



Habitat Suitability Modeling of *Phasianus Colchicus* (Common Pheasant) in the North of Iranian Plateau

Document Type
Research Paper

Hossein Varasteh Moradi^{*1}, Shahrzad Rahmati², Malihe Borooghani³

Received:
2025/04/20

1. Corresponding author, Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: varasteh@gau.ac.ir
2. Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: Shahrzad.rahmati72@gmail.com
3. Department of Environmental Sciences, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mburooghny1994@yahoo.com

Accepted:
2026/06/08

Abstract

The use of habitat modeling methods in wildlife management has accelerated since the 1970s, so that it has become a suitable tool for conservation and management. In this study, the aim of the present study is to model habitat suitability and estimate areas with potential for *Phasianus colchicus* in the north of Iranian plateau using species distribution modeling methods. The common pheasant (*Phasianus colchicus*) is one of the key species of forest and rangeland ecosystems and plays an important role in maintaining biological balance. Considering threats such as habitat destruction and illegal hunting, studying the distribution of this species and identifying its favorable habitats can play an important role in conservation and management programs. Bioclimatic variables were obtained from the CHELSA database, topographic variables (including DEM and, accordingly, slope) in the study area were obtained from the US Geological Survey website, and species presence points were obtained from the GBIF database. To model the species distribution in this research, 3 generalized linear models (GLM), random forest (RF) and maximum entropy (MaxEnt) were used in R software (sdm package). The results show that the variable BIO7 is jointly estimated with high importance in two models and the random forest model with AUC=1 has the highest accuracy. In the RF model, the results of the final map showed that 31% of the studied habitat is considered very favorable for the species. On the other hand, 13% of the habitat is favorable, 8% is average, 13% is unfavorable and 33% is very unfavorable. According to the results of this study, temperature variables played a very important role in the distribution of pheasant species in the north of Iranian plateau. It can be acknowledged that the proper way to maintain and increase the population of this species is to manage the habitat and restore it.

Keyword: *Phasianus colchicus*, Species distribution models, Suitable habitat

Cite this article: Varasteh Moradi, H., Rahmati, Sh., & Borooghani, M. (2026). Habitat Suitability Modeling of *Phasianus Colchicus* (Common Pheasant) in the North of Iranian Plateau. *Journal of Environmental Research*, 17 (33), 87-107. <https://doi.org/10.22034/eiap.2026.255203>

© The Author(s).

Publisher: Iranian Association for Environmental Assessment



DOI: <https://doi.org/10.22034/eiap.2026.255203>

Introduction

Human-driven land-use change and habitat fragmentation are among the major threats to ecological integrity and biodiversity. Fragmentation reduces habitat connectivity, restricts animal movement and gene flow, and may increase the risk of population decline. Species distribution models (SDMs) are widely used to estimate potential species distributions and identify areas of suitable habitat under different environmental conditions. Among commonly applied approaches, Generalized Linear Models (GLM), Random Forest (RF), and Maximum Entropy (MaxEnt) provide complementary methods for modeling species–environment relationships.

The common pheasant (*Phasianus colchicus*) is an ecologically important bird in Iran and is closely associated with dense forest and shrub cover, forest edges, and suitable agricultural landscapes. Despite its global classification as Least Concern, Iranian populations are affected by illegal hunting, habitat degradation, land-use conversion, and other anthropogenic pressures. Previous studies in Iran have generally examined limited geographic areas and a relatively small number of environmental predictors. Therefore, this study aimed to model habitat suitability and identify areas with high occurrence potential for the common pheasant across the northern Iranian plateau (~205,400 km²) using CHELSA climatic variables and three SDM algorithms: GLM, RF, and MaxEnt.

Methodology

The study covered the northern plateau of Iran, including the southern Caspian coast and adjacent forested and semi-forested landscapes representing the main distribution range of the four recognized pheasant subspecies in Iran. A spatial database was developed by integrating species occurrence records with climatic and topographic environmental layers. All spatial datasets were standardized in terms of coordinate system and spatial resolution and clipped to the study area.

Nineteen bioclimatic variables were obtained from the CHELSA database at a spatial resolution of 1 km. These variables included 11 temperature-related predictors (Bio1–Bio11), representing annual temperature conditions, temperature seasonality, isothermality, and temperature extremes, and eight precipitation-related predictors (Bio12–Bio19), describing annual precipitation, precipitation seasonality, and precipitation during wet and dry periods. Elevation and slope were derived from USGS digital elevation data and were included as topographic predictors.

A total of 820 occurrence records of the common pheasant were obtained from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF). The records were screened, reformatted, and validated using ecological and spatial criteria to reduce the influence of erroneous or unreliable observations. Records occurring in documented natural habitats were prioritized for modeling. To reduce multicollinearity among environmental predictors, pairwise correlations were assessed, and variables with correlation coefficients greater than 0.75 were excluded from subsequent analyses.

Habitat suitability was modeled using three complementary SDM algorithms implemented in the *sdm* package in R: GLM, RF, and MaxEnt. GLM was applied as a regression-based approach for estimating occurrence probability, RF as an ensemble machine-learning method based on multiple classification trees, and MaxEnt as a presence-only method for estimating habitat suitability from environmental conditions associated with occurrence locations. Model performance was evaluated using the Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC) and the True Skill Statistic (TSS). AUC was used to assess discrimination between suitable and unsuitable habitat, whereas TSS incorporated sensitivity and specificity

to evaluate classification performance. The model with the highest predictive performance was subsequently used for detailed spatial interpretation.

Results and Discussion

Variable-importance analyses indicated that temperature-related variables and elevation were the principal environmental predictors of pheasant distribution. Annual temperature range (Bio7) was highly important in both RF and MaxEnt, while temperature seasonality (Bio4) was the most influential predictor in GLM. Jackknife analyses also identified annual temperature range, temperature seasonality, and elevation as important variables. The importance of elevation may reflect seasonal variation in habitat use, with lower elevations being more favorable during spring and autumn–winter and higher elevations becoming more suitable during summer when vegetation cover is denser. Increasing temperature was also associated with greater occurrence probability, potentially because warmer conditions support vegetation growth and improve food and cover availability.

All three models showed acceptable predictive performance, with AUC values exceeding 0.75. RF produced the highest predictive accuracy (AUC = 1.00), followed by MaxEnt (AUC = 0.90) and GLM (AUC = 0.88). Based on this comparison, RF was selected for subsequent spatial interpretation. The high performance of RF demonstrates the potential of ensemble machine-learning methods for predicting pheasant habitat suitability at a broad spatial scale.

All three models produced similar general spatial patterns, identifying higher habitat suitability in Gilan, Mazandaran, and Golestan provinces and the Arasbaran region. Suitable habitats were mainly concentrated along the northern forest belt and adjacent forest-edge areas, whereas lower suitability was predicted in North Khorasan and Razavi Khorasan. These patterns are consistent with the species' ecological association with dense vegetation, forest cover, and forest-edge habitats.

Using the RF suitability classes, 33% of the study area was classified as very unsuitable (0–0.2), 13% as unsuitable (0.2–0.4), 8% as moderately suitable (0.4–0.6), 13% as suitable (0.6–0.8), and 31% as highly suitable (0.8–1.0). Thus, approximately one-third of the northern Iranian plateau was identified as highly suitable for the common pheasant. Low elevation, gentle slopes, higher precipitation, and warmer temperatures were generally associated with higher habitat suitability, likely through their influence on vegetation structure and resource availability. In contrast, steep slopes, proximity to villages, and greater distance from forests, rivers, and croplands reduced predicted suitability.

The relative importance of predictors differed from some previous regional studies, which have emphasized factors such as distance from croplands, water bodies, human settlements, or anthropogenic pressures. Such differences may reflect variation in spatial scale, environmental conditions, modeling methods, and local habitat characteristics. In the present study, the broader geographic extent and incorporation of high-resolution CHELSA climatic variables allowed climatic and topographic controls to be evaluated alongside landscape characteristics. Overall, the findings indicate that temperature, elevation, vegetation-supported habitat conditions, and landscape context jointly shape pheasant distribution across northern Iran.

Conclusion

The three SDM approaches successfully characterized common pheasant habitat suitability across the northern Iranian plateau, with RF providing the highest predictive performance (AUC = 1.00). Temperature-related variables, particularly annual temperature range and temperature seasonality, together with elevation,

were the most influential predictors. The RF model classified 31% of the study area as highly suitable, mainly within the northern forest belt and associated forest-edge habitats.

The results emphasize the importance of protecting and restoring suitable forest and shrub habitats, maintaining habitat corridors, conducting population monitoring across the species' range, and strengthening anti-poaching measures. Season-specific habitat modeling and further investigation of threats and subspecies genetics are also recommended to improve long-term conservation planning for the common pheasant in Iran.



انجمن ارزیابی محیط زیست ایران
IRAN ASSOCIATION FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

پژوهش‌های محیط زیست

سال ۱۷، شماره ۳۳، بهار و تابستان ۱۴۰۵

Journal Homepage: www.iranciap.ir

Online ISSN 2008-9590 Print ISSN: 2008-9597

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

مدل سازی مطلوبیت زیستگاه گونه قرقاول معمولی در شمال فلات ایران

حسین وارسته مرادی^{۱*}، شهرزاد رحمتی^۲، ملیحه بروغنی^۳

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۱/۳۱

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۳/۱۸

۱. نویسنده مسئول، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

رایانامه: varasteh@gau.ac.ir

۲. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه:

Shahrzad.rahmati72@gmail.com

۳. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه:

mburooghny1994@yahoo.com

چکیده

استفاده از روش‌های مدل‌سازی زیستگاه در مدیریت حیات وحش از دهه ۱۹۷۰ سرعت یافته به‌طوری‌که به ابزاری مناسب برای حفاظت و مدیریت تبدیل شده است. این مدل‌ها بسته به هدف و نوع داده‌های در دسترس به دو دسته مدل‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور و مدل‌های وابسته به داده‌های فقط حضور تقسیم‌بندی می‌شوند. در پژوهش حاضر هدف مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و برآورد مناطق دارای پتانسیل بالقوه برای قرقاول معمولی (*Phasianus colchicus*) در شمال فلات ایران با استفاده از روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه است. قرقاول معمولی (*Phasianus colchicus*) به‌عنوان یکی از گونه‌های شاخص اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی، نقش مهمی در حفظ تعادل زیستی دارد. با توجه به تهدیداتی مانند تخریب زیستگاه و شکار غیرمجاز، مطالعه توزیع این گونه و شناسایی زیستگاه‌های مطلوب آن می‌تواند نقش مهمی در برنامه‌های حفاظتی و مدیریتی ایفا کند. متغیرهای زیست‌اقليمی از پایگاه داده CHELSA، متغیرهای توپوگرافی (شامل ارتفاع و شیب) در محدوده مورد مطالعه گردآوری شدند. برای مدل‌سازی توزیع گونه در تحقیق حاضر از سه مدل خطی تعمیم یافته (GLM)، جنگل تصادفی (RF) و بیشینه آنتروپی (MaxEnt) (به‌عنوان رایج‌ترین مدل‌ها در این زمینه) استفاده شد. نتایج نشان داد که متغیر BIO7 به‌طور مشترک با اهمیت بالایی در دو مدل برآورد شده است و مدل RF با $AUC=1$ بیشترین صحت را دارد. در مدل RF نتایج نقشه نهایی نشان داد که از زیستگاه مورد مطالعه ۳۱ درصد برای گونه جزء زیستگاه بسیار مطلوب به حساب می‌آید. از طرفی، ۱۳ درصد زیستگاه مطلوب، ۸ درصد متوسط، ۱۳ درصد نامطلوب و ۳۳ درصد بسیار نامطلوب است. مطابق نتایج این مطالعه، متغیرهای دمایی نقش بسیار مهمی در پراکنش گونه قرقاول در شمال فلات ایران کشور داشته‌اند. می‌توان ادعان نمود که راهکار مناسب حفظ جمعیت این گونه و افزایش آن، مدیریت زیستگاه و احیای آن است.

