرار گرفته است (۱۹، ۲۰). بررسی ارتباط حضور یوز و عوامل غیرزیستی در آفریقا نشان داد شیب، دما، بارش و نوع پوشش زمین نقش مهمی در پراکنش یوز دارند (۲۱، ۲۲)، در

تأثیری که در توجیه حاشیه‌گرایی و ویژه‌گرایی گونه دارند، به هر یک از آن‌ها وزنی داده شد و در بازه ۰ تا ۲۵۵ بسط خطی (فازی) شدند (شکل ۳).

جدول ۱: پارامترهای استفاده شده در مدل‌سازی پراکنش یوز آسیایی

منبع	پارامتر	ردیف
بانک اطلاعات Aster	ارتفاع	۱
استخراج شده از نقشه ارتفاع	شیب	۲
استخراج شده از نقشه ارتفاع	جهت	۳
داده‌های طرح جامع توران	فاصله از منابع آبی	۴
داده‌های طرح جامع توران	تیپ پوشش گیاهی	۵
بانک اطلاعات Modis	تراکم پوشش گیاهی	۶
داده‌های طرح جامع توران	فاصله از جاده	۷
Worldclim.org	پارامترهای اقلیمی	۸
داده‌های طرح جامع توران	فاصله از آغل	۹
داده‌های طرح جامع توران	فاصله از پاسگاه محیط‌بانی	۱۰
مدل‌سازی پراکنش در TerrSet	پراکنش طعمه‌ها	۱۱

منطقه و بررسی‌های میدانی جمع‌آوری شد، می‌توان زیستگاه‌های مطلوب شناخته شده چهار طعمه را به‌طور تقریبی مشخص نمود. با استفاده از این نقاط و متغیرهای محیط‌زیستی تاثیرگذار بر پراکنش هر طعمه، نقشه پراکنش طعمه‌ها در منطقه حفاظتی توران تهیه شد. متغیرهای مستقل محیط‌زیستی مورد بررسی در این پژوهش برای مدل‌سازی زیستگاه یوز آسیایی، لایه‌های رقومی ارتفاع، طبقات شیب، جهت جغرافیایی، تیپ و تراکم پوشش گیاهی، ۱۹ پارامتر اقلیمی، نقشه پراکندگی طعمه‌ها (جیبر، آهو، قوچ‌ومیش و کل‌وبز)، منابع آبی (چشمه‌ها)، نقشه جاده‌ها، نقاط آغل و پاسگاه‌های محیط‌بانی بودند (جدول ۱). نخست، لایه‌های رقومی موثر بر پراکنش گونه تهیه شدند. قابل ذکر است که مقیاس نقشه‌ها ۱/۲۵۰۰۰ در نظر گرفته شد. تمامی لایه‌ها با قدرت تفکیک ۱۲۰ × ۱۲۰ متر، تعداد سطر ۱۳۴۹ و ستون ۱۵۶۶، سیستم مختصات جغرافیایی utm-40n براساس مرز منطقه با استفاده از نرم‌افزار TerrSet برش خوردند. پس از بررسی همبستگی متغیرها به‌منظور جلوگیری از خطاهای هم‌پوشانی، هیچ‌یک از متغیرهای محیط‌زیستی حذف نشدند؛ بلکه با توجه به



شکل ۳: نقشه‌های فازی شده تاثیرگذار بر مطلوبیت یوز آسیایی

پارامترهای اقلیمی: ۱۹ پارامتر اقلیمی مورد استفاده در پیش‌بینی تغییر اقلیم در زمان حال و آینده از سایت داده‌های جهانی World Clim v2.1 دانلود شدند. داده‌های اقلیمی آینده از مدل اقلیم جهانی GISSE2.1-H (۲۷) و در چهار سناریوی SSP۱-۲/۶، SSP۴-۲/۵، SSP۸-۵/۵ (خفیف تا شدید) استخراج شدند (۲۸).

داده‌ها در دوره‌های زمانی ۲۰ ساله قابل تهیه بودند که برای این پژوهش دوره زمانی ۲۰۴۱-۲۰۶۰ و قدرت تفکیک مکانی ۳۰ ثانیه‌ای در نظر گرفته شد. پس از بررسی میزان همبستگی پارامترهای اقلیمی،

از صحت داده‌ها (بررسی حداقل و حداکثر ارزش‌ها در هر نقشه) با استفاده از دستور BIOMOD Modeling Options، از میان انواع روش‌های مدل‌سازی پراکنش گونه (SDM)، به‌منظور انجام مدل‌سازی پراکنش یوز آسیایی و بررسی اثر تغییرات اقلیمی در سال ۲۰۵۰، مدل‌های CTA، SRE، MARS و RF در نرم‌افزار فراخوانده شدند. هم‌چنین، هر یک از مدل‌ها در سه مرحله تکرار (Run) مورد ارزیابی قرار گرفتند تا در نهایت نقشه مدل‌سازی پراکنش یوز آسیایی در منطقه مورد مطالعه به‌دست آید.

چهار متغیر دمای متوسط سالانه، حداقل دمای سردترین ماه، میانگین دمای مرطوب‌ترین فصل و بارش سالانه انتخاب شدند.

**مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه:** به‌طور کلی، ۸ مدل رایج بر پایه روش یادگیری ماشینی و رگرسیون آماری وجود دارد (جدول ۲). به‌کارگیری مجموعه‌ای از رویکردهای مدل‌سازی (Ensemble modeling)، سبب پیش‌بینی دقیق‌تر توزیع گونه‌ها می‌شود (۲۹). به منظور ادامه روند مدل‌سازی دو بسته Raster و Biomod2 در نرم‌افزار فراخوانده شدند. پس از واردسازی تمامی داده‌های مورد نیاز و اطمینان

جدول ۲: رویکردهای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها

روش‌های مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه		
نام اختصاری مدل	نام کامل مدل	طبقه‌بندی
GLM	Generalized Linear Models	Statistical regression
GAM	Generalized Additive Models	Machine learning
RF	Random Forest	Machine learning
MARS	Multivariate Adaptive Regression Splines	Statistical regression
CTA	Classification Tree Analysis	Machine learning
SRE	Surface Range Envelop	Profile
FDA	Flexible Discriminant Analysis	Statistical regression
MaxENT	Maximum Entropy	Machine learning

یوز آسیایی در تکرار دوم مدل (2RF, RUN)، متغیر بارش سالانه با میزان ۰/۱۵ بیش‌ترین نقش را در مدل‌سازی ایفا کرده‌است.

