مجله علمی ـ پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی
سال نهم، شماره دوم، پیاپی سی و چهارم، پاییز ۱۳۹۹ (۶۱-۴۹)

مقاله پژوهشی:

کاربرد شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی زیستگاه‌های بالقوه حیات‌وحش در مناطق بیابانی (مطالعه موردی: کل و بز در کوه بافق)

جلیل سرهنگ‌زاده[1*]، محمد حسین مختاری[2]
۱. استادیار، گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
۲. استادیار، گروه مدیریت بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/٤/۸ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۸/۱٤)

چکیده
کل و بز (*Capra aegagrus*) یکی از پستانداران شاخص مناطق کوهستانی و صخره‌ای است که جمعیت آن به دلیل تخریب زیستگاه در سطح ملی و بین‌المللی کاهش یافته، به نحوی که از سوی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی در فهرست حیوانات آسیب‌پذیر قرار گرفته است. این پژوهش با هدف تعیین زیستگاه‌های بالقوه کل و بز با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (MLP) در منطقه حفاظت شده کوه بافق انجام شد. ۱۹٦ نقطه (۱۱۱ نقطه حضور و ۸۵ نقطه عدم‌حضور گونه)، با بازدیدهای میدانی در طول پژوهش ثبت شد. لایه‌های اطلاعاتی انتخاب شده به‌عنوان متغیرهای مؤثر بر حضور و عدم‌حضور گونه شامل ۱۸ متغیر از جمله درصد شیب، طبقات جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، تیپ‌های پوشش‌گیاهی، منابع آبی و متغیرهای توسعه انسانی (روستاها و جاده‌ها) هستند. نتایج نشان داد که متغیرهای محیطی تیپ گیاهی ارس- بادام‌کوهی (*Juniperus excelsa - Amygdalus scoparia*) (۱۱/۲۳ درصد)، درصد شیب (۱۰/٤۲ درصد)، فاصله از جهت جنوبی (۱۰/۱۵ درصد)، فاصله از تیپ گیاهی هزارخار- درمنه- قیچ (*Cousinia desertii- Artemisia sieberi -Zygophyllum eurypterum*) (۹/۹ درصد)، ارتفاع از سطح دریا (۹/٦۳ درصد) و منابع آب (۹/۰۹ درصد) به‌عنوان مهم‌ترین متغیرهای موثر بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز در کوه بافق تعیین شدند. میزان موفقیت کلی مدل در حدود ۰/۹۷ محاسبه شد. براساس یافته‌ها، ۳٦ درصد وسعت منطقه حفاظت شده به‌عنوان زیستگاه مطلوب ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با کاهش فاصله از جاده مطلوبیت زیستگاه کاهش می‌یابد. لذا پیشنهاد می‌شود از توسعه فعالیت‌های انسانی در محدوده زیستگاه‌های مطلوب پرهیز شود.

واژه‌های کلیدی: پرسپترون، کل و بز، مطلوبیت زیستگاه، منطقه حفاظت‌شده.

Application of artificial neural network in Prediction of wildlife potential habitats in desert areas (Case study: Wild goat in Kouh-e-Bafgh)

Jalil Sarhangzadeh[1*], Mohammad Hossein Mokhtari[2]
1. Assistant Professor, Departement of Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran
2. Assistant Professor, Departement of Desert Management, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Iran

(Received: Jun. 29, 2019 - Accepted: Nov. 05, 2019)

Abstract
Wild goat (*Capra aegagrus*) as the most vulnerable species is one of the mountainous mammals whose population has declined due to the destruction of the habitat at the national and international levels. This study was aimed to determine the suitably potential habitat area for wild goat in Bafgh protected area using multi-layer perceptron neural network. A total of 196 points including presence (111 points) and absence (85 point) of the species were collected in fieldwork. 18 variables such as slope, geographical aspect, elevation above sea level, rocky regions, mean temperatures, vegetation types, water resources, inhabited and uninhabited villages, and roads (dirt and asphalt) were used to determine the suitability of habitats. Results showed that *Juniperus excelsa -Amygdalus scoparia* vegetation type (11.23%), slope steepness (10.42%), distance to south direction (10.15%), distance to *Cousinia desertii-Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum* vegetation type (9.9 %), elevation above sea level (9.63%), and distance to water source (9.09%) are the most effective variables in habitat suitability evaluation in the Kouh-e-Bafgh protected area. The model output efficiency of 0.97 was achieved in this study. Based on the results, 36% of the protected area was evaluated as the suitable for wild goat habitat. Results also reveald that by reducing the distance to the roads the suitability of habitats is reduced. Therefore, this study suggests that human activities close to the potentially suitable area is suggested to be avoided.