کلیدواژه‌ها: قرقاول معمولی، مدل‌های توزیع گونه، زیستگاه مطلوب

استناد: وارسته مرادی، حسین؛ رحمتی، شهرزاد و بروغنی، ملیحه (۱۴۰۵). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه قرقاول معمولی در شمال فلات ایران. *نشریه پژوهش‌های محیط زیست*، ۱۷ (۳۳)، ۸۷-۱۰۷. <https://doi.org/10.22034/eiap.2026.255203>



نویسندگان ©

ناشر: انجمن ارزیابی محیط زیست ایران.

سرآغاز

در حال حاضر، تغییرات وارد شده بر پوشش طبیعی زمین ناشی از فعالیت‌های انسان، اثرات فراوانی روی یکپارچگی اکولوژیکی به همراه پیامدهایی بر روند طبیعی محیط‌زیستی، زیستگاه گونه‌ها و تنوع‌زیستی به همراه دارد (Hasan et al., 2021). در حقیقت، با شدت گرفتن پدیده شهرنشینی، زمین‌های بسیاری جهت ساخت‌وساز و توسعه در حال استفاده و بهره‌برداری هستند (Fahrig & McGill, 2018). بنابراین، بسیاری از فضاها اکولوژیکی بزرگ که تامین‌کننده تنوع‌زیستی شهرها هستند، امروزه در معرض هر چه بیشتر پدیده‌هایی از جمله تکه‌تکه شدن، نابودی زیستگاه‌ها و گونه‌ها شده است (Lord & Norton, 1990).

از سویی، نابودی زیستگاه‌ها و تخریب زیستگاه‌های طبیعی ناشی از دخالت‌های بیش از حد انسانی یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر روند تداوم و بقای گونه‌ها در زیستگاه‌ها به‌شمار می‌رود. از این‌رو، تبادل ژن‌ها و افراد در بین قطعات باقیمانده که ناشی از تکه‌تکه‌شدگی هست می‌تواند به‌عنوان یک مانع بزرگ برای بقا و تنوع‌زیستی بین گونه‌ها در زیستگاه‌ها تلقی شود (Cheptou et al., 2017). بنابراین، شناخت زیستگاه‌ها و نیازهای زیستگاهی زیست‌مندان از مهمترین بخش‌های حفاظت حیات‌وحش به‌ویژه گونه‌های در معرض خطر انقراض و آسیب‌پذیر تلقی می‌شود، که بررسی و پی بردن به آن مستلزم تعیین نحوه توزیع و حضور جغرافیایی گونه‌ها است (Fourcade et al., 2014). در راستای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها مدل‌های بسیاری در این زمینه به‌کار رفته است که از این میان می‌توان به روش حداکثر آنتروپی MaxEnt به‌عنوان یکی از رایج‌ترین و محبوب‌ترین الگوریتم‌های به‌کار رفته در مدل‌سازی توزیع فضایی گونه‌ها اشاره کرد (Phillips et al., 2009). از دیگر روش‌های پر کاربرد در این راستا می‌توان به SDMs اشاره کرد که در حقیقت، SDM ها به برآورد و پیش‌بینی توزیع دامنه جغرافیایی بالقوه گونه موردنظر با ویژگی‌های محیط‌زیستی منطقه موردنظر می‌پردازد.

طی دهه‌های گذشته مدل‌های توزیع گونه‌ها (SDMs)^۱ به پرستفاده‌ترین ابزار برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر تنوع‌زیستی تبدیل شده‌اند. تا به امروز روش‌های مدل‌سازی توزیع مکانی برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم بر گروه‌های مختلف جانوری و گیاهی استفاده شده است. بنابراین، استفاده از روش‌های مدل‌سازی زیستگاه در مدیریت حیات‌وحش از دهه ۱۹۷۰ سرعت یافته به‌طوری‌که به ابزاری مناسب برای حفاظت و مدیریت تبدیل شده است (Morovati et al., 2017). این مدل‌ها بسته به هدف و نوع داده‌های در دسترس به دو دسته مدل‌های وابسته به داده‌های حضور و عدم حضور و مدل‌های وابسته به داده‌های فقط حضور تقسیم‌بندی می‌شوند (Ahmadzadeh et al., 2017). استفاده از مدل‌هایی که تنها نیازمند داده‌های حضور هستند، می‌تواند از خطاهای حاصل از به‌کارگیری داده‌های عدم حضور که در برخی موارد با عدم قطعیت‌های زیادی همراه است، جلوگیری کند؛ اما داده‌های فقط حضور نیز خود دارای محدودیت‌هایی هستند. محدودیت اساسی داده‌های صرفاً حضوری آن است که خطای انتخاب نمونه تأثیر شدیدتری روی مدل‌های تنها حضوری نسبت به مدل‌های حضور-عدم حضور دارد. با این حال، یک نمونه از بهترین و پرکاربردترین روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه‌ها، مدلی است که از داده‌های فقط حضور استفاده می‌کند. در پژوهش حاضر هدف بررسی مناطق مطلوب و به عبارتی برآورد مطلوبیت زیستگاه گونه قرقاول معمولی در شمال فلات ایران به‌عنوان مناطق متمرکز حضور گونه با استفاده از روش‌های مدل‌سازی گونه در نرم‌افزار R است. مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل مدل خطی تعمیم یافته، مدل جنگل تصادفی و مدل آنتروپی بیشینه است. در این تحقیق بعد از تعیین نقاط دقیق حضور گونه و دریافت لایه‌های محیطی از پایگاه‌های داده مربوط، مدل‌سازی انجام شده و مطلوبیت زیستگاه برای گونه قرقاول معمولی برآورد شد.

امروزه، به کارگیری این مدل‌ها تا کنون برای بسیاری از گونه‌ها انجام شده است. پرندگان دسته‌ای از این گونه‌ها به‌شمار می‌روند که به دلیل حساسیت و واکنش سریع به تغییرات ایجاد شده در ساختار، اقلیم خرد، زیستگاه خرد و ترکیبات پوشش گیاهی جنگل به‌عنوان یک شاخص محیط‌زیستی شناخته شده‌اند (Fimbel et al., 2001). قرقاول‌ها در بین پرندگان یکی از این شاخص‌های محیط‌زیستی محسوب می‌شوند. قرقاول از جمله پرندگان با ارزش بومی و نادر و یکی از زیباترین پرندگان ایران است که با روش تغذیه خود از دانه‌های گیاهی و حشرات در حفظ محصولات کشاورزی و تنوع‌زیستی کشور بسیار مفید و حائز اهمیت است (Chalepianlou, 2000). گونه قرقاول *Phasianus colchicus* از راسته ماکیان‌سانان است که تمامی گونه‌های این پرنده، بومی منطقه جغرافیایی جانوری اروپا-

آسیا است (Delacour, 1977). پراکنش این گونه بومی در ایران، از شمال غرب تا شمال شرق کشور بوده و شامل ۴ زیرگونه قرقاول بال‌نقره‌ای در شمال شرق ایران، قرقاول مازندرانی در جنوب شرقی خزر، زیر گونه تالشی در جنوب غربی منطقه تالش و در نهایت زیر گونه ارسباران در شمال غرب ایران است (Mansouri, 1988). قرقاول ایرانی با شرایط زیستگاه‌های شمال کشور کاملاً سازگاری دارد و به‌صورت دائم و فصلی بر حسب عادت و رفتار (لانه گزینی، عادت غذایی و تولیدمثلی) از قسمت‌های مختلف این مناطق استفاده می‌کند. از طرفی، تراکم گونه‌های درختی و درختچه‌ای، بکر و دست‌نخورده بودن بیشه‌زارها، زیستگاه‌های جنگلی و نوع کشت، وجود پرچین‌ها در حاشیه کشتزارها و امنیت و آرامش در زیستگاه‌های حاشیه جنگل از شرایط مناسب برای حضور قرقاول محسوب می‌شود. در ایران، با وجود داشتن زیستگاه‌های متفاوت برای انواع گوناگون پرندگان، گونه قرقاول نیز بیش از سایر گونه‌ها شناخته شده است و زیستگاه‌های شمالی در کشور مکان‌های مناسبی را برای زیستن این گونه با ارزش فراهم کرده است. بنابراین، شناخت درست از این گونه و پی بردن به ارزش آن جهت حفظ و نگهداری آن بسیار حائز اهمیت است (Karami et al., 2008). فعالیت‌ها و تهدیدهای زیادی از جمله تغییر کاربری اراضی، شکار غیرمجاز و بهره‌برداری از جنگل‌ها ممکن است زیستگاه قرقاول را در ایران محدود کند. در این میان، پدیده تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه قرقاول به‌عنوان مهمترین عامل تهدید برای گونه و حیات‌وحش در نظر گرفته شده است. بنابراین، یافتن روش‌های مناسب جهت بررسی و ارزیابی گونه و زیستگاه آن الزامی است (Genovesi et al., 1999). گونه قرقاول معمولی (*Phasianus colchicus*) در فهرست سرخ IUCN در طبقه کمترین نگرانی (Least Concern - LC) قرار دارد، به این دلیل که دارای جمعیت گسترده و پراکنش وسیعی است. با این حال، در برخی مناطق، به دلیل شکار بی‌رویه، تخریب زیستگاه و رقابت با گونه‌های مهاجم، کاهش جمعیت مشاهده شده است.

در ایران، قرقاول معمولی به‌عنوان گونه‌ای حمایت‌شده شناخته می‌شود و در برخی مناطق، شکار آن ممنوع یا دارای محدودیت‌های قانونی است. زیستگاه اصلی این پرند در ایران، شمال کشور (حاشیه دریای خزر) و بخش‌هایی از شمال غربی کشور است. مهمترین تهدیدات آن در ایران شامل شکار غیرمجاز، تخریب زیستگاه‌های جنگلی و تبدیل اراضی به زمین‌های کشاورزی است.