**بررسی عملکرد مدل:** به‌منظور بررسی اعتبار مدل و تجزیه و تحلیل عملکرد مدل‌سازی، از سطح زیر منحنی ROC و TSS استفاده شد (۳۰، ۳۱). AUC به‌طور گسترده برای ارزیابی دقت مدل‌های مطلوبیت زیستگاه به‌دلیل تفسیر آسان آن استفاده می‌شود. TSS نیز دقت کلی مدل‌سازی را نشان می‌دهد (۳۲، ۳۳). در صورتی که میزان عملکرد پیش‌بینی در روش TSS بیش‌تر از ۰/۸ و در AUC بیش‌تر از ۰/۹ باشد، نشان‌دهنده دقت بالا و اجرای عالی مدل‌سازی است.

جدول ۳: عملکرد مدل‌ها

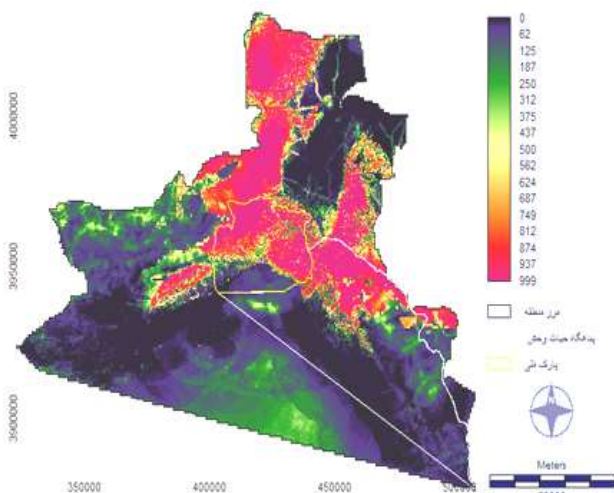
Model	Evaluation method	Testing data
SRE, RUN <sub>1</sub>	TSS	۰/۵۵۲
	ROC	۰/۷۷۶
CTA, RUN <sub>1</sub>	TSS	۰/۵۹۶
	ROC	۰/۷۷۲
RF, RUN <sub>1</sub>	TSS	۰/۸۱۳
	ROC	۰/۹۳۳
MARS, RUN <sub>1</sub>	TSS	۰/۵۷۰
	ROC	۰/۸۶۱
SRE, RUN <sub>۲</sub>	TSS	۰/۱۹۱
	ROC	۰/۵۹۶
CTA, RUN <sub>۲</sub>	TSS	۰/۵۷۰
	ROC	۰/۸۱۳
RF, RUN <sub>۲</sub>	TSS	۰/۸۷۰
	ROC	۰/۹۴۸
MARS, RUN <sub>۲</sub>	TSS	۰/۸۲۶
	ROC	۰/۹۲۰
SRE, RUN <sub>۳</sub>	TSS	۰/۳۷۸
	ROC	۰/۶۸۹
CTA, RUN <sub>۳</sub>	TSS	۰/۵۷۰
	ROC	۰/۸۰۲
RF, RUN <sub>۳</sub>	TSS	۰/۶۸۳
	ROC	۰/۸۳۹
MARS, RUN <sub>۳</sub>	TSS	۰/۴۸۳
	ROC	۰/۴۷۱

## نتایج

**صحت اطلاعات خروجی:** جدول ۳ نتایج عملکرد مدل‌های مطلوبیت زیستگاه را نشان می‌دهد. از میان روش‌های مدل‌سازی، مدل RF در پردازش دوم با مقدار TSS و ROC به‌ترتیب ۰/۸۷۰ و ۰/۹۴۸ عملکرد معتبر و قابل قبولی را از خود نشان داد. اما مدل‌های SRE در پردازش دوم (TSS=۰/۱۹۱، ROC=۰/۵۹۶)، SRE در پردازش سوم (TSS= 378/0، ROC= 689/0) و MARS در پردازش سوم (TSS= 483/0، ROC= 471/0) دارای دقت پایین در پیش‌بینی هستند.

**اهمیت پارامترها:** اهمیت و تاثیر هر یک از متغیرهای محیط زیستی در روند مدل‌سازی در چهار مدل پراکنش گونه با استفاده از دستور Get\_variables\_importance در نرم‌افزار R مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). اهمیت متغیرها با نزدیک شدن ارزش‌ها به عدد یک افزایش می‌یابد. از ۱۷ متغیر به‌کار رفته در مدل‌سازی پراکنش

مطلوب است، درحالی که بخش جنوبی مجموعه توران از کمترین اهمیت زیستگاهی برای گونه برخوردار است. مساحت زیستگاه مطلوب از مجموع یک میلیون هکتار مساحت منطقه مورد مطالعه، ۳۰۰ هزار هکتار است. به منظور صحت سنجی نقشه به دست آمده، نقاط حضور گونه به نقشه اضافه شد و پس از مقایسه نقاط حضور با نقشه پراکنش گونه در منطقه مطالعاتی و صحبت با کارشناسان و محیط بانان، صحت نقشه مورد تایید بود. نتایج Kermani و همکاران در ارزیابی شاخص‌های محیط زیستی در انتخاب زیستگاه یوز آسیایی در مجموعه حفاظتی توران، نشان داد حدود ۲۰ درصد مساحت منطقه مطالعاتی جز طبقه مطلوب زیستگاهی قرار دارد که معادل ۲۸۸۳۳۲ هکتار از وسعت منطقه را شامل می‌شود و بیشترین مطلوبیت در داخل مرز پارک ملی توران است (۳۴).