Keywords: Habitat suitability, Perceptron, Protected area, Wild goat.

* نویسندهٔ مسئول: جلیل سرهنگ‌زاده
Email: jsarhangzadeh@yazd.ac.ir

مقدمه

تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها، در نتیجه الگوی استفاده از سرزمین در طول زمان است (Bennett, 1999). تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها خطر انقراض محلی گونه‌ها را به‌خاطر عوامل درون‌آمیزی افزایش داده و توانایی جابه‌جایی و ارتباط بین جمعیت‌ها را تحت تأثیر قرار داده و انزوای کامل جمعیت‌ها سبب می‌شود (Crooks & Sanjayan, 2006; Ashrafzadeh & Nazarian, 2018). اگر زیستگاه‌های باقی‌مانده به تکه‌های خیلی کوچکی تقسیم، یا توسط جاده‌ها محدود شوند، گونه‌هایی که نیازمند اندازه‌های بزرگ جمعیتی هستند، قادر به حفظ خود نخواهند بود. تلاش برای بازسازی و احیای زیستگاه‌های تکه‌تکه‌شده، به رشد علم زیست‌شناسی ارتباطات وابسته است. گسترش ارتباطات زیستگاهی سبب جابه‌جایی گونه‌ها بین زیستگاه‌ها شده و این مهم می‌تواند اثرات تکه‌تکه‌شدن زیستگاه‌ها را کاهش دهد (Crooks & Sanjayan, 2006). بنابراین، زیستگاه مطلوب تأثیر به‌سزایی بر بقا، تولیدمثل و جابه‌جایی گونه‌ها داشته و در امر مدیریت و حفاظت حیات‌وحش می‌بایست مورد توجه قرار گیرد (Ramazanzadeh *et al*., 2012; Omidi *et al*., 2010).

امروزه تعیین زیستگاه بالقوه گونه‌ها در مکان و زمان، اساس بسیاری از پژوهش‌ها است. مدل‌های پراکنش گونـه برای برنامه‌ریزی جهت ایجاد ذخایر جدید، مدیریت و احیاء زیستگاه‌ها، مدیریت گونه‌های مهاجم و پیش‌بینی اثرات تغییرات محیط‌زیستـی بر گونه‌ها و جمعیت‌ها مورداستفاده قرار گرفته‌اند. مدل‌های رگرسیون بر مبنای همبستگی بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده و متغیر پاسخ می‌باشد که هدف اصلی این مدل‌ها پیش‌بینی رخداد یک پدیده است. مدل‌های آماری بر مبنای نوع متغیر پاسخ به دو گروه مدل‌های پروفیل و مدل‌های متمایزکننده گروهی تقسیم می‌شوند. متغیر پاسخ در مدل‌های پروفیل تنها بر اساس داده‌های حضور می‌باشـد، مانند مدل عامل آشیان بوم‌شناختی ((ENFA) Ecological Niche Factor Analysis)، ولی متغیر پاسخ در مدل‌های متمایزکننده گروهی مبتنی بر داده‌های حضور و عدم‌حضور می‌باشند که خود به دو گروه جهانی (پارامتریک) و محلی (غیرپارامتریک) تقسیم می‌شوند در مدل‌های جهانی رابطه بین متغیر پاسخ و پیش‌بینی‌کننده از قبل تعریف شده است، مانند مدل‌های خطی تعمیم یافته (Generalized Linear Models (GLM)) و در مقابل مدل‌های محلی هیچ پیش فرضـی نسبت به شکل منحنی پاسخ نداشته و می‌توانند در مکان‌های مختلف فضای داده، تغییر کنند که مدل آماری شبکه عصبی مصنوعی جزو این مدل طبقه‌بندی می‌شود (Tarkesh & Jetshcke, 2012).

شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network (ANN)) نـوعی روش یـادگیری ماشینی است که در زمینه‌های مختلف آنالیز داده‌ها نظیر رگرسیون و طبقه‌بندی به‌کار برده می‌شود. در بوم‌شناسی نیز اسـتفاده از شبکه عصبی مصنوعی پیش‌خـور (Feed Forward) با الگـوریتم پس‌انتشار (Back Propagation (BP)) در تولید نقشـه‌های پـراکنش گونه‌های جانوری رایج است (Guisan & Zimmermann, 2000). این مدل‌ها، توصیف کمی مناسبی از نحوه توزیع مکانی گونه‌ها به‌دست می‌دهند و به‌خوبی واکنش گونه‌ها را در پاسخ به شرایط اقلیمی و فیزیکی زیستگاه تشریح می‌کنند (Brito *et al*., 2011). بنابراین، مدل‌ها می‌توانند به‌عنوان ابزاری مناسب در پژوهش‌های مرتبط با تکامل و زیست‌شناسی گونه‌ها و الویت‌بندی برنامه‌های مدیریت حیات‌وحش قرار گیرند (Ashrafzadeh and Nazarian, 2018). کل و بز یکی از پستانداران شاخص مناطق کوهستانی و صخره‌ای است که جمعیت آن به‌دلیل تخریب زیستگاه در سطح ملی و بین‌المللی کاهش یافته است (Shams *et al*., 2010; Ziaie, 2008). به‌نحوی که از سوی اتحادیه جهانی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی (IUCN) در فهرست حیوانات آسیب‌پذیر(Vulnerable) قرار گرفته است (Weinberg *et al*., 2008;

Ranjbar *et al*., 2016). این واقعیت نشان‌دهنده نیاز مبرم به اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی برای حفظ و بهبود زیستگاه‌های گونه و جمعیت آن و طعمه‌خواران وابسته به‌ویژه در مناطق حفاظت‌شده دارد.

با وجود اهمیت اقتصادی، اکولوژیک و آسیب‌پذیر بودن کل و بز پژوهش‌های به نسبت اندکی (Sarhangzadeh *et al*., 2011) در مورد آن صورت گرفته است. بنابراین، در این پژوهش با جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات میدانی مربوط به کل و بز در منطقه حفاظت شده کوه بافق و تحلیل آماری روابط متغیرهای محیط‌زیستی و مناطق حضور گونه، زیستگاه‌های مطلوب با استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی (Guisan & Zimmermann, 2000) در نرم‌افزارNero solution5 و سیستم اطلاعات جغرافیائی (GIS) پهنه‌بندی گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت شده کوه بافق با مساحت ۸۸۵۲۸ هکتار در جنوب شرقی استان یزد و در فاصله ۱۰ کیلومتری شرق شهر بافق واقع شده است (شکل ۱). حداقل ارتفاع در شمال غرب منطقه ۱۰۵۴ متر و حداکثر ارتفاع ۲۸۴۱ متر از سطح دریا در جنوب شرق منطقه قرار دارد. ارتفاعات منطقه در مرکز محدوده حفاظت شده از شمال به جنوب امتداد یافته و دو جبهه شرقی و غربی آن بیشتر منطقه را پوشانده است.

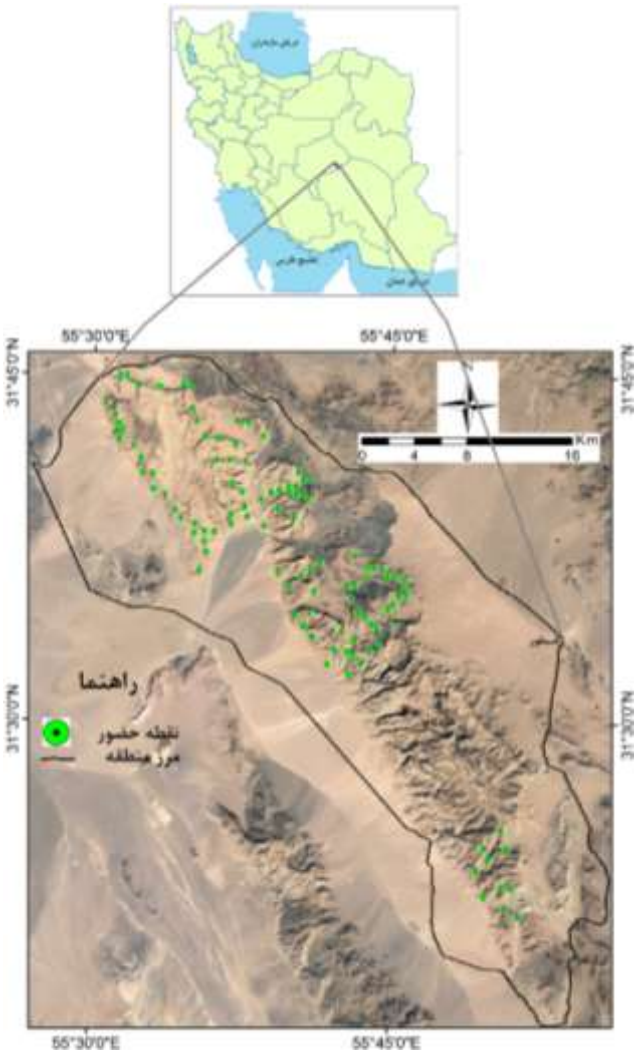
منطقه حفاظت‌شده کوه بافق دارای آب‌های سطحی و رودخانه‌ای محدود است و تمامی آبراهه‌های موجود در منطقه فصلی هستند. چشمه‌های طبیعی (۳۳ فقره چشمه) به‌همراه آب انبارهای احداث شده توسط اداره کل محیط‌زیست استان یزد در تأمین نیاز آبی حیات‌وحش از اهمیت خاصی برخوردار هستند (Sarhangzadeh *et al*., 2018).