از آنجایی که مدل‌های توزیع گونه، امکان تخمین پتانسیل بالقوه پراکنش گونه‌های حیات‌وحش در مقیاس گسترده را بدون نیاز به حجم وسیعی از اطلاعات جزئی گونه، فراهم می‌کنند و از این حیث کمک شایانی به طرح‌ریزی‌های حفاظتی و مدیریتی زیستگاه‌ها خواهند کرد، در پژوهش حاضر هدف مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه و برآورد مناطق دارای پتانسیل بالقوه برای گونه قرقاول معمولی (*Phasianus colchicus*) در شمال فلات ایران با وسعت حدودی ۲۰۵۴۰۰ کیلومتر مربع با استفاده از روش‌های مدل‌سازی توزیع گونه است.

با توجه به مطالعات قبلی در زمینه توزیع گونه قرقاول معمولی در ایران، لازم به ذکر است که اغلب این مطالعات تنها به متغیرهای محدودی پرداخته‌اند و بسیاری از آنها به‌ویژه از داده‌های جامع‌تری مانند داده‌های پایگاه CHELSA استفاده نکرده‌اند. در این مطالعه، برای نخستین بار از داده‌های دقیق و به‌روز این پایگاه استفاده شده است که می‌تواند نتایج به‌مراتب دقیق‌تری را در مورد توزیع و مطلوبیت زیستگاه گونه فراهم کند.

علاوه بر این، باید اشاره کرد که بسیاری از مطالعات قبلی تنها به بررسی توزیع گونه در بخشی از شمال ایران پرداخته‌اند، در حالی که مطالعه حاضر به‌طور جامع‌تر شمال فلات ایران را در بر می‌گیرد. این گسترش جغرافیایی مطالعه، امکان بررسی تغییرات توزیع و مطلوبیت زیستگاه در نواحی مختلف شمال فلات ایران را فراهم کرده است و می‌تواند به شناسایی الگوهای متفاوت و تهدیدات خاص در هر بخش از این مناطق کمک کند.

پیشینه پژوهش

مطالعات بسیاری در زمینه‌های مطلوبیت زیستگاه گونه‌ها به‌ویژه قرقاول معمولی انجام گرفته است که می‌توان به چند مورد در زیر اشاره کرد.

(Mahini et al., 2008)، به مطالعه تعیین ظرفیت برد زیستگاه‌های قرقاول و کبک در استان گلستان واقع در شمال شرق ایران و شرق

دریای خزر با روش ارزیابی چند متغیره MCA پرداختند. انتخاب روش، بر اساس کیفیت داده‌های متغیر وابسته و یا پراکنش پرنده در سطح استان بوده است. به این منظور، دو مدل حرفی ارائه شد تا وزن‌دهی و ترکیب کردن اطلاعات به‌نحو بهتری صورت پذیرد. در طی این فرایند، به‌منظور استانداردسازی دامنه اعداد متغیرها براساس مفهوم فازی صورت گرفت. زیستگاه پرنده به‌طور عمومی اما دقیق‌تر از نقشه‌های پراکنش اولیه تعیین شد. نتیجه ارزیابی نیز براساس نظر کارشناسی و نقشه‌های اولیه پراکنش ارزیابی شد.

پناهنده در سال (۲۰۰۸)، به مطالعه ارزیابی زیستگاه قرقاول معمولی در زیستگاه توتستان واقع در استان گیلان با روش HEP (Habitat evaluation procedure) پرداختند. از روش شمارش آوای قرقاول‌های نر در فصل جفت‌گیری (بهار) و روش مشاهده مستقیم (برآوردکننده هین) در چهار قسمت زیستگاه توتستان، استفاده کردند. یافته‌ها نشان داد از مهمترین عوامل مطلوبیت زیستگاه این گونه، تراکم پوشش بوته‌ای (تمشک)، میانگین ارتفاع بوته و علف به پناه و مکانی برای آشیانه‌سازی است.

Moladost, (2013)، به بررسی آثار تخریب جنگل‌های شمال ایران و تاثیر آن بر زندگی قرقاول ایرانی پرداخت. نتایج نشان از آن داشت که حیات این گونه توسط عوامل طبیعی و انسانی به‌خصوص شکار و تخریب زیستگاه، به شدت در حال تهدید است. مهمترین عواملی که به زیستگاه گونه در شمال کشور آسیب جدی وارد می‌کند شامل تخریب زیستگاه و جنگل‌ها، کاهش وسعت آن، تبدیل زیستگاه‌ها به اراضی کشاورزی و یا تفریحی، آتش سوزی عمدی و غیرعمدی پوشش گیاهی، اثرات کاربرد سموم و کودهای شیمیایی در حاشیه جنگل‌ها و مزارع به‌عنوان عمده‌ترین عوامل تهدیدکننده جمعیت قرقاول‌ها در شمال کشور هستند.

همچنین Mirzaei et al., (2014)، به تعیین مطلوبیت زیستگاه قرقاول (*Phasianus colchicus*) در استان گلستان با به‌کارگیری مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی پرداختند. این مطالعه مطلوبیت زیستگاه را با استفاده از مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی تعیین کرد.

Zadbar et al., (2011) با استفاده از نرم‌افزار مکسنت به بررسی پراکنش قرقاول معمولی در منطقه شکار ممنوع لفور پرداخت. نتایج تحقیق نشان داد که مدل مکسنت با مقدار شاخص AUC حدوداً ۰/۷۶ از قدرت برآورد خوبی جهت ارزیابی زیستگاه قرقاول در منطقه مورد تحقیق بهره‌مند بوده است.

Naderi & Alipour ardi, (2020)، در مطالعه‌ای در استان اردبیل به بررسی عوامل مؤثر بر انتخاب زیستگاه قرقاول معمولی با استفاده از مدل هیبریدی فرایند تحلیل شبکه‌ای-فازی پرداختند. نتایج نشان داد که عدم حضور شکارچی و نزدیکی به ایستگاه مرزبانی از مهمترین معیارهای انتخاب زیستگاه برای این گونه هستند. علاوه بر این، تحلیل رگرسیونی نیز ارتباط معناداری بین این عوامل و جمعیت قرقاول‌ها را تأیید کرد.

Ahmadpour et al., (2023)، در پژوهشی در ذخیره‌گاه زیست‌کره میانکاله به بررسی مطلوبیت زیستگاه قرقاول خزری (*Phasianus colchicus persicus*) با استفاده از مدل پیشینه آنتروپی پرداختند. نتایج نشان داد که نزدیکی به منابع آبی، تراکم بالای پوشش گیاهی و نزدیکی به پاسگاه‌های محیط‌بانی تأثیر زیادی در مطلوبیت زیستگاه این گونه دارند. با این حال، تخریب زیستگاه‌های ساحلی، تبدیل اراضی، آتش‌سوزی و استفاده از سموم کشاورزی موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه شده و آن را به مناطق جنوب‌غربی منطقه محدود کرده است.

Pitrsun et al., (2006)، با استفاده از روش گارپ به برآورد توزیع پرندگان در مکزیک پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش گویای این بود که مدل GARP روش بسیار مطلوب و مناسبی در بوم‌شناسی، جغرافیای زیستی و حفاظت پرندگان است.

Long et al., (2007)، به مطالعه انتخاب زیستگاه و لانه‌سازی قرقاول معمولی در فصل بهار و تابستان در ناچونگ چین پرداختند. نتایج نشان داد قرقاول، زیستگاه‌هایی با پوشش درختچه‌ای بالا، شیب متوسط، تاج پوشش تاکستان، فاصله زیاد با جاده، بوته‌های بلند با پوشش زیاد را انتخاب می‌کند.

نتایج مطالعه Ashoori et al., (2018)، مبنی بر مدل‌سازی پراکنش زیرگونه *P. c. talischensis* با ۱۲۲ نقطه حضور در استان گیلان نشان داد که فاصله از اراضی کشاورزی و جنگل‌های دست‌کاشت مهمترین عوامل تأثیرگذار بر پراکنش گونه هستند. زیستگاه‌های مناسب ۳۱۵،۹۹۰ هکتار برآورد شد و تغییر ارتفاعی در پراکنش مشاهده گردید.

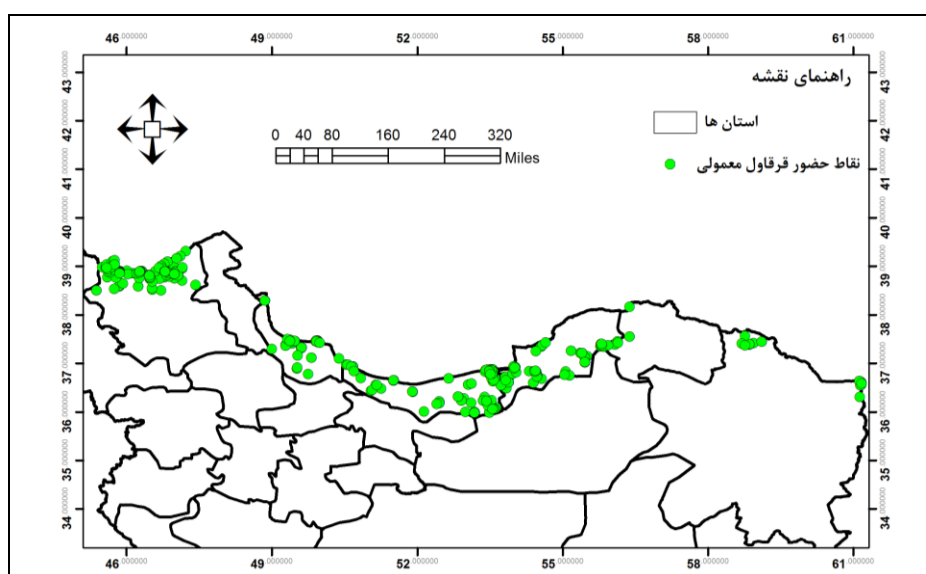
در مطالعه Asgharzadeh et al., (2023)، در استان مازندران، تأثیر تغییرات اقلیمی و پوشش زمین بر مطلوبیت زیستگاه قرقاول معمولی (*Phasianus colchicus*) تا سال ۲۰۵۰ مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد که از ۶۰۰۰ کیلومتر مربع زیستگاه مناسب، بین ۹۰۰ تا

۱۹۶۵ کیلومتر مربع است از بین برود. در ارتفاعات پایین، تغییرات کاربری زمین و در ارتفاعات بالا، تغییرات اقلیمی بیشترین تأثیر را دارند.