شکل ۴: نقشه مطلوبیت زیستگاه یوز آسیایی در مدل (2RUN) RF

#### مدل سازی و پیش بینی پراکنش یوز آسیایی در زمان آینده

تحت ۴ سناریو خفیف تا شدید: به منظور پیش بینی و ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی بر زیستگاه یوز آسیایی در سال ۲۰۵۰ (میانگین سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۶۰)، از نقاط حضور و عدم حضور، ۱۳ پارامتر محیط زیستی (مشابه مرحله قبل) و ۴ روش مدل سازی (SRE, CTA, RF, MARS) در سه مرحله تکرار استفاده شد. پارامترهای اقلیمی در این مرحله از سایت داده‌های جهانی WorldClim v2.1 و از مدل اقلیمی GISS2.1-H تحت ۴ سناریو اقتصادی-اجتماعی SSP۱-۱/۶, SSP۲-۴/۵, SSP۳-۷/۰, SSP۵-۸/۵ (خفیف تا شدید) دانلود شدند. پیش بینی پراکنش گونه و مدل سازی زیستگاه در سال ۲۰۵۰ در ۴ مرحله (هر بار با یک سناریوی اقلیمی) انجام شد. در نقشه‌های به دست آمده در مدل RF، مناطقی که از نظر اقلیمی شرایط مساعد و خیلی خوب را دارا هستند و احتمال حضور یوز زیاد است،

بعد از بارش سالانه، متغیرهای شیب و منابع آبی با میزان ۰/۰۷۳ و ۰/۰۶۷ بیشترین تاثیر را در مدل سازی مطلوبیت زیستگاه یوز داشتند. هم چنین در این پژوهش فاصله از نقاط آغل، فاصله از جاده، پراکنش جیبر و قوچ و میش و میانگین دمای سالانه نیز از متغیرهای مهم در مدل سازی مطلوبیت زیستگاه یوز بودند. با توجه به نتایج، متغیرهای جهت، ارتفاع، تیپ پوشش گیاهی، فاصله از پاسگاه‌های محیط بانان و پراکنش کل و بز کمترین اهمیت را در مدل سازی پراکنش یوز آسیایی در مجموعه حفاظتی توران داشتند.

جدول ۴: تاثیر و اهمیت متغیرها در مدل سازی

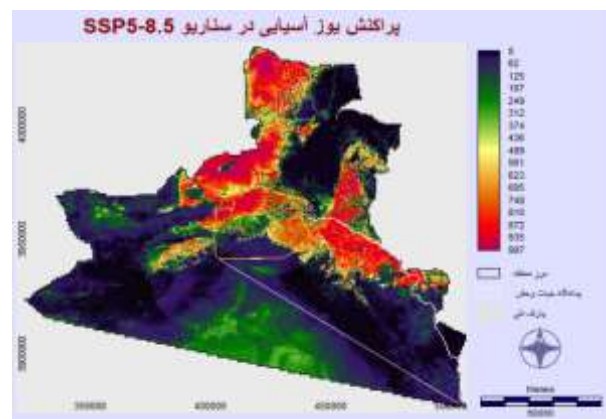
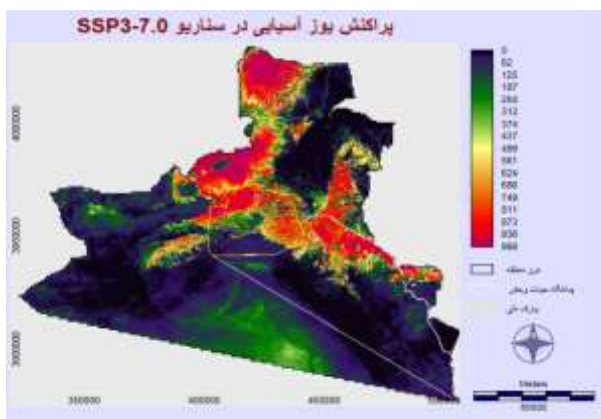
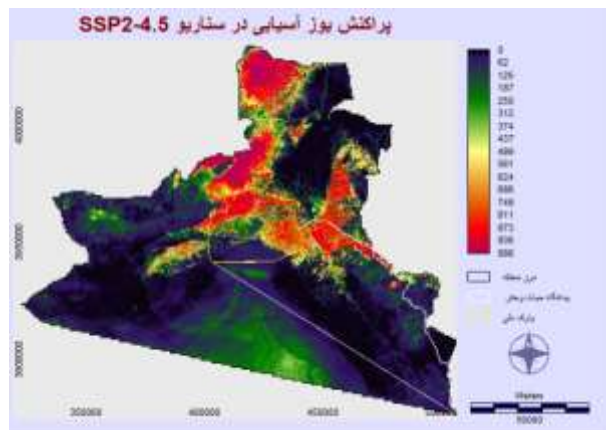
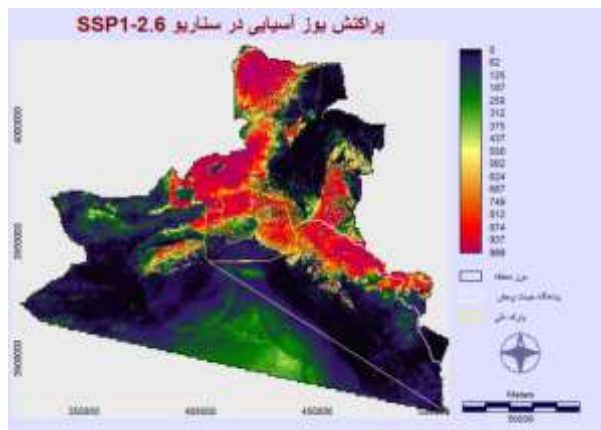
Variable	SRE	CTA	RF	MARS
Corral_fuzzy	۰/۱۲۳	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰
aspect_fuzzy	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱۲۰
Bio1_fuzzy	۰/۰۷۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰
bio6_fuzzy	۰/۰۷۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۲۴۴
bio8_fuzzy	۰/۱۰۶	۰/۳۶۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
bio12_fuzzy	۰/۲۱۴	۰/۲۴۰	۰/۱۵۰	۰/۴۸۵
dem_fuzzy	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
flor_fuzzy	۰/۰۶۱	۰/۱۹۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
ndvi_fuzzy	۰/۱۲۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰
Postguard_fuzzy	۰/۱۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
Road_fuzzy	۰/۱۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۰/۱۸۹
slope_fuzzy	۰/۰۴۵	۰/۴۳۱	۰/۰۷۳	۰/۴۴۶
spring_fuzzy	۰/۱۳۷	۰/۰۰۰	۰/۰۶۷	۰/۰۴۹
mce_Indiangazelle	۰/۰۹۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۶	۰/۳۴۵
mce_persianguazelle	۰/۰۴۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۱۸۳
mce_wildsheep	۰/۰۹۴	۰/۱۱۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰
mce_wildgoat	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰

#### نقشه پراکنش یوز آسیایی در زمان حال: مدل سازی مطلوبیت

زیستگاه یوز آسیایی با استفاده از ۱۱۳ نقطه حضور و ۵۲ نقطه عدم حضور، ۱۳ پارامتر محیط زیستی، ۴ پارامتر اقلیمی و ۴ روش مدل سازی (SRE, CTA, RF, MARS)، در سه مرحله تکرار برای هر روش مدل سازی اجرا شد و نتایج آن‌ها به صورت نقشه به دست آمد. با توجه به نتایج، مدل RF در پردازش دوم نتیجه مطلوب تری را برای پراکنش یوز آسیایی در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد (شکل ۴). بخش شمالی پارک ملی و بخش شمالی پناهگاه حیات وحش توران در حال حاضر برای زیست یوز مناسب هستند. هم چنین، شمالی ترین بخش مجموعه توران که در نزدیکی جاده تهران-مشهد قرار دارد، به دلیل حفاظت بیشتر و امن شدن منطقه در سال‌های اخیر، برای زیست یوز آسیایی

هم‌چنین، مناطقی که احتمال حضور گونه تقریباً صفر است و از نظر پارامترهای اقلیمی شرایط مساعدی ندارد با رنگ آبی و سبز نشان داده شده است (شکل ۵).

به رنگ قرمز و نارنجی نشان داده شده است (نواحی مطلوب شامل نواحی می‌شود که دارای بهترین شرایط اقلیمی مورد استفاده برای یوز بوده یا به‌طور بالقوه قابلیت زندگی یوز در آن‌ها وجود داشته است).



شکل ۵: زیستگاه‌های بالقوه مطلوب با استفاده از سناریوها و داده‌های اقلیمی در سال ۲۰۵۰

به‌طور کلی، نتیجه مقایسه دامنه کنونی پراکنش یوز آسیایی با دامنه پراکنش گونه در سال ۲۰۵۰ نشان می‌دهد که مناطق مرکزی مجموعه توران در آینده برای حضور گونه نامطلوب شده و مناطقی که در حاشیه مجموعه توران هستند، برای زیست یوز مناسب خواهند شد. به‌علاوه، در سناریو ۲-۴/۵ SSP بیش‌ترین میزان کاهش زیستگاه‌های مطلوب و در سناریو ۱-۲/۶ SSP کم‌ترین میزان کاهش زیستگاه‌های مطلوب مشاهده می‌شود. با توجه به نتایج مطالعه، نقاط داغ برای حضور یوز آسیایی در زمان حال، در سال ۲۰۵۰ به مناطق نامطلوب برای حضور گونه تبدیل می‌شوند. در سناریو ۱-۲/۶ SSP، حدود ۸۵۰۰۰ هکتار مناطقی هستند که از حالت مطلوب در حال حاضر به مناطق نامطلوب در سال ۲۰۵۰ تبدیل شدند. در عین حال، در حدود ۲۲۰۰۰ هکتار نیز مناطقی هستند که در حال حاضر برای

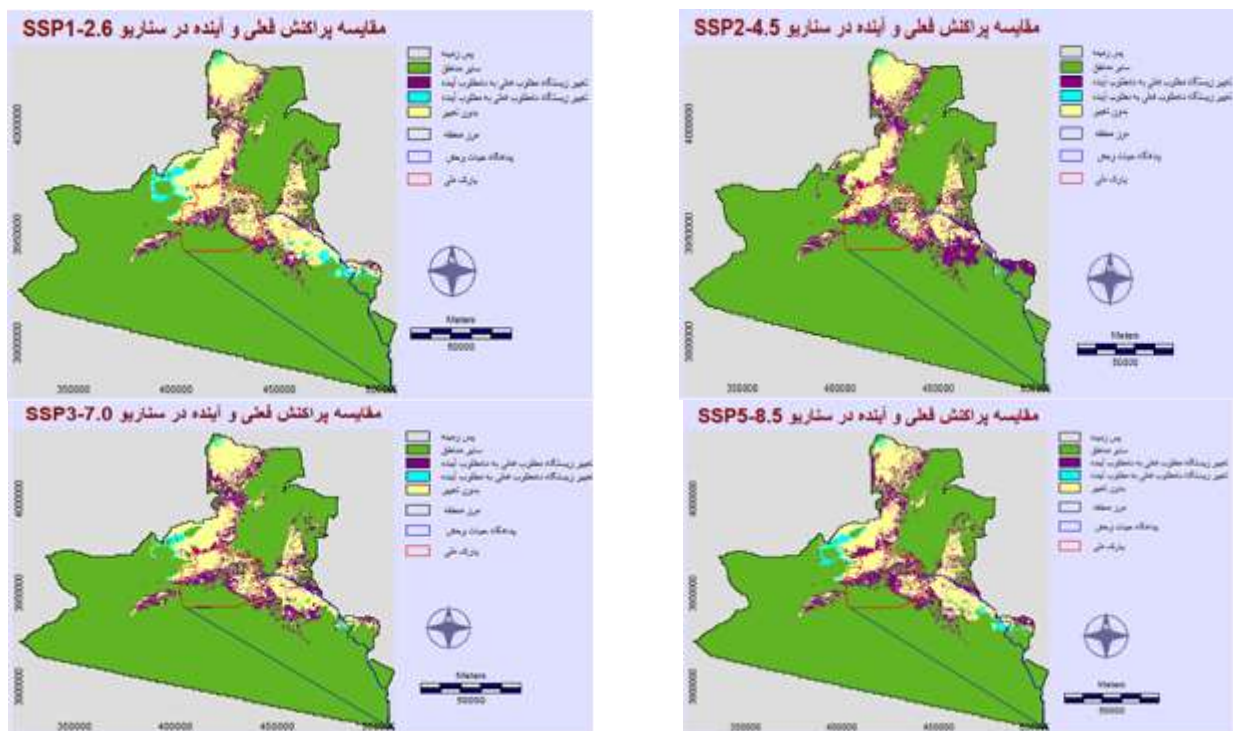
#### تغییرات دامنه پراکنش یوز آسیایی در طول زمان با توجه

به داده‌های اقلیمی: در شکل ۶ مقایسه تغییرات در دو زمان حال و آینده تحت تاثیر تغییرات اقلیمی نشان داده شده است. در ۵ حالت مقایسه تغییرات، پیکسل‌هایی که با رنگ بنفش مشخص شدند، نشان دهنده مناطقی هستند که در حال حاضر برای زیست یوز مطلوب هستند اما در سال ۲۰۵۰ به مناطق نامطلوب تبدیل می‌شوند. هم‌چنین، پیکسل‌هایی که با رنگ آبی مشخص شده‌اند، نشان‌دهنده مناطق نامطلوب برای حضور گونه در زمان حال هستند که به مناطق مطلوب در سال ۲۰۵۰ تبدیل می‌شوند. به‌علاوه، پیکسل‌هایی که با رنگ کرم مشخص شدند، زیستگاه‌های مطلوب و یا نامطلوبی هستند که در سال ۲۰۵۰ میلادی نیز به‌صورت مطلوب یا نامطلوب باقی می‌مانند. بنابراین، این مناطق در اثر تغییرات اقلیمی تغییری نمی‌کنند.