میانگین سالانه بارندگی در محدوده کوه بافق از ۶۶/۰ میلی‌متر تا ۱۰۸/۴ میلی‌متر، میانگین سالانه دما از ۴/۲ °C تا ۳۱/۸ °C و نوع اقلیم آن بر اساس ضریب خشکی دومارتن از خشک تا نیمه‌خشک متغیر است (Sarhangzadeh *et al*., 2017).

در منطقه حفاظت شده کوه بافق گوناگونی عوامل اکولوژیکی فیزیکی و زیستی سبب شده تا تنوع و تراکم پوشش‌گیاهی قابل توجه باشد. انواعی از گونه‌های گیاهی با ویژگی‌ها و فرم‌های مختلف درختچه‌ای مثل *Amygdalus eburnea*، *Amygdalus scoparia* و *Pistacia khinjuk*، بوته‌ای مثل *Scariola orientalis* و علفی مثل *Dorema ammoniacum* که توسط کل و بز مورد تغذیه قرار می‌گیرد در منطقه حضور دارند (Sarhangzadeh *et al*., 2018).

گردآوری نقاط حضور و عدم‌حضور

ثبت نقاط حضور و عدم‌حضور گونه، با بازدیدهای میدانی مداوم در کل محدوده منطقه حفاظت شده از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۷ به روش نمونه‌برداری تصادفی با طبقه‌بندی متناسب صورت گرفت. ابتدا با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، مسیرهای نمونه‌برداری به‌عنوان مسیرهای بازدید میدانی در قسمت‌های مختلف محدوده مورد پژوهش با در نظر گرفتن امکان دسترسی بر روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تعیین شدند. بازدیدهای میدانی در مسیرهای انتخاب‌شده در طول سال صورت گرفت. در هر بازدید با مشاهده گونه و یا نمایه آن، مختصات جغرافیایی نقطه به‌عنوان نقطه حضور ثبت شد و پس از حدود ۳۰۰ متر (Shams *et al*., 2010; Gavashelishvili, 2004) اگر اثری از گونه مشاهده نمی‌شد و با اطمینان یافتن از عدم‌حضور در این ناحیه نقطه به‌عنوان محل عدم‌حضور ثبت گردید. در مجموع ۱۹۶ نقطه (۱۱۱ نقطه حضور و ۸۵ نقطه عدم‌حضور) در منطقه در طول پژوهش ثبت و در آموزش و آزمایش شبکه وارد نرم‌افزار شد. شایان یادآوری است که از ۱۹۶ نقطه، تعداد ۱۴۷ نقطه (۸۳ نقطه حضور و ۶۴ نقطه عدم‌حضور) برای آموزش و ۴۹ نقطه (۲۸ نقطه حضور و ۲۱ نقطه عدم‌حضور) برای آزمایش شبکه مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱. نقاط حضور کل و بز در منطقه حفاظت شده کوه بافق، یزد

متغیرهای محیط‌زیستی

قبل از استفاده داده‌ها در شبکه، همبستگی متغیرهای محیط‌زیستی بررسی شد تا تنها متغیرهایی که همبستگی کمتر از ۸۵ درصد دارند در تحلیل وارد شوند. زیرا حضور متغیرهای با همبستگی بیش از ۸۵ درصد در تحلیل‌ها می‌تواند منجر به برازش بیش از حد مدل و در تفسیر نتایج اشکال ایجاد می‌نماید (Peterson *et al*., 2007). همبستگی تمامی نقشه‌ها در ArcGIS 10.5 و برای تعیین ضریب همبستگی بین نقشه‌ها از تحلیل‌گر Band Collection Statistic که جزو تحلیل‌گرهای Multivariate (چندمتغیره) محسوب می‌شود، استفاده شد.