روش‌شناسی پژوهش

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شمال فلات ایران بود (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش و مراحل انجام آن

در این مطالعه، هدف ارائه نقشه مناطق دارای پتانسیل پراکنش گونه قرقاول معمولی با استفاده از مدل‌های توزیع گونه بود. این عمل در نهایت به مدیریت و حفاظت هر چه بهتر گونه و زیستگاه کمک خواهد کرد. در این راستا مراحل زیر انجام شد:

تشکیل پایگاه داده

پایگاه داده‌های مکانی نیاز اولیه تشخیص‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها است. به‌منظور تشکیل پایگاه داده موردنیاز برای انجام پژوهش از تصاویر پیوسته حاصل از ایستگاه‌های زمینی، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های میدانی (نقاط حضور) استفاده شد. در ابتدا، با انجام اصلاحات، لایه‌های موردنظر تهیه شدند. بعضی از اصلاحات و پیش‌پردازش‌های انجام شده عبارت بودند از:

- یکسان کردن اندازه سلول‌ها
- یکسان کردن سیستم مختصات جغرافیایی
- برش تصاویر

لایه‌های زیستگاهی

کاربرد داده‌های آب‌وهوایی با بزرگنمایی بالا برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی در علوم محیطی و بوم‌شناختی ضروری است. نمایش تغییرات زمانی و مکانی دما و بارندگی برای یافتن فصول رشد، گستره‌های اکولوژیکی و مهاجرت گونه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. امروزه در بسیاری از مراحل مدل‌سازی توزیع گونه‌ها، از متغیرهای زیست-اقلیمی استفاده می‌شود. متغیرهای زیست-اقلیمی که شامل ۱۹ متغیر آب‌وهوایی هستند (جدول ۱) و همچنین معیارهای توپوگرافی به‌عنوان متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش گونه قرقاول معمولی انتخاب

شدند. متغیرهای زیست‌اقليمی (با رزولوشن ۱ کیلومتر در مقیاس جهانی) از پایگاه داده CHELSA و متغیرهای توپوگرافی (شامل ارتفاع و به تبع آن شیب) در محدوده مورد مطالعه از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا دریافت شدند.

جدول ۱. فهرست متغیرهای زیست-اقليمی

Bioclimatic variable No.	Climatic parameter
BIO1	Annual mean temperature
BIO2	Mean diurnal range (max temp/min temp)(monthly average)
BIO3	Isothermality (BIO1/BIO7)×100
BIO4	Temperature seasonality (Coefficient of Variation)
BIO5	Max. temperature of warmest period
BIO6	Min. temperature of coldest period
BIO7	Temperature annual range (BIO5-BIO6)
BIO8	Mean temperature of wettest quarter
BIO9	Mean temperature of driest quarter
BIO10	Mean temperature of warmest quarter
BIO11	Mean temperature of coldest quarter
BIO12	Annual precipitation
BIO13	Precipitation of wettest period
BIO14	Precipitation of driest period
BIO15	Precipitation seasonality (Coefficient of Variation)
BIO16	Precipitation of wettest quarter
BIO17	Precipitation of driest quarter
BIO18	Precipitation of warmest quarter
BIO19	Precipitation of coldest quarter

نقاط حضور گونه‌ها

محل حضور گونه‌ها به‌عنوان داده تعلیمی برای پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از نقاط حضور گونه از کل محدوده پراکنش آن می‌تواند نتایج واقع‌بینانه‌تری را در ارتباط با گونه ارائه دهد (Kafash & Yousefi, 2017). تعداد داده‌های حضور به عوامل زیادی از جمله یکنواختی منطقه از نظر شاخص‌های توپوگرافی، میزان اختصاصی بودن گونه و مقدار دقیق بودن مطالعه دارد (Alipour et al., 2015). به‌منظور تهیه فایل نقاط حضور گونه، پس از دریافت مناطق ثبت شده حضور از سایت GBIF و غربال‌گری و پایش آنها، تغییر فرمت‌های لازم انجام و نقاط مورد استفاده قرار گرفت. در ارزیابی صحت نقاط حضور، پس از مشاوره با کارشناسان اکولوژیست و مقایسه با مشاهدات میدانی، صحت آنها تایید شد. علاوه بر این، برای اطمینان از اعتبار داده‌ها، از روش‌های آماری برای حذف نقاط نادرست و بررسی هم‌پوشانی با زیستگاه‌های شناخته‌شده گونه استفاده شد. این مطالعه تاکید داشت نقاط حضور در نواحی طبیعی و زیستگاه‌های شناخته‌شده باید اولویت‌دار باشد تا از تأثیرات جانبی داده‌های غیرواقعی جلوگیری شود. بدین ترتیب تعداد ۸۲۰ نقطه حضور مورد استفاده قرار گرفت.

همبستگی لایه‌ها

تحلیل مدل‌های توزیع گونه نیاز به متغیرهایی دارد که مطلقاً غیروابسته هستند. معمولاً توصیه می‌شود متغیرهایی که دارای ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۷۵ هستند در مرحله بعد مدل‌سازی نادیده گرفته شوند. تصمیم در مورد حفظ و یا حذف دو متغیر همبسته به میزان اطلاعات و دانش فردی کاربر از گونه مورد مطالعه مربوط است (Madadi et al., 2017). به این منظور، در تحقیق حاضر ابتدا خودهمبستگی لایه‌ها محاسبه و لایه‌های نهایی انتخاب شدند.

مدل‌های توزیع گونه

برای مدل‌سازی توزیع گونه در تحقیق حاضر از ۳ مدل خطی تعمیم یافته (GLM)^۲، جنگل تصادفی (RF)^۳ و بیشینه آنتروپی (MaxEnt) (به‌عنوان رایج‌ترین مدل‌ها در این زمینه) در نرم‌افزار R (پکیج sdm) استفاده شد (Naimi & Araujo, 2016).

مدل RF

روش جنگل تصادفی بسیاری از نمونه‌های Bootstrap را از داده‌ها انتخاب می‌کند و تعداد زیادی از درخت‌های رگرسیونی را برای هر کدام از این زیرنمونه‌ها تولید نموده و سازگار می‌کند. هر درخت برای پیش‌بینی مشاهدات نمونه‌های خارج از بوت استرپ استفاده می‌شود. طبقه‌بندی انجام شده با در نظر گرفتن هر درخت به‌عنوان یک «رای» و طبقه پیش‌بینی‌شده توسط رای اکثریت در میان تمام درختان مشخص می‌شود (Breiman, 2001). آموزش هر درخت تصمیم در جنگل تصادفی، به‌وسیله گزینش تصادفی نمونه‌های Bootstrap که از حدود دو سوم مولفه‌های مجموعه داده اصلی تشکیل شده است، صورت می‌گیرد. به ازای هر نمونه Bootstrap یک درخت رگرسیونی یا طبقه‌بندی رشد داده می‌شود و پیش‌بینی نهایی مدل به واسطه گردآوری پیش‌بینی‌ها از هر کدام از درخت‌ها صورت می‌گیرد. فرایند گردآوری نتایج در روش جنگل تصادفی رگرسیونی با استفاده از میانگین تمام پیش‌بینی‌ها و در روش جنگل تصادفی، طبقه‌بندی با در نظر گرفتن بیشترین رأی برای یک طبقه انجام می‌شود. داده‌هایی که در زمره مجموعه‌های آموزشی قرار نمی‌گیرند، داده‌های خارج از کیسه (OOB)⁴ نامیده می‌شوند. مولفه‌های اصلی جنگل تصادفی شامل تعدادی متغیر تصادفی برای شکافتن هر گره و تعداد درختان در جنگل است (Liaw & Wiener, 2002). تعداد دو متغیر مذکور توسط روش‌هایی همچون آزمون و خطا، تنظیم کردن و مقادیر پیش‌فرض $p/3$ (= تعداد متغیر) تعیین می‌شوند.

مدل MaxEnt

اصل این مدل به حداکثر آنتروپی یا نزدیک با واقعیت برمی‌گردد (Pourghasem et al., 2014). آنتروپی معیاری از عدم قطعیت است (Madadi et al., 2017). برای مدل‌سازی آشیان بوم‌شناختی گونه‌های مورد مطالعه، الگوریتم بیشینه آنتروپی (Phillips et al., 2006) به کار گرفته می‌شود که می‌تواند برای مدل‌سازی توزیع گونه در مطالعات حفاظتی اجرا شود (Elith & Leathwick, 2009). بر اساس این مدل بیان می‌شود که در تخمین یک توزیع نامعلوم، توزیعی نزدیک به واقعیت است که دارای حداکثر آشفتگی است. در مدل‌سازی زیستگاه، این به معنی توزیعی است که به توزیع یکنواخت نزدیک‌تر باشد. برنامه MaxEnt توسط Phillips و همکاران در سال ۲۰۰۴ به منظور توزیع احتمالی جغرافیایی گونه‌ها با استفاده از داده‌های موجود و پارامترهای محیطی ایجاد شد. این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه محیط‌زیستی همراه با تعدادی نقاط حضور گونه به دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه به صورت تابعی از متغیرهای محیط‌زیستی بیان می‌شود و ارزش بالا نشان‌دهنده مطلوبیت زیستگاه برای گونه است. گام مهم در فرموله کردن مدل بوم‌شناختی روش فوق، استفاده از یک مجموعه ویژگی‌های مطلوب است. این ویژگی‌ها در واقع متغیرهای محیط‌زیستی محدودکننده توزیع جغرافیایی گونه هستند و لایه محیط‌زیستی برای تولید مشخصه‌هایی که توزیع احتمالی گونه را محدود می‌کنند به کار می‌رود.

مدل GLM

مدل خطی تعمیم یافته یا GLM یکی از رویکردهای چند متغیره مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه با توزیع دو جمله‌ای و تابع پیوند منطقی است که با استفاده از داده‌های حضور و عدم حضور پیش‌بینی حضور گونه را انجام می‌دهد (Braunisch & Suchant, 2007; Elith et al., 2006).

این مدل یک مدل پارامتری بوده و نسبت به دیگر مدل‌های خطی، گستردگی بیشتری دارد. از این مدل زمانی که توزیع داده‌ها به صورت نرمال نبوده و سایر روش‌های مدل رگرسیون مناسب نباشند، استفاده می‌شود (Jafarian & Kargar, 2017). در این مدل‌ها، متغیر پاسخ می‌تواند پیوسته یا گسسته باشد و رابطه بین متغیر پاسخ و متغیرهای مستقل به شکل خطی ساده نیست.

ارزیابی صحت خروجی مدل‌های توزیع گونه

عملکرد مدل‌های توزیع گونه با معیارهای کمی قابل سنجش است (Liu et al., 2011). دو نمونه از مهمترین این معیارها AUC و

3. Random forest

4. Out Of Bag

TSS هستند. از آماره AUC/ROC در دامنه ۰-۱ بر اساس محاسبه درصد مثبت کاذب^۵ و درصد مثبت صحیح^۶ به منظور مقایسه یک تصویر پیوسته شایستگی با یک تصویر بولین استفاده می‌شود که ارزش ۱ نشان‌دهنده توافق مکانی کامل و ارزش ۰/۵ نشان‌دهنده توافق تصادفی است (Schneider, 2001; & Pontius Eastman, 2012).