می‌شوند. در این سناریو حدود ۱۶۳ هزار هکتار از منطقه که شامل زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب یوز است، در سال ۲۰۵۰ بدون تغییر باقی می‌ماند (شکل ۸). نتایج به‌دست آمده از مقایسه پراکنش یوز آسیایی در منطقه مورد مطالعه با پراکنش آن در سال ۲۰۵۰ در چهار سناریو اقلیمی نشان داد در سناریوی SSP1-۲/۶، یوز آسیایی زیستگاه‌های مطلوب کم‌تری را نسبت به سایر سناریوها از دست خواهد داد. در این سناریو، ۱۹ درصد از منطقه مورد مطالعه برای گونه مناسب خواهد بود.

زیست گونه نامناسب هستند اما در سال ۲۰۵۰ به مناطق مطلوب تبدیل می‌شوند. در این سناریو حدود ۲۱۵ هزار هکتار از منطقه که شامل زیستگاه‌های مطلوب و نامطلوب یوز است، در سال ۲۰۵۰ بدون تغییر باقی می‌ماند (شکل ۷). در سناریو SSP ۲-۴/۵ در حدود ۱۳۶۰۰۰ هکتار مناطقی هستند که از حالت مطلوب در حال حاضر به مناطق نامطلوب در سال ۲۰۵۰ تبدیل می‌شوند. همچنین، حدود ۱۷۰۰ هکتار نیز مناطقی هستند که در حال حاضر برای زیست گونه نامناسب هستند اما در سال ۲۰۵۰ به مناطق مطلوب تبدیل



شکل ۶: مقایسه تغییرات در پراکنش یوز آسیایی در دو زمان حال و آینده



شکل ۷: تغییرات در زیستگاه‌های نامطلوب و مطلوب یوز آسیایی در سناریو SSP1-۲/۶



شکل ۸: تغییرات در زیستگاه‌های نامطلوب و مطلوب یوز آسیایی در سناریو SSP۲-۴/۵

## بحث

متغیر بارش سالانه در این مطالعه نه تنها بیش‌ترین اهمیت را دارد، بلکه منحصر به‌فردترین اطلاعات را نیز در اختیار قرار می‌دهد. درحالی‌که در پژوهش Morovati و همکاران، میزان بارش در سردترین فصل سال، مهم‌ترین متغیر اقلیمی برای پیش‌بینی حضور گونه در ایران بود (۶). نتایج نرم‌افزار در این پژوهش گویای این است که هر چه بارش سالانه کاهش یابد، به‌طور خطی از مطلوبیت زیستگاه کم خواهد شد. بیش‌ترین مطلوبیت در مناطقی است که بارش سالانه در بهترین حالت خود است. مطالعه Hemami و همکاران، نشان داد عوامل اقلیمی در مطلوبیت زیستگاه یوز آسیایی تأثیرگذار است (۳۵). هم‌چنین با توجه به نتایج، هرچه درصد شیب بیش‌تر و منطقه کوهستانی‌تر شود، برای زیست یوز نامناسب خواهد شد، درحالی‌که براساس Sarhangzadeh و همکاران، در پناهگاه حیات وحش دره انجیر یزد، یوز آسیایی مناطقی با ارتفاع بالاتر از میانگین منطقه را ترجیح می‌دهد و افزایش شیب بر مطلوبیت زیستگاه آن می‌افزاید (۳۶). در این مطالعه، فاصله از منابع آبی نیز از متغیرهای تأثیرگذار بر مطلوبیت زیستگاه گونه بود. نتایج Zamani و Ghandali (۱۳۹۶) نشان داد، متغیر فاصله از منابع آب به‌خصوص چشمه‌های دائمی در حضور یوز تأثیر به‌سزایی دارد که این امر به‌دلیل حضور بیش‌تر طعمه در نزدیکی آبشخورها و نیاز یوز برای تأمین آب مورد نیاز بدن خود است (۳۷). هرچه یوز آسیایی از منابع آبی فاصله بگیرد، مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد. نتایج Shams-Esfandabad و همکاران، گویای آن است که با افزایش تغییرات فصلی دما، مطلوبیت زیستگاه افزایش می‌یابد. حداکثر دما در گرم‌ترین ماه تأثیر مثبتی بر مطلوبیت زیستگاه گونه و میزان بارش در خشک‌ترین فصل سال نیز کم‌ترین اثر را داشت. بارندگی بیش از ۱۰۰ میلی‌متر مطلوبیت زیستگاه را کاهش می‌دهد (۳۸). هم‌چنین، یوز آسیایی به‌میزان پستی و بلندی زیستگاه توجه ویژه‌ای

براساس جدول ۵، حدود ۲۴ درصد مساحت منطقه مطالعاتی در حال حاضر جزء طبقه مطلوب زیستگاهی قرار دارد که معادل ۳۰۰ هزار هکتار از وسعت منطقه را شامل می‌شود. درعین حال، ۷۶ درصد مساحت منطقه برای زیست یوز آسیایی نامطلوب است که معادل ۹۴۵ هزار هکتار منطقه را شامل می‌شود. به‌طور کلی سناریوی SSP۲-۱/۶، عملکرد بهتری را در مقایسه با سایر سناریوهای اقلیمی از خود نشان می‌دهد. در عین حال، در سناریو SSP۲-۴/۵، حدود ۸۷ درصد از مجموعه توران برای گونه نامناسب خواهد شد و فقط ۱۳ درصد از منطقه برای زیست یوز مطلوب باقی می‌ماند. این سناریو به‌دلیل آن‌که از نظر بارش سالانه از سایر سناریوها ضعیف‌تر عمل می‌کند، بدبینانه‌ترین سناریو در نظر گرفته می‌شود. در این سناریو، ۱۱۴۰۰۰۰ هکتار از مجموعه توران در سال ۲۰۵۰ برای گونه نامناسب و فقط ۱۶۵ هزار هکتار از وسعت منطقه برای زیست یوز آسیایی مطلوب خواهد بود.