برای شناسایی متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر انتخاب زیستگاه گونه با مرور منابع، مجموعه عواملی که در تأمین نیازهای زیستگاهی گونه تأثیرگذار هستند، تعیین شدند (Gross *et al*., 2002; Farashi *et al*., 2010; Mostafavi *et al*., 2010; Morovati *et al*., 2010; Shams *et al*., 2016; Hoseini *et al*., 2014; Ranjbar *et al*., 2017). بنابراین متغیرهای درصد شیب، جهت دامنه‌ها، ارتفاع از سطح دریا، مناطق صخره‌ای، میانگین دما، تیپ‌های پوشش‌گیاهی، منابع آب (چشمه‌های دائمی و آب انبارها)، متغیرهای توسعه انسانی (روستاهای با سکنه، آبادی‌های خالی از سکنه و جاده‌ها (خاکی و آسفالت)) برای تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه انتخاب شدند (جدول ۱).

جدول ۱. متغیرهای محیطی تأثیرگذار بر انتخاب زیستگاه گونه

نام متغیر	علت انتخاب پارامتر	منبع داده
درصد شیب	تأثیر بر عدم‌حضور طعمه‌خوار و انتخاب گریزگاه	مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع
فاصله تا جهت دامنه (متر)	تأثیر بر تابش نور، دما و رطوبت زیستگاه	مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع
ارتفاع از سطح دریا (متر)	تأثیر بر شرایط زیستی، فیزیوگرافی زیستگاه	مشتق شده از مدل رقومی ارتفاع
فاصله تا مناطق صخره‌ای (متر)	تأثیر بر عدم‌حضور طعمه‌خوار و انتخاب گریزگاه	تلفیق تصاویر ماهواره‌ای و نقشه های توپوگرافی
فاصله تا تیپ پوشش‌گیاهی (متر)	تأثیر بر تغذیه و استتار	Sarhangzadeh *et al.* (2007)
فاصله تا چشمه و آب انبار (متر)	عامل مهم بر حضور گونه در زیستگاه	تهیه شده با بازدید میدانی
فاصله تا روستا (متر)	تأثیر منفی بر حضور گونه	تهیه شده با بازدید میدانی
فاصله تا جاده (متر)	تأثیر منفی بر حضور گونه	تهیه شده با بازدید میدانی و تصاویر ماهواره‌ای

توسعه مدل آمار

لایه‌های اطلاعاتی تمام متغیرها پس از رقومی‌سازی با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر به نقشه‌های رستری با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تبدیل شدند. متغیرهای کمی (ارتفاع، درصدشیب و متوسط خطوط هم‌دما) به‌طور مستقیم در تحلیل‌ها استفاده شدند. متغیرهای کیفی نیز به متغیرهای فاصله‌ای تبدیل شدند تا بدین صورت کمی شوند.

مدل‌سازی به روش شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش شبکه با یک لایه مخفی که دارای تابع فعال‌سازی سیگموئید در لایه مخفی و تابع فعال‌سازی خطی در لایه خروجی بوده و تعداد نرون‌های آن از یک تا ۱۰ متغیر بوده و بهترین تعداد نرون به‌صورت سعی و خطا تعیین گردید، مورد بررسی قرار گرفت. (Harpham & Dawson, 2005). این مهم تا جایی ادامه پیدا کرد که با ورود اطلاعات جدید به شبکه مقدار خطا در حد مطلوب باقی ماند. بنابراین در این پژوهش یک شبکه با تعداد لایه‌های مناسب، تعداد مناسب نرون‌ها در هر لایه و نوع تابع تحریک در هر لایه به‌نحوی‌که خطای آموزش و آزمایش شبکه به حداقل برسد طراحی گردید (Minasny *et al.*, 2002; Menhaj, 2009; Mokhtari *et al.*, 2013).