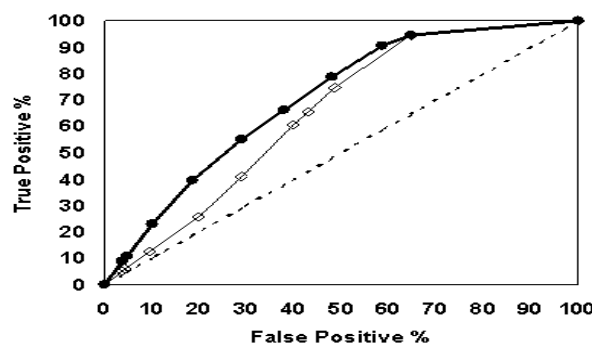
آماره ROC مشتق شده از جدول توافقی^۷ بر اساس مقایسه تصویر شبیه‌سازی^۸ شده با تصویر مرجع^۹ است (جدول ۲). ارزش درصد مثبت صحیح از طریق رابطه $A/(A+C)$ و ارزش درصد مثبت کاذب از طریق رابطه $B/(B+D)$ محاسبه می‌شود که A، B، C و D تعداد پیکسل برای هر آستانه است (Schneider, 2001 & Pontius). میزان آماره AUC از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (Eastman, 2012).

جدول ۲. جدول توافقی شاخص ROC

تصویر مرجع			
عدم وجود در طبقه مورد نظر (۰)	وجود در طبقه مورد نظر (۱)		
B (مثبت کاذب)	A (مثبت صحیح)	وجود در طبقه مورد نظر (با حد آستانه)	تصویر شبیه‌سازی شده
D (منفی صحیح)	C (منفی کاذب)	عدم وجود در طبقه مورد نظر (بدون حد آستانه)	

$$AreaUnderCurve = \sum_{i=1}^n [x_{i+1} - x_i] \times [y_i + (y_{i+1} - y_i) / 2] \quad \text{رابطه ۱}$$

همچنین، آماره ROC در قالب نمودار ارائه می‌شود که در این نمودار درصد مثبت صحیح روی محور عمودی و f درصد مثبت کاذب در محور افقی رسم می‌شود (شکل ۲) (Schneider, 2001 & Pontius Eastman, 2012;).



شکل ۲. نمودار قرارگیری True Positive % و False Positive % در آماره ROC

5. False positive
6. True positive
7. Contingency Tables
8. Simulated Image
9. Reference Image

همین‌طور، برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از شاخص مهارت واقعی^{۱۰} استفاده شد. آماره مهارت واقعی (TSS) یک جایگزین برای AUC است که مستقل از درجه شیوع بوده و بر اساس حساسیت (Sensitivity) و ویژگی (Specificity) محاسبه می‌شود و به‌عنوان یک اندازه‌گیری ساده و قابل فهم برای صحت SDM‌ها به‌شمار می‌رود. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود (رابطه ۲) (shabani et al., 2018):

$$\text{TSS} = \text{Sensitivity} + \text{Specificity} - 1 \quad (\text{رابطه ۲})$$

اگر چه TSS محدود به نقشه‌های دودویی^{۱۱} است، ولی نیازمند یک حد آستانه تشخیص قراردادی است و تغییرات TSS به‌طور قابل‌توجهی بستگی به آن حد آستانه دارد. یکی از مزیت‌های TSS، عدم حساسیت به درصد پراکنش و اندازه نمونه است. این آماره خطاهای Sensitivity و Specificity را در نظر می‌گیرد و از نظر کمی مقادیر بیشتر از ۰/۶ آن، عملکرد خوب، بین ۰/۲ تا ۰/۶ عملکرد نسبتاً خوب و کمتر از ۰/۲ عملکرد ضعیف مدل‌سازی را نشان می‌دهد. Specificity قدرت مدل در تشخیص و تعیین مناطقی است که گونه در آن حضور نداشته است و Sensitivity توانایی مدل در تعیین نقاط حضور گونه است (Ruete & Leynaud, 2015).

نتایج

نتایج همبستگی لایه‌ها

نتایج حاصل از همبستگی مدل‌ها برای هر کدام از گونه‌ها به‌صورت زیر مشخص شد. لایه‌های مشخص شده در جدول (۳) به‌عنوان متغیرهای غیرهمبسته در مراحل مختلف مدل‌سازی لحاظ شدند.

جدول ۳. متغیرهای زیست اقلیمی غیرهمبسته برای ورود به مرحله مدل‌سازی

متغیر	گونه
Bio ^{۱۹}	✓
Bio ^{۱۸}	
Bio ^{۱۷}	
Bio ^{۱۶}	
Bio ^{۱۵}	
Bio ^{۱۴}	
Bio ^{۱۳}	
Bio ^{۱۲}	
Bio ^{۱۱}	✓
Bio ^{۱۰}	
Bio ^۹	✓
Bio ^۸	
Bio ^۷	✓
Bio ^۶	✓
Bio ^۵	
Bio ^۴	✓
Bio ^۳	
Bio ^۲	
Bio ^۱	✓

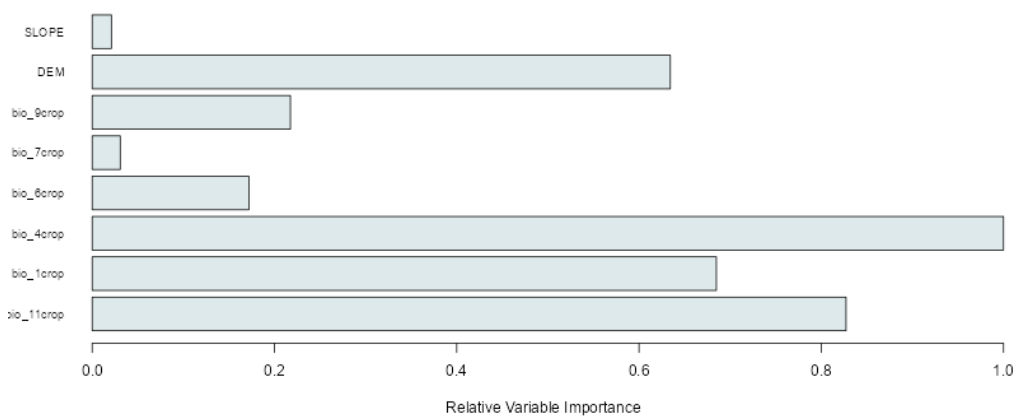
قرقاول
معمولی

اهمیت متغیرها

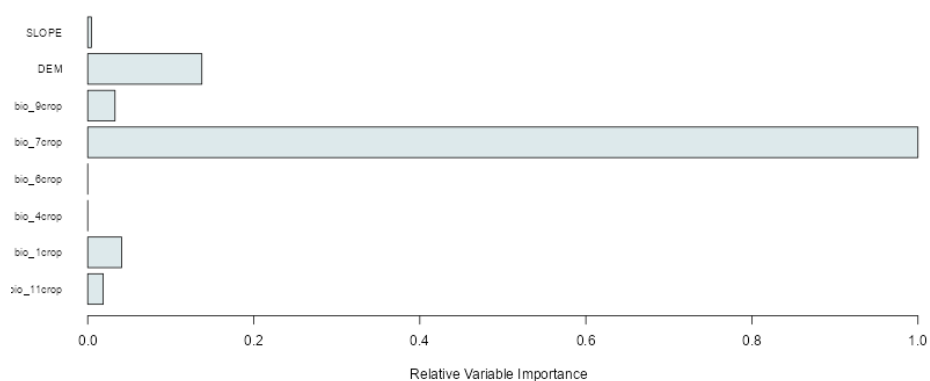
نمودار بررسی میزان اهمیت متغیرها در مدل‌سازی از جمله خروجی‌هایی هستند که در پکیج sdm علاوه بر نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه، خروجی‌هایی برای هر مدل ارائه می‌شود (شکل‌های ۳ تا ۵). نتایج نشان می‌دهد متغیر BIO7 مشترکاً در مدل MaxEnt و RF با اهمیت بالا برآورد شده است. همچنین، در مدل GLM متغیر BIO4 بیشترین اهمیت را در توزیع گونه قرقاول معمولی نشان می‌دهد.