جدول ۵: مساحت زیستگاه‌های مطلوب در دو زمان حال و آینده

ردیف	زیستگاه‌ها	مساحت (هکتار و درصد)
۱	زیستگاه‌های مطلوب در حال حاضر	۳۰۰۰۰۰ هکتار = ۲۴٪
۲	زیستگاه‌های مطلوب در سال ۲۰۵۰ (سناریو SSP۱-۲/۶)	۲۴۰۰۰۰ هکتار = ۱۹٪
۳	زیستگاه‌های مطلوب در سال ۲۰۵۰ (سناریو SSP۲-۴/۵)	۱۶۵۰۰۰ هکتار = ۱۳٪
۴	زیستگاه‌های مطلوب در سال ۲۰۵۰ (سناریو SSP۳-۷/۱۰)	۱۹۵۰۰۰ هکتار = ۱۵٪
۵	زیستگاه‌های مطلوب در سال ۲۰۵۰ (سناریو SSP۵-۸/۵)	۲۰۰۰۰۰ هکتار = ۱۵٪

دارد. این امر کاملاً در تضاد با نحوه توزیع یوز آفریقایی در دشت‌های مسطح آفریقا است (۲۱، ۳۹). به نظر می‌رسد چنین الگوی انتخاب زیستگاه متأثر از تغییر ارجحیت غذایی این گونه باشد، چرا که اگر چه پراکنش تاریخی یوز آسیایی در ایران با نحوه توزیع آهو و جبیر هم‌پوشانی زیادی داشته و این گونه‌ها در گذشته مهم‌ترین طعمه‌های یوز در فلات مرکزی ایران بوده‌اند (۴۰، ۴۱)، اما به نظر می‌رسد کاهش شمار جمعیت‌های آهو و جبیر در شت‌های مسطح فلات مرکزی ایران موجب تمایل یوز به مناطق ناهموارتر شده است؛ مناطقی که طعمه‌های دیگری مانند قوچ و میش و ندرتاً کل‌وبز در آن‌ها از وضعیت جمعیت بهتری برخوردارند (۴۲، ۴۳). براساس نتایج این مطالعه، الگوی مطلوبیت زیستگاه یوز وابستگی زیادی به پراکنندگی طعمه‌های اصلی آن یعنی سم‌داران منطقه دارد. پراکنش جبیر و قوچ و میش اهمیت زیادی بر پراکنندگی یوز دارند. هرچه فاصله از پراکنندگی جبیر و قوچ و میش بیشتر شود، احتمال حضور یوز کم‌تر خواهد شد. در عین حال، پراکنش آهو و کل‌وبز تأثیر به‌سزایی در میزان مطلوبیت زیستگاه یوز ندارند. با توجه به نتایج Kermani و همکاران، دمای مطلوب برای حضور یوز در منطقه توران بین ۱۴ تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد است و با افزایش یا کاهش دما، شرایط برای زیستن گونه نامطلوب می‌شود. زیستگاه در محدوده بارش ۱۴۰ تا ۲۲۰ میلی‌متر مطلوب بوده اما بارش کم‌تر و بیش‌تر از این دامنه، موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه یوز می‌شود. هم‌چنین، مطلوبیت زیستگاه وابستگی زیادی به پراکنش گونه‌های جبیر، قوچ و میش و آهو دارد (۳۴). یوز در آفریقا در نزدیکی جاده‌ها نیز زندگی می‌کند (۲۱)، در حالی که نتایج این پژوهش نشان داد، هرچه گونه‌ها از تهدیدات موجود در منطقه یعنی آغل‌ها و جاده‌ها فاصله بگیرد، زیستگاه مطلوب‌تری خواهد داشت. اگرچه در حال حاضر شواهد نسبتاً محدودی از انقراض‌های ناشی از تغییرات اقلیمی وجود دارد، مطالعات نشان می‌دهند که تغییر اقلیمی می‌تواند از تخریب زیستگاه به‌عنوان بزرگ‌ترین تهدید جهانی برای تنوع زیستی در چند دهه آینده پیشی بگیرد (۴۴). پیش‌بینی می‌شود که تغییر اقلیم در زیستگاه‌های خشک و بیابانی با سرعت بیش‌تری اتفاق بیفتد (۱۵). پیش‌بینی‌ها حاکی از آن است که ۱۷ درصد از پستانداران بومی سازگار با بیابان‌های گرم و خشک مناطق آفریقایی در سال ۲۰۵۰ به‌دلیل تغییرات اقلیمی منقرض خواهند شد (۴۵). از آنجایی که میانگین بارندگی حوضه مرکزی و مناطق خشک ایران در حال حاضر کم است (>۲۰۰ میلی‌متر در سال)، حتی کاهش اندک در میزان بارندگی می‌تواند اثرات فاجعه‌باری بر تنوع زیستی و فراوانی پستانداران بزرگ جنه در سطح محلی داشته باشد (۴۶). به کمک مدل‌های پراکنش گونه‌ها نه تنها می‌توان به‌طور موثر از انقراض محلی گونه‌ها در هر منطقه جلوگیری کرد بلکه می‌توان گونه‌های در