انتخاب داده‌ها و همبستگی لایه‌ها

انتخاب داده‌ها اولین گام در ساختن شبکه عصبی مناسب به‌منظور تعیین زیستگاه‌های مطلوب است. به‌طور کلی دو نوع داده را می‌توان به‌عنوان ورودی شبکه عصبی مورد استفاده قرار داد که نوع اول داده‌ها، نقاط حضور و عدم‌حضور گونه و نوع دوم شامل متغیرهای فیزیکی و زیستی منطقه (مانند پوشش‌گیاهی، درصد شیب، منابع آبی) که در رابطه حضور و عدم‌حضور گونه نقش دارند.

قبل از استفاده داده‌ها در شبکه، همبستگی متغیرهای محیط‌زیستی بررسی شد تا تنها متغیرهایی که همبستگی کمتر از ۸۵ درصد دارند در تحلیل وارد شوند. زیرا حضور متغیرهای با همبستگی بیش از ۸۵ درصد در تحلیل‌ها می‌تواند منجر به برازش بیش از حد مدل و در تفسیر نتایج اشکال ایجاد می‌نماید (Peterson *et al.*, 2007). توصیه شده است در صورت وجود ضریب همبستگی بیش از ۸۵ درصد بین دو متغیر، یکی از آنها حذف شود (Peterson *et al.*, 2007).

در این پژوهش در تحلیل شبکه عصبی مصنوعی تمامی متغیرهای محیط‌زیستی کمی (ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب، میانگین دما، تیپ‌های گیاهی، منبع آب، جهت دامنه‌ها و متغیرهای انسان ساخت) مورد استفاده قرار گرفت. از این روی، برای نقشه‌های طبقه‌ای، به ازای هر یک از طبقات، نقشه فاصله تا آن طبقه محاسبه شد. برای هر یک از تیپ‌های گیاهی نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین تیپ‌گیاهی محاسبه و در تحلیل‌ها وارد شد. برای مطالعه نقشه منابع آب در مطلوبیت زیستگاه، تنها موقعیت منابع آب دائمی در محاسبات وارد و نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین منبع آبی تهیه شد. با استفاده از نقشه موقعیت منابع انسانی (روستاها و جاده‌ها) نقشه فاصله تا نزدیک‌ترین روستای با سکنه، فاصله تا نزدیک‌ترین روستای خالی از سکنه، فاصله تا

نزدیک‌ترین جاده آسفالت و فاصله تا نزدیک‌ترین جاده خاکی به‌صورت رستر با سلول ۳۰×۳۰ متر تهیه شد.

برای آموزش و آزمایش شبکه باید بهطور تصادفی، از داده‌های حضور و عدم‌حضور استفاده کرد (Ermini *et al*., 2005). برای انتخاب تصادفی داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. ابتدا داده‌های حضور و عدم‌حضور بر اساس نوع زیستگاه تقسیم‌بندی شدند و سپس در هر زیستگاه داده‌های حضور و عدم‌حضور به‌صورت تصادفی به دو گروه (مجموعه آموزش ۷۵ درصد داده‌ها و مجموعه آزمایش ۲۵ درصد داده‌ها) طبقه‌بندی شد (Gross *et al*., 2002). لازم به‌ذکر است در الگوریتم یادگیری همواره داده‌های اولیه خام نمی‌تواند عملکرد مناسبی داشته باشد و باعث کاهش سرعت و دقت شبکه می‌شود، بنابراین قبل از به‌کارگیری داده‌های اولیه در آموزش و آزمایش شبکه باید استاندارد سازی شوند. در فرایند آموزش مدل ابتدا داده‌ها مطابق رابطه (۱) استاندارد و به‌عنوان ورودی مدل استفاده شدند (Lee *et al*., 2006; Yilmaz, 2009).

$$X_n = \frac{x_0 - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \qquad (۱)$$

در رابطه مذکور x_0 داده‌های اولیه و X_n داده‌های نرمال شده و x_{min} حداقل داده‌های اولیه و x_{max} حداکثر داده‌های اولیه می‌باشد.