10. True Skill Statistic

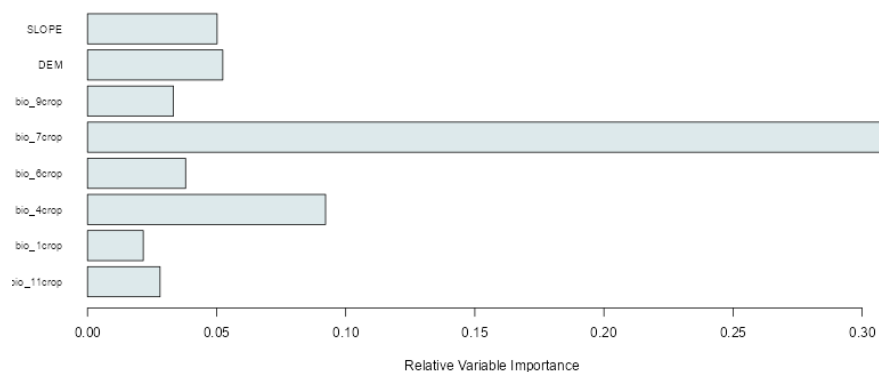
11. Binary



شکل ۳. اهمیت متغیرها در مدل GLM



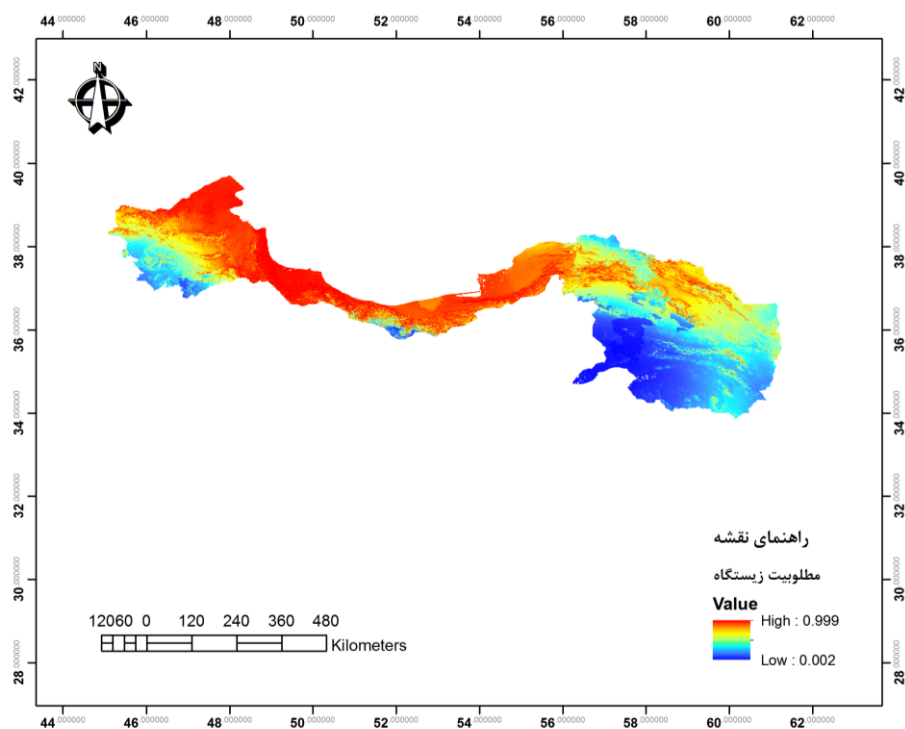
شکل ۴. اهمیت متغیرها در مدل MaxEnt



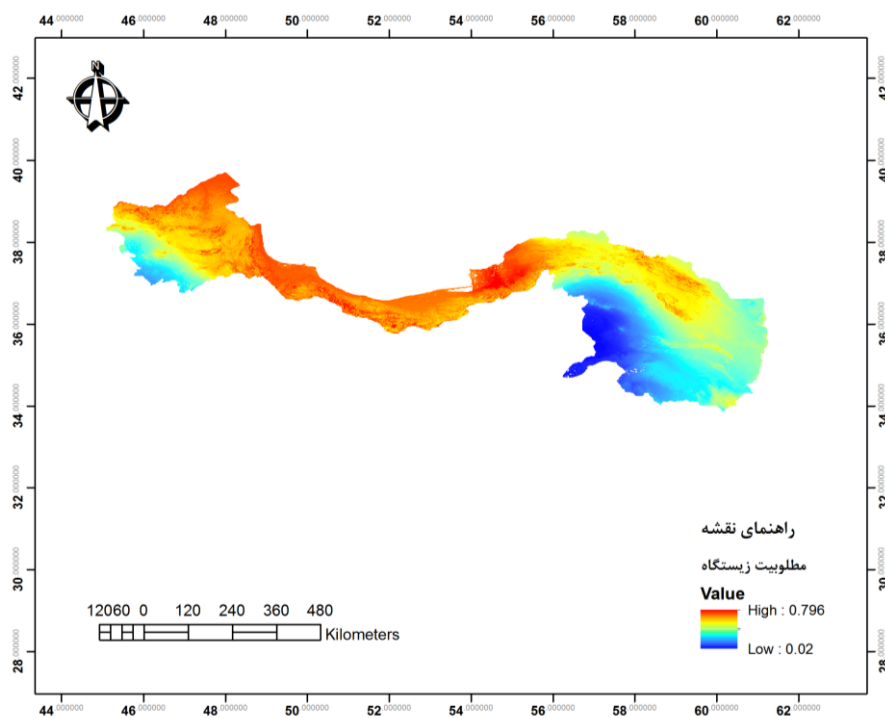
شکل ۵. اهمیت متغیرها در مدل RF

مدل‌سازی توزیع گونه

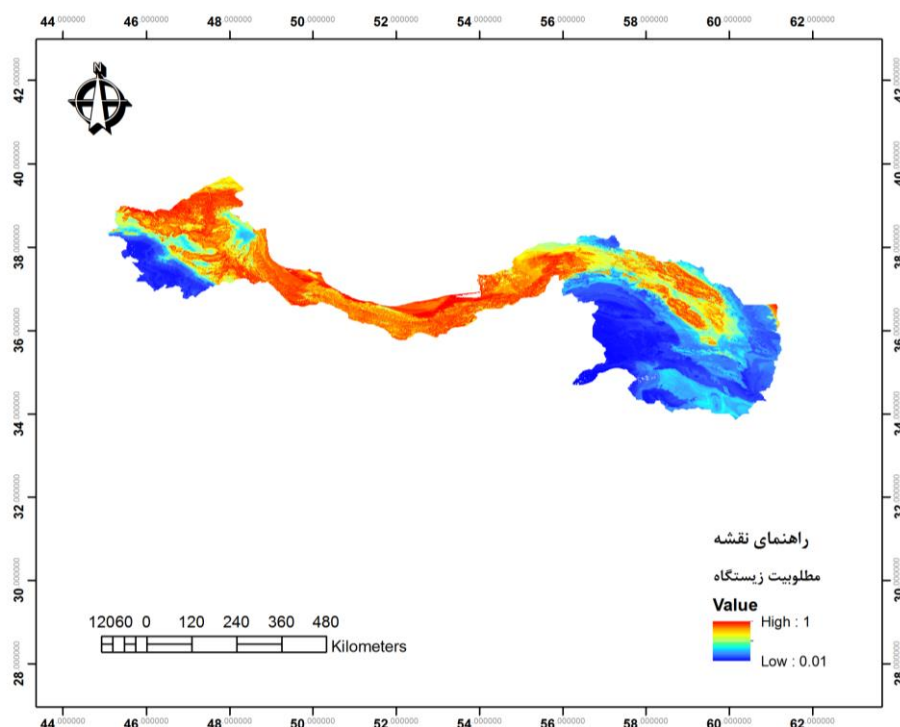
بر مبنای نتایج حاصل از ارزیابی صحت مدل‌های توزیع گونه‌های مورد مطالعه با استفاده از داده‌های حال حاضر، بهترین مدل جنگل تصادفی برآورد شد. نقشه‌های مطلوبیت زیستگاه برای گونه مورد مطالعه با داده‌های حال حاضر با استفاده از سه مدل به صورت زیر به دست آمد (شکل‌های ۶ تا ۸).



شکل ۶. نقشه مطلوبیت زیستگاه بر اساس مدل GLM



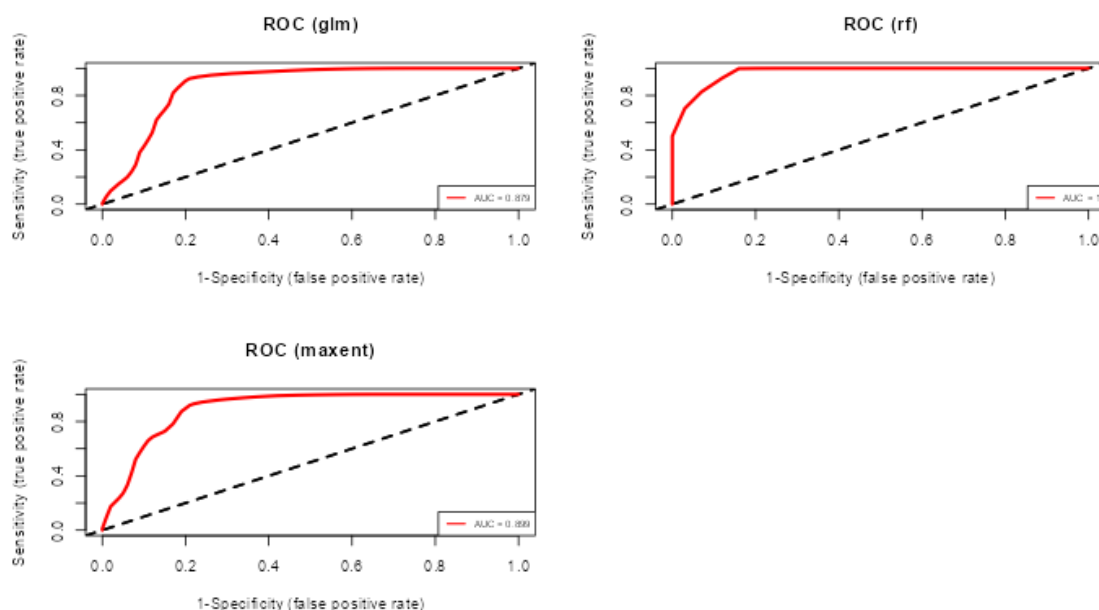
شکل ۷. نقشه مطلوبیت زیستگاه بر اساس مدل MaxEnt



شکل ۸. نقشه مطلوبیت زیستگاه بر اساس مدل RF

نتایج ارزیابی صحت مدل‌های توزیع گونه

عملکرد مدل‌های توزیع گونه با معیارهای کمی قابل سنجش است (Liu et al., 2011). دو نمونه از مهمترین این معیارها AUC و TSS هستند. نتایج ارزیابی صحت حاصل از مدل‌سازی توزیع گونه‌ها بر اساس شاخص AUC با استفاده از پکیج sdm برای ۳ مدل MaxEnt و GLM، RF به شرح زیر است (شکل‌های ۹ تا ۱۱ و جدول ۴).



شکل ۹. نمودار AUC/ROC بر اساس مدل GLM، RF و MaxEnt

جدول ۴. ارزیابی صحت مدل‌ها بر اساس شاخص AUC

GLM	RF	MaxEnt	مدل
			گونه
۰/۸۸	۱	۰/۹	قرقاول معمولی

بر اساس نتایج، مدل جنگل تصادفی بیشترین صحت را در میان سه مدل دارا بوده است. از طرفی، از آنجایی که هر سه مدل مقادیر AUC بالاتر از ۰/۷۵ را نشان می‌دهند، می‌توان گفت که همگی دارای اعتبار قابل قبول هستند.

بحث

نتایج حاصل از مدل‌سازی توزیع گونه قرقاول معمولی نشان می‌دهد که در هر سه مدل در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان و محدوده ارسباران مطلوبیت زیستگاه نسبت به استان‌های خراسان شمالی و رضوی بیشتر برآورد شده است. از آنجایی که براساس ارزیابی صحت مدل‌ها، مدل RF بیشترین صحت را دارا بوده است، در این پژوهش تحلیل نقشه بر اساس خروجی این مدل انجام شد. همان‌طور که در شکل ۶ مشخص است، پراکنش قرقاول در نوار شمالی کشور از سمت شرق به غرب و به نوعی در منطقه جنگلی و زیستگاه‌های اطراف آن بیشتر است. دلیل این موضوع وابستگی گونه قرقاول به زیستگاه‌های جنگلی با پوشش پرتراکم است (Mansouri., 1988). این نتایج تا حد زیادی با مطالعه Ashoori et al., (2018) همخوانی دارد که نشان دادند فاصله از اراضی کشاورزی و جنگل‌های دست‌کاشت از مهمترین عوامل تأثیرگذار بر پراکنش قرقاول در استان گیلان هستند. در رابطه با مطلوبیت زیستگاه در استان گلستان، مطابق نتایج می‌توان بیان کرد که بیشترین مطلوبیت به‌دست آمده مربوط به غرب و جنوب‌غربی استان است که منطقه حفاظت‌شده جهان‌نما را نیز تا حدودی در بر می‌گیرد و با نتایج (Mirzaei et al., 2014) تا حد زیادی مطابقت دارد. همچنین، افزایش مطلوبیت زیستگاه در نقشه خروجی در زیستگاه‌های توتستان و سنگجوب در استان گیلان با مطالعات (Karami et al., 2008; Ladmakhi & Kolaj, 2013) همخوانی زیادی دارد.

شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نیز نتایج تحلیل جک‌نایف را نشان می‌دهد. آزمون جک‌نایف در سه حالت متغیرها را بررسی می‌کند، به‌طوری‌که در حالت اول، تأثیر متغیرها به تنهایی، در حالت دوم تأثیر همه متغیرها به جز متغیر مدنظر و در حالت سوم تأثیر همه متغیرها را با هم مورد بررسی قرار می‌دهد. طبق نتایج به‌دست آمده از آزمون جک‌نایف، مشخص شد که متغیرهای دامنه دمای سالیانه، دمای فصلی و ارتفاع، مهمترین متغیرهای تأثیرگذار در پراکنش گونه قرقاول در منطقه مورد مطالعه هستند. این موضوع به این دلیل است که این گونه به دمای خاصی نیاز دارد. در رابطه با اهمیت متغیر ارتفاع می‌توان بیان کرد از آنجایی که نقاط حضور در تمام فصول جمع‌آوری شده‌اند، در فصول مختلف می‌تواند به دلایل محیط‌زیستی و فیزیولوژی گونه باشد، به طوری که در فصل بهار به دلیل حضور جوجه‌ها، دسترسی به منابع آبی، فراوانی موادغذایی و تراکم پوشش گیاهی، گونه سطح ارتفاع پایین را ترجیح می‌دهد. در فصل تابستان، انتخاب زیستگاه‌های مرتفع به دلیل افزایش تراکم پوشش گیاهی در این فصل است. در فصل پاییز، دلیل انتخاب ارتفاعات پایین، به علت کاهش تراکم پوشش گیاهی و کاهش دما در ارتفاعات بالا است. در فصل زمستان هم، به دلیل کاهش دما و پوشش گیاهی کم، در ارتفاعات بالاتر، گونه ارتفاعات پایین‌تر را ترجیح می‌دهد (Kor, 2019). همچنین، اهمیت متغیر ارتفاع را می‌توان بنابر نتایج مطالعات Nelli et al., (2012) استفاده از پوشش گیاهی بالا و دوری از منابع آبی در فصل تولیدمثل، به دلیل در امان بودن از خطرات عنوان کرد.

در مورد سایر متغیرها نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دما احتمال حضور گونه نیز افزایش می‌یابد، که دلیل آن می‌تواند افزایش پوشش گیاهی با افزایش دما باشد که این خود روی کیفیت پناه و تغذیه گونه تأثیر می‌گذارد. می‌توان این‌طور بیان نمود که این گونه به نوع پوشش گیاهی خاصی وابسته است. با وجود این، در مطالعات متفاوت از جمله مطالعه (Naderi & Alipour ardi, 2020; Ladmakhi & Kolaj, 2013; Moladost, 2013; Karami et al., 2008) در بررسی مهمترین عوامل تأثیرگذار بر انتخاب زیستگاه قرقاول، عوامل متفاوتی در نتایج حاصل شده است.

به‌طور کلی، به نظر می‌رسد در موارد مختلف به دلیل تفاوت در روش‌های گوناگون استفاده شده، مقیاس پژوهش‌ها و مناطق گوناگون، نتایج متفاوتی به‌دست آمده است، بنابراین این امر مقایسه بین نتایج این مطالعه را با سایر پژوهش‌ها دشوار می‌سازد. مطالعه (Asgharzadeh et al., 2023) در استان مازندران نیز بر تأثیر تغییرات اقلیمی و پوشش زمین بر مطلوبیت زیستگاه قرقاول معمولی تا سال ۲۰۵۰ تأکید کرده است. در این مطالعه، مشخص شد که در ارتفاعات پایین، تغییرات کاربری زمین و در ارتفاعات بالا، تغییرات اقلیمی بیشترین تأثیر را دارند. این یافته‌ها هم‌راستا با اهمیت متغیر ارتفاع در پژوهش حاضر است که نشان داد در فصول مختلف، گونه به دلایل محیط‌زیستی و فیزیولوژیکی، زیستگاه‌های متفاوتی را انتخاب می‌کند.

مطالعه (Ahmadpour et al., 2023) در ذخیره‌گاه زیست‌کره میانکاله نیز به این نکته اشاره کرده است که نزدیکی به منابع آبی، تراکم بالای پوشش گیاهی و نزدیکی به پاسگاه‌های محیط‌بانی تأثیر زیادی در مطلوبیت زیستگاه قرقاول خزری دارند، در حالی که تخریب زیستگاه‌های ساحلی، تغییر کاربری اراضی و استفاده از سموم کشاورزی موجب کاهش مطلوبیت زیستگاه شده است. این یافته‌ها با یافته‌های پژوهش حاضر در مورد تأثیر تغییرات محیطی بر مطلوبیت زیستگاه هم‌خوانی دارد.

در مدل RF نتایج نقشه نهایی نشان داد که از زیستگاه مورد مطالعه ۳۳ درصد برای گونه جزء زیستگاه بسیار نامطلوب به حساب می‌آید. از طرفی، ۱۳ درصد زیستگاه نامطلوب، ۸ درصد متوسط، ۱۳ درصد مطلوب و ۳۱ درصد بسیار مطلوب است. آستانه‌های مطلوبیت به این صورت در نظر گرفته شد که مقدار مطلوبیت ۰ تا ۰/۲ به‌عنوان زیستگاه نامطلوب، ۰/۲ تا ۰/۴ زیستگاه نامطلوب، ۰/۴ تا ۰/۶ زیستگاه با مطلوبیت متوسط، ۰/۶ تا ۰/۸ زیستگاه مطلوب و ۰/۸ تا ۱ زیستگاه بسیار مطلوب کلاسه‌بندی شدند. به نظر می‌رسد مطلوبیت زیستگاه‌ها، به‌دلیل ارتفاع کم، شیب کم، بارش زیاد، دمای بالا و به تبع آن پوشش گیاهی مناسب باشد. از طرفی، به علت فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از مناطق جنگلی و کشاورزی، وجود روستاها، شیب زیاد و ارتفاع زیاد، مناطق را برای گونه قرقاول نامطلوب می‌سازند.

در سایر مطالعات، با افزایش شیب، احتمال حضور گونه کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در شیب بالای ۱۰ درصد، احتمال حضور گونه به صفر می‌رسد. به نظر می‌آید دلیل فقدان حضور این گونه در شیب‌های بالا می‌تواند به‌دلیل عدم توانایی گونه برای راه رفتن در زمین‌های شیب‌دار باشد (Long et al., 2007; Li et al., 2009)، در حالی که اهمیت متغیر شیب در مدل RF در این مطالعه متوسط برآورد شده است و این موضوع در سایر مدل‌ها نیز قابل مشاهده است که دلیل آن می‌تواند لحاظ نشدن متغیرهای دمایی در سایر مطالعات باشد.

میزان اعتبارسنجی مدل‌ها در شکل (۹) و به‌طور خلاصه در جدول ۴ نشان داده شده است. علی‌رغم این که در مطالعات دیگر مانند مطالعه (Hassanzadeh, 2014; Babelani Moghaddam et al., 2016; Mirzaei et al., 2016)، مدل‌های رایج دیگری برای ارزیابی زیستگاه گونه قرقاول استفاده شده است، اما نتایج این مطالعه نشان داد که مدل جنگل تصادفی با برازش ۱، مدل مناسبی برای مدل‌سازی زیستگاه محسوب می‌شود که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های حفاظت مدنظر قرار گیرد. هر چند در مطالعه عالی‌پور اردی و نادری، عوامل مانند عدم حضور شکارچی و نزدیکی به ایستگاه‌های مرزبانی به‌عنوان مهمترین مؤلفه‌های تأثیرگذار مطرح شده، نتایج مطالعه حاضر بیشتر بر عواملی مانند دما، ارتفاع، پوشش گیاهی و فاصله از منابع آبی تأکید دارد. این تفاوت‌ها می‌تواند به‌دلیل تفاوت‌های جزئی در روش‌های مدل‌سازی یا ویژگی‌های خاص زیستگاه در هر دو مطالعه باشد، اما در نهایت این دو مطالعه نشان‌دهنده اهمیت عوامل طبیعی و انسانی در انتخاب زیستگاه قرقاول معمولی در مناطق مشابه کشور هستند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با وجود این که مطالعات متعددی در زمینه مطلوبیت زیستگاه گونه قرقاول انجام شده است و مشخص شده که عوامل ارتفاع، فاصله تا منابع آب، نوع پوشش گیاهی، شیب، دما و سایر متغیرهای مرتبط بر انتخاب زیستگاه قرقاول موثر هستند اما به دلیل این که الگوریتم روش‌های استفاده شده یکسان نیست، در موارد زیادی نمی‌توان نتایج را با یکدیگر قیاس کرد.

یکی از اصلی‌ترین کاربردهای مدل‌های توزیع گونه، در امر حفاظت و در راستای شناسایی زیستگاه‌های مناسب به منظور افزایش بقاء گونه‌های حیات‌وحش است. در مطالعه حاضر، مطلوبیت زیستگاه گونه قرقاول در شمال فلات ایران با استفاده از مدل‌های جنگل تصادفی، الگوریتم آنتروپی بیشینه و مدل خطی تعمیم یافته انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد علی‌رغم تصور عمومی مبنی بر صحت بالاتر مدل الگوریتم آنتروپی بیشینه، مدل جنگل تصادفی با مقدار $AUC=1$ از بیشترین صحت برخوردار است. در مدل RF نتایج نقشه

نهایی نشان داد که از زیستگاه مورد مطالعه ۳۱ درصد برای گونه جزء زیستگاه بسیار مطلوب به حساب می‌آید. با وجود این که این پژوهش، در محدوده پراکنش متمرکز گونه قرقاول انجام شده است، صحت نتایج نشان داد که مدل قطعا توانایی تخمین مطلوبیت زیستگاه در مقیاس‌های بزرگتر از جمله در سطح کل کشور برای گونه را خواهد داشت. با توجه به این که پژوهشگران عوامل متعددی از جمله متغیرهای اقلیمی و عوامل توپوگرافی و ارتفاع را بر پراکنش پرندگان موثر دانسته‌اند، با توجه به سایر مطالعات انجام شده و همچنین نتایج حاصل از این پژوهش مبنی بر تاثیر زیاد متغیرهای دمایی که به‌طور مستقیم بر الگوهای پوشش گیاهی موثر هستند، می‌توان بیان کرد که ساختار پوشش گیاهی نیز به‌عنوان یک عامل مهم در توزیع جامعه پرندگان محسوب می‌شود.

قرقاول‌ها در شمال ایران در فصل زادآوری بیشتر در تراکم ۳۸ تا ۴۸ درصدی بوته‌زارهای تمشک دیده می‌شوند. تحقیقات نشان می‌دهد، از نظر شیب، این گونه، زیستگاه‌هایی با شیب متوسط را ترجیح می‌دهد که به نظر می‌رسد، به خاطر عدم توانایی گونه برای راه رفتن در زمین‌های شیب‌دار باشد. با این وجود، در این مطالعه اهمیت این متغیر در پراکنش گونه قرقاول، متوسط برآورد شده است. می‌توان اذعان نمود که راهکار مناسب حفظ جمعیت این گونه و افزایش آن، مدیریت زیستگاه و احیای آن است. در واقع، احیاء زیستگاه‌ها دربردارنده احیاء گونه است.