معرض تهدید را به سرعت حفظ کرد (۴۷). پیش‌بینی زیستگاه‌های مناسب برای گونه‌ها به‌حفاظت از گونه‌های ارزشمند، مدیریت صحیح مناطق مناسب و شناسایی مناطق بالقوه به‌منظور معرفی مجدد گونه‌ها کمک می‌کند (۴۷، ۴۸). نتایج Morovati و همکاران (۱۳۹۶) با به کارگیری روش حداکثر آشفتگی نیز نشان داد که وسعت زیستگاه‌های مطلوب یوز آسیایی در ایران از زمان حال تا سال ۲۰۷۰ میلادی روند نزولی را طی خواهد کرد (۶). افزایش اقدامات حفاظتی برای احیا مراتع و جمعیت طعمه در مناطق مطلوب می‌تواند به‌عنوان راه‌حلی به‌منظور ایجاد زیستگاه‌های مطلوب این گونه در آینده با پیش‌بینی افزایش خشکسالی در زیستگاه‌های فعلی یوز در نظر گرفته شود (۴۸). نتایج پژوهش حاضر پس از مدل‌سازی پراکنش طعمه‌ها و یوز آسیایی در زمان حال و پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیم بر زیستگاه گونه با استفاده از متغیرهای محیط‌زیستی و پارامترهای اقلیمی نشان داد که زیستگاه مطلوب یوز آسیایی در مجموعه حفاظتی توران در سال ۲۰۵۰ از مناطق مطلوب در حال حاضر فاصله گرفته و حاشیه و خارج منطقه برای زیست یوز مطلوب خواهند شد. این جابه‌جایی احتمالاً به‌دلیل گرم‌تر شدن منطقه، کاهش بارش سالانه در بخش‌های مرکزی، کاهش تراکم پوشش گیاهی، مهاجرت طعمه‌ها و سایر عوامل اتفاق می‌افتد. با توجه به نتایج، بخش‌های غربی و شمال‌غربی مجموعه حفاظتی توران نیاز به حفاظت بیش‌تر در آینده و حتی گسترش مرز منطقه دارد. راه‌کارهای اولیه مدیریت اثر احتمالی تغییر اقلیم بر زیستگاه یوز آسیایی به‌منظور حفاظت موثرتر از گونه و جلوگیری از آسیب بیش‌تر به زیستگاه عبارتند از: جلوگیری از فعالیت‌های انسانی نامناسب در نزدیکی مناطق تحت حفاظت، افزایش اقدامات حفاظتی برای احیا مراتع و جمعیت طعمه در مناطق مطلوب، طراحی مناطق حفاظت شده جدید و یا گسترش مرز مناطق حفاظت شده فعلی، ایجاد مسیر و کریدورهای ارتباطی بین زیستگاه‌های فعلی و بالقوه یوز آسیایی و مطالعه اثر متقابل فاکتورهای زیستگاهی بر روی هم برای حفاظت کارآمد از گونه‌هایی مانند یوز آسیایی، اجرای هم‌زمان هر دو روش حفاظت در محل و خارج از محل ضروری است. درنهایت، برنامه‌های انتقال و معرفی مجدد گونه به زیستگاه‌های بالقوه نیز از دیگر اقدامات ضروری حفاظتی است.

## تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر باقر نظامی بلوچی جهت راهنمایی‌های ارزنده علمی پژوهش حاضر و هم‌چنین همکاری محیط‌بانان زحمت‌کش منطقه به‌ویژه آقای احمد شیرخانی برای تسهیل و انجام بازدید میدانی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

## منابع

18. **Darvishsefat, A., 2006.** Atlas of Protected Areas of Iran. Iranian Department of the Environment.
19. **Ahmadi, M., Nezami Balouchi, B., Jowkar, H., Hemami, M.R., Fadakar, D. and Malakouti-Khah, S., 2017.** Combining landscape suitability and habitat connectivity to conserve the last surviving population of cheetah in Asia. *Diversity and Distributions*. 23(6): 592-603.
20. **Cheraghi, F., Delavar, M.R., Amiraslani, F., Alavipanah, S.K., Gurarie, E. and Fagan, W.F., 2018.** Statistical analysis of Asiatic cheetah movement and its spatio-temporal drivers. *Journal of Arid Environments*. 151: 141-145.
21. **Broekhuis, F., 2007.** Habitat selection patterns of cheetahs *Acinonyx jubatus* in the Serengeti, Tanzania. MSc Project, Institute of Zoology and the Royal Veterinary College, University of London, London.
22. **Pettorelli, N., Hilborn, A., Broekhuis, F. and Durant, S.M., 2009.** Exploring habitat use by cheetahs using ecological niche factor analysis. *Journal of Zoology*. 277(2): 141-148.
23. **Ziaie, H., 2008.** A field guide to the mammals of Iran: Department of the Environment. (In Persian)
24. **Sarhangzadeh, J., Akbari, H. and Shams Esfandabad, B., 2015.** Ecological niche of the Asiatic Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) in the arid environment of Iran (Mammalia: Felidae). *Zoology in the Middle East*. 61(2): 109-17.
25. **Jowkar, H., 1999.** The preliminary study on Asiatic cheetah and its status in Iran: BSc thesis, Islamic Azad University, Tehran, Iran. (in Persian)
26. **Donadio, E. and Buskirk, S.W., 2006.** Diet, morphology, and interspecific killing in Carnivora. *The American Naturalist*. 167(4): 524-36.
27. **Kelley, M., Schmidt, G.A., Nazarenko, L.S., Bauer, S.E., Ruedy, R. and Russell, G.L., 2020.** GISS-E2.1: Configurations and Climatology. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 12(8): e2019MS002025.
28. **Nazarenko, L.S., Tausnev, N., Russell, G.L., Rind, D., Miller, R.L. and Schmidt, G.A., 2021.** Future Climate Change Under SSP Emission Scenarios With GISS-E2.1. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. 14(7): e2021MS002871.
29. **Araújo, M.B. and New, M., 2007.** Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in ecology & evolution*. 22(1): 42-47.
30. **Moon, J., Jung, S., Rew, J., Rho, S. and Hwang, E., 2020.** Combination of short-term load forecasting models based on a stacking ensemble approach. *Energy and Buildings*. 216: 109921.
31. **Duque-Lazo, J., van Gils, H., Groen, T.A. and Navarro-Cerrillo, R.M., 2016.** Transferability of species distribution models: The case of *Phytophthora cinnamomi* in Southwest Spain and Southwest Australia. *Ecological Modelling*. 320: 62-70.
32. **Miller, J., 2010.** Species distribution modeling. *Geography Compass*. 4(6): 490-509.
33. **Allouche, O., Tsoar, A. and Kadmon, R., 2006.** Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of applied ecology*. 43(6): 1223-32.
34. **Kermani, F., Raygani, B., Nezami, B., Goshtasb, H., Khosravi, H. and Heydari, H., 2017.** Evaluation of environmental Indexin habitat selection of cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*; Griffith, 1821) using Time
1. **Houghton, J.E.T., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P. and Dai, X., 2001.** The Scientific Basis. *Climate Change*. 881 p.
2. **Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M. and Averyt, K., 2007.** IPCC fourth assessment report (AR4). *Climate change*. 374 p.
3. **Kafash, A., Kaboli, M. and Kohler, G., 2014.** Predicting the impacts of climate change on the Mesopotamian Spiny-tailed Lizard (*Saara loricata*): Using maximum entropy algorithm and Bioclim. (In Persian)
4. **Beaumont, L.J., Hughes, L. and Poulsen, M., 2005.** Predicting species distributions: use of climatic parameters in BIOCLIM and its impact on predictions of species' current and future distributions. *Ecological modelling*. 186(2): 251-70.
5. **Guisan, A. and Zimmermann, N.E., 2000.** Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling* 135(2-3): 147-86.
6. **Morovati, M., Kaboli, M., Panahandeh, M., Sarbaz, M. and Ahmadian, S., 2017.** Modeling the Habitat suitability of Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) Under the influence of climate change in Iran using software MAXENT. *Journal of Animal Environment*. 9(1): 13-20. (In Persian)
7. **Rebelo, H. and Jones, G., 2010.** Ground validation of presence-only modelling with rare species: a case study on barbastelles *Barbastella barbastellus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Applied Ecology*. 47(2): 410-20.
8. **Team, R.D.C., 2009.** A language and environment for statistical computing. [http://wwwR-project.org](http://www.R-project.org).
9. **Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. and Araújo, M.B., 2009.** BIOMOD—a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*. 32(3): 369-73.
10. **Ordiz, A., Bischof, R. and Swenson, J.E., 2013.** Saving large carnivores, but losing the apex predator? *Biological Conservation*. 168: 128-33.
11. **Ripple, W.J., Estes, J.A., Beschta, R.L., Wilmers, C.C., Ritchie, E.G. and Hebblewhite, M., 2014.** Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*. 343(6167): 1241484.
12. **Nezami, B., 2017.** Asiatic cheetah. Ecology and status of Asiatic cheetah in Iran. 93 p. (In Persian)
13. **Farhadinia, M.S., Gholikhani, N., Behnoud, P., Hobeali, K., Taktehrani, A. and Hosseini-Zavarei, F., 2016.** Wandering the barren deserts of Iran: Illuminating high mobility of the Asiatic cheetah with sparse data. *Journal of Arid Environments*. 134: 145-149.
14. **Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J. and Collingham, Y.C., 2004.** Extinction risk from climate change. *Nature*. 427(6970): 145-148.
15. **Loarie, S.R., Duffy, P.B., Hamilton, H., Asner, G.P., Field, C.B. and Ackerly, D.D., 2009.** The velocity of climate change. *Nature*. 462(7276): 1052-1055.
16. **Congress OTADPCUS. 1995.** Teachers and Technology: Making the Connection: DIANE Publishing Company.
17. **Wang, P.X. and Wei, Y.M., 1998.** Research, Demonstration and Extension of Sustainable Farming Systems for Rainfed Agriculture. World Publishing Corporation, Xi'an, PR China.

- series data of remote sensing (Case study: Touran Management Region). Journal of Animal Environment. 9(1): 1-12. (In Persian)
35. **Hemami, M., Esmaeili, S. and Soffianian, A., 2015.** Predicting the Distribution of Asiatic Cheetah, Persian Leopard and Brown Bear in Response to Environmental Factors in Isfahan Province. Iranian Journal of Applied Ecology. 4(13): 51-64. (in Persian)
  36. **Sarhangzadeh, J., Akbari, H., Mossavi, J. and Poorchitsaz, A., 2013.** Modeling of Asiatic cheetah habitat suitability in Dareh-Anjir wildlife refuge in Yazd province. Journal of Arid Biome. 3(2): 40-50. (in Persian)
  37. **Zamani, N. and Ghandali, M., 2017.** Modeling and Habitat Variables Affecting the Distribution of Iranian Cheetah (*Acinonyx jubatus venaticus*) using Ecological Niche Factor Analysis. Journal of Animal Environment. 9(3): 9-16. (in Persian)
  38. **Shams-Esfandabad, B., Nezami, B., Siavashan, N.N., Asadi, Z. and Ramezani, J., 2021.** Asiatic Cheetah's (*Acinonyx jubatus venaticus* Griffith, 1821) (Felidae: Carnivora) habitat suitability modeling in Iran. Journal of Wildlife and Biodiversity. 5(1): 15-31.
  39. **Andresen, L., Everatt, K.T. and Somers, M.J., 2014.** Use of site occupancy models for targeted monitoring of the cheetah. Journal of Zoology. 292(3): 212-220.
  40. **Qumsiyeh, M.B., Harrison, D.L. and Bates, P.J.J., 1992.** The Mammals of Arabia. Harrison Zoological Museum, Kent, England, xvi+354 pp., illus., 1991. Journal of Mammalogy. 73(1): 228-9.
  41. **Harrington, F.A., 1997.** A Guide to the Mammals of Iran: Department of the Environment.
  42. **Hunter, J., Durant, S. and Caro, T., 2007.** To flee or not to flee: predator avoidance by cheetahs at kills. Behavioral Ecology and Sociobiology. 61: 1033-42.
  43. **Farhadinia, M., 2004.** The last stronghold: cheetah in Iran. Cat News. 40: 11-14.
  44. **Leadley, P., 2010.** Biodiversity scenarios: projections of 21st century change in biodiversity, and associated ecosystem services: a technical report for the global biodiversity outlook 3: UNEP/Earthprint.
  45. **Soultan, A., Wikelski, M. and Safi, K., 2019.** Risk of biodiversity collapse under climate change in the Afro-Arabian region. Scientific Reports. 9(1): 955.
  46. **Olsson, O. and Rogers, D., 2009.** Predicting the distribution of a suitable habitat for the white stork in Southern Sweden: identifying priority areas for reintroduction and habitat restoration. Animal Conservation. 12(1): 62-70.
  47. **Gibson, L., Wilson, B., Cahill, D. and Hill, J., 2004.** Spatial prediction of rufous bristlebird habitat in a coastal heathland: a GIS-based approach. Journal of applied ecology. 41(2): 213-23.
  48. **Khalatbari, L., Jowkar, H., Yusefi, G., Brito, J. and Ostrowski, S., 2018.** The current status of *Asiatic cheetah* in Iran.