در این مطالعه پیشنهادهایی در راستای پژوهش‌های تحقیقاتی گونه قرقاول معمولی در قالب موارد زیر مطرح می‌شوند:

تهیه مدل مطلوبیت زیستگاه گونه قرقاول در فصل‌های متعدد و متناسب با فصل تولید مثل و زادآوری، تهیه آمار دقیق از جمعیت قرقاول‌ها در سطح کشور با اجرای طرح‌های گسترده پژوهشی، اجرای طرح‌های مدیریتی برای جمعیت‌های قرقاول در سطح کشور، مطالعه عوامل تهدید برای گونه قرقاول و بررسی ژنتیکی زیرگونه‌های آن، ایجاد کریدورهای زیستگاهی برای کاهش اثر تکه‌تکه‌شدن زیستگاه، احیای جنگل‌های تخریب شده با کاشت گونه‌های بومی و محدود کردن شکار غیرمجاز از طریق تقویت گشت‌های حفاظتی.

منابع

- Aalipour erdi, M., & Naderi, S. (2020). New Hybrid Model to Prioritize Effecting Factors on Common Arasbaran Pheasant (*Phasianus colchicus colchicus*) Habitat Selection. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 33(2), 136-152. (in Persian).
- Ahmadpour, M., Kamyab, H. R., Momeni, N., Nasirahmadi, K., & Sinkakarimi, M. H. (2023). Modeling the habitat suitability of the Caspian pheasant (*Phasianus colchicus persicus*) in the Miankaleh Biosphere Reserve. *Experimental animal Biology*, 12(2), 39-49. doi: 10.30473/eab.2024.67371.1905 (in Persian).
- Ahmadzadeh, F., Ebrahimi, E., & Naimi, B. (2017). Species distribution potential of striped hyaena (*Hyaena hyaena*) in response to climate change in Iran. *Environmental Sciences*, 15(4), 215-232 (in Persian).
- Alipour, M., Jafari, A., Soltani, A., & Abbasi, M. (2015). Introduction of the Maxnt model in modeling the distribution of species and its capabilities and limitations, the first national conference on natural resources and sustainable development in central Zagros, Shahrekord (in Persian).
- Asgharzadeh, M., Alesheikh, A. A., & Yousefi, M. (2023). Disentangling the impacts of climate and land cover changes on habitat suitability of common pheasant *Phasianus colchicus* along elevational gradients in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(21), 60958-60966.
- Ashoori, A., Kafash, A., Varasteh Moradi, H., Yousefi, M., Kamyab, H., Behdarvand, N., & Mohammadi, S. (2018). Habitat modeling of the common pheasant *Phasianus colchicus* (Galliformes: Phasianidae) in a highly modified landscape: application of species distribution models in the study of a poorly documented bird in Iran. *The European Zoological Journal*, 85(1), 372-380.
- Babelani Moghaddam, A., Naderi, S., & Alipour Ardi, M. (2016). Determination of Suitable Habitat for the Conservation of the Common Pheasant (*Phasianus colchicus*) Based on Modern Model Analysis in Ardabil Province. State - Ministry of Science, Research, and Technology - University of Guilan - Faculty of Agriculture and Natural Resources. (in Persian)
- Braunisch, V. & Suchant, R. (2007). A model for evaluating the 'habitat potential' of a landscape for capercaillie *Tetrao urogallus*: a tool for conservation planning. *Wildlife biology* 13: 21-33.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45, pp.5-32.
- Chalepianlou, R. (2000). Investigation of the Possibility of Natural Restoration of the Pheasant Population (Study of Biological and Ecological Characteristics of the Species and Associated Species in the

- Habitat). Environmental Research and Restoration Project, Iranian Research Organization for Science and Technology, pp. 122-134. (in Persian)
- Cheptou, P.-O., Hargreaves, A.L., Bonte, D., & Jacquemyn, H. (2017). Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Biol. Sci.* 372 (1712).
- Delacour, J. (1977). *The Pheasants of the World*. Spur Publications and the World Pheasant Association. 395.
- Eastman, J.R. (2012). IDRISI Help System. Accessed in IDRISI 17.00. Worcester, MA: Clark University.
- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, 677-697.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Sobero, N. J., Williams, S., Wisz M. S., & Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Fahrig, L., & McGill, B. (2018). Habitat fragmentation: A long and tangled tale. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 28 (1), 33-41.
- Fimbel, R. A., Grajal, A., & Robinson, J. G. (2001). *The cutting edge (Conserving wildlife in logged tropical forest)*. New York: Columbia University Press. 808 p.
- Fourcade, Y., Engler, J.O., Rödder, D., & Secondi, J. (2014). Mapping species distributions with MAXENT using a geographically biased sample of presence data: a performance assessment of methods for correcting sampling bias. *PLoS One*. 9(5), e 97122.
- Genovesi, P., Besa, M., & Toso, M. (1999). Habitat selection by breeding pheasants *Phasianus colchicus* in an agricultural area of northern Italy. *Wildl.biol.* 5:193 – 201.
- Hasan, M.E. Zhang, L., Mahmood, R., Guo, H., & Li, G. (2021). Modeling of forest ecosystem degradation due to anthropogenic stress: the case of Rohingya influx into the Cox's bazar–Teknaf Peninsula of Bangladesh. *Environments* 8 (11), 121.
- Hassanzadeh Hosseinabadi, H. (2014). Investigating the distribution model of the pheasant in the prohibited hunting area of Lafur, National Conference of Biology and Environmental Sciences of Golestan, Gorgan Province.
- Jafarian, Z., & Kargar, M. (2017). Distribution Modeling of Protective and Valuable Plant Species in the Tourist Area of Polour Using Generalized Linear Model (GLM) and Generalized Additive Model (GAM), *Geography and Development*, 15(46), pp. 117-132 (in Persian).
- Kafash, A., & Yousefi, M. (2017). Negative impacts of the future climate change on mountain dweller lacertid lizards in Iran. *Journal of Natural Environment*, 70(1), 149-160 (in Persian).
- Karami, M., Hassanzadeh Kiabi, B., Salman Mahini, A. R., & Panahandeh, M. (2008). Habitat Evaluation of the Common Pheasant in the Tutestan Area of Gilan Province Based on the HEP Method. *Plant and Ecosystem*, 4(14), pp. 25-40 (in Persian).
- Kor, N.M. (2019). Habitat Evaluation of Pheasant (*Phasianus colchicus*) in Miankale Wildlife Refuge: Iran, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan (in Persian).
- Ladmki, P., & Rezaei Kolaj, S. (2013). Evaluation of the common pheasant (*Phasianus colchicus*) habitat in Sangjub habitat of Some Sera (Gilan) using HEP method, the first international conference on environmental engineering, Tehran (in Persian).
- Li, H. Q., Lian, Z. M., & Chen, C. G. (2009). Winter foraging habitat selection of brown-eared pheasant (*Crossoptilon mantchuricum*) and the common pheasant (*Phasianus colchicus*) in Huanglong Mountains, Shaanxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 29(6), 335-340.
- Liaw A., & Wiener, M. (2002). Classification and Regression by randomForest, *R News*, (2/3): 18-22.
- Liu, C., White, M., & Newell, G. (2011). Measuring and comparing the accuracy of species distribution models with presence-absence data. *Ecography*, 34, 232-243.
- Long, S., Zhou, C. Q., Wang, W. K., Wei, W., & Hu, J. C. (2007). The Habitat and Nest-site Selection of Common Pheasants in Spring and Summer in Nanchong, China. *Zoological Research*, 28(3), 249.
- Lord, J.M., & Norton, D.A. (1990). Scale and the Spatial Concept of Fragmentation. *Conserv. Biol.* 4 (2), 197-202.

- Madadi, M., Salman Mahini, A. R., & Varasteh Moradi, H. (2017). Modeling the habitat desirability of goats and goats (*Capra aegagrus*) using ecological nesting factor analysis method in Golestan National Park (in Persian).
- Mansouri, J. (1988). A Study on the Status of the Pheasant Population in Iran. Environmental Quarterly, No. 2, pp. 69-81 (in Persian).
- Mirzaei, R., Hamami, M., Esmaeili Sari, A., & Rezaei, H. (2014). Determining the desirability of pheasant (*Phasianus colchicus*) habitat in Golestan province using ecological nest modeling (in Persian).
- Moladost, K. (2013). investigation of the effects of destruction of forests in the north of Iran and its impact on the life of Iranian pheasants, the third environmental planning and management conference, Tehran (in Persian)
- Morovati, M., Kaboli, M., Panahandeh, M., Sarbaz, M., & 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).
- Naimi, B., & Araújo, M. B. (2016). sdm: a reproducible and extensible R platform for species distribution modelling. *Ecography*. 39(4), 368-375.
- Nelli, L., Meriggi, A., & Vidus-Rosin, A. (2012). Effects of habitat improvement actions (HIAs) and reforestations on pheasants *Phasianus colchicus* in northern Italy. *Wildlife Biology*, 18(2), 121-130.
- Panahandeh, M. (2008). Study of Population and Habitat of the Common Pheasant (*Phasianus colchicus*) in the Tutestan Habitat of Siahkal County (in the Forbidden Hunting Area of Deylaman-Dorfak). Master's Thesis, Islamic Azad University (in Persian).
- Phillips, S. J., Dudík, M., Elith, J., Graham, C. H., Lehmann, A., Leathwick, J., & Ferrier, S. (2009). Sample selection bias and presence-only distribution models: Implications for background and pseudo-absence data. *Ecological Applications*, 19 (1), 181-197.
- Pitrsun, S.H., Lin, Y.C., & Lin, J.H. (2006). Evaluating ecotourism sustainability from the integrated
- Pontius Jr, R. G., & Schneider, L. C. (2001). Land-cover change model validation by an ROC method for the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85(1-3), 239-248.
- Pourghasem, M., Salman Mahini, A. R., Rizvani, M., & Qalipour, M. (2014). Comparison of Wildlife Habitat Assessment Models in Iran, International Conference on New Researches in Agricultural and Environmental Sciences, Kuala Lumpur (in Persian).
- Ruete, A., & Leynaud, G. C. (2015). Goal-oriented evaluation of species distribution models' accuracy and precision: true skill statistic profile and uncertainty maps (No. e1478). *PeerJ PrePrints*.
- Salman Mahini, A. (2008). Research plan to determine the range capacity of pheasant and partridge habitats in Golestan province, Golestan's Department of Environment (in Persian).
- Shabani, F., Kumar, L., & Ahmadi, M. (2018). Assessing accuracy methods of species distribution models: AUC, Specificity, Sensitivity and the True Skill Statistic. *GJHSS: Geo. Geo-Sci. Eviron. Sci. Dis. Manag*, 18(91), 6-18.
- Zadbar, M., Arzani, H., Azimi, M., Mozafarian, V., Shad, G. A., Saghafi Khadem, F., & Naaseri, S. (2011). Rangeland monitoring in the North East of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18 (2), 231-243 (in Persian).