اجرای تحلیل شبکه عصبی مصنوعی

در این پژوهش، روش آماری به‌کار رفته برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، شبکه عصبی مصنوعی است. در شبکه عصبی مصنوعی می‌توان احتمال رویداد حالت حضور یا عدم‌حضور را بر اساس مجموعه‌ای از متغیرهای وابسته پیش‌بینی نمود. برای رسیدن به ضرایب بهینه در این پژوهش، به رویداد حضور گونه عدد یک و به رویداد عدم‌حضور گونه عدد صفر اختصاص داده شده است و سایر لایه‌های استخراج‌شده (از جمله درصد شیب و فاصله تا نزدیکترین منبع آب) به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده مستقل در نظر گرفته شده‌اند. مدل طراحی شده احتمال را بین صفر و یک قرار دارد توصیف می‌کند (Rahmati *et al*., 2015). با استفاده از نتایج به‌دست آمده در تحلیل شبکه عصبی مصنوعی (معادله متغیرهای محیط‌زیستی)، نقشه مطلوبیت زیستگاه در دو طبقه مطلوب و نامطلوب تعیین گردید.

ارزیابی اعتبار مدل

در این پژوهش برای تعیین مقدار خطا در هر مرحله از خطای میانگین مربعات (MSE) و حداقل خطای میانگین استفاده شد. برای ارزیابی مدل از روش پایش زمینی نیز استفاده شد. برای این منظور تعدادی از نمونه‌های برداشت شده اولیه جهت ارزیابی مدل استفاده شد. در این مرحله به‌منظور آزمون معنی‌دار بودن یا عدم معنی‌دار بودن همخوانی بین پیش‌بینی‌ها و مشاهدات مدل از ضریب کاپا استفاده گردید. ضریب کاپا بیانگر میزان توافق مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده است و مقدار آن از صفر تا یک تغییر می‌کند. هرچه مقدار کاپا به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده توافق بهتر مدل با دنیای واقعی است. علاوه بر این، برای ارزیابی نتایج مدل از سطح زیرمنحنی (Area Under the Curve (AUC)) در تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده (Receiver Operating Characteristic (ROC)) استفاده شد (Doco, 2007). در اعتبارسنجی با آماره ROC مقدار AUC نشان‌دهنده میزان اعتبار مدل است، این مقدار هرچه از ۰/۵ به سمت یک رود نشان‌دهنده برازش و اعتبار بیشتر مدل است و در واقع میزان درستی با استفاده از داده‌های مستقل را نشان می‌دهد (Doco, 2007).

نتایج

با بررسی پاسخ‌های خروجی شبکه عصبی مصنوعی در مرحله آزمایش، مشخص شد که شبکه عصبی ایجادشده قادر است از میان ۲۸ نقطه حضور، ۲۷ مورد را به درستی تشخیص دهد که نشان‌دهنده حساسیت تشخیص ۹۶/۴۳ درصد است. همچنین از میان ۲۱ نقطه

عدم‌حضور، شبکه قادر به تشخیص ۲۱ مورد از نمونه‌های آزمایشی شد که بیانگر ویژگی تشخیص معادل ۱۰۰ درصد است. بنابراین دقت کل شبکه طی مرحله آزمایش ۹۸/۲۱ درصد محاسبه شد.

در مدل طراحی‌شده، نتایج مرتبط با آزمون حداقل خطای میانگین مربعات و خطای میانگین مربعات در مرحله آزمون و اعتبارسنجی متقابل پایین محاسبه شدند (جدول ۲)، که نشان‌دهنده توان بالای مدل در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه است. بنابراین نقشه محاسبه شده مبتنی بر این مدل از بالاترین توان برخوردار بوده و نقشه مطلوبیت زیستگاه کل و بز با استفاده از این مدل محاسبه شد.

جدول ۲. نتایج دقت‌سنجی مدل شبکه عصبی در مرحله آموزش شبکه

پارامتر	آموزش	اعتبارسنجی متقابل
تعداد نرون در لایه پنهان	۱۰	۳
تکرار	۲۴۹	۵۲
حداقل خطای میانگین مربعات (Minimum MSE)	۰/۰۰۵	۰/۰۱۹
خطای میانگین مربعات (Final MSE)	۰/۰۰۶	۰/۰۲۱

نتایج ارزیابی درستی مدل تهیه شده در جدول ۳ مشهود است. در جدول مذکور داده‌های مورد استفاده در تعیین اعتبار مدل بیش از ۹۸/۲۱ درصد می‌باشد که نشان‌دهنده صحت بالای مدل می‌باشد. به‌علاوه مدل، نرخ‌های خطای طبقه‌بندی بسیار پایینی برای سایت‌های فعال و غیرفعال نشان داد (جدول ۳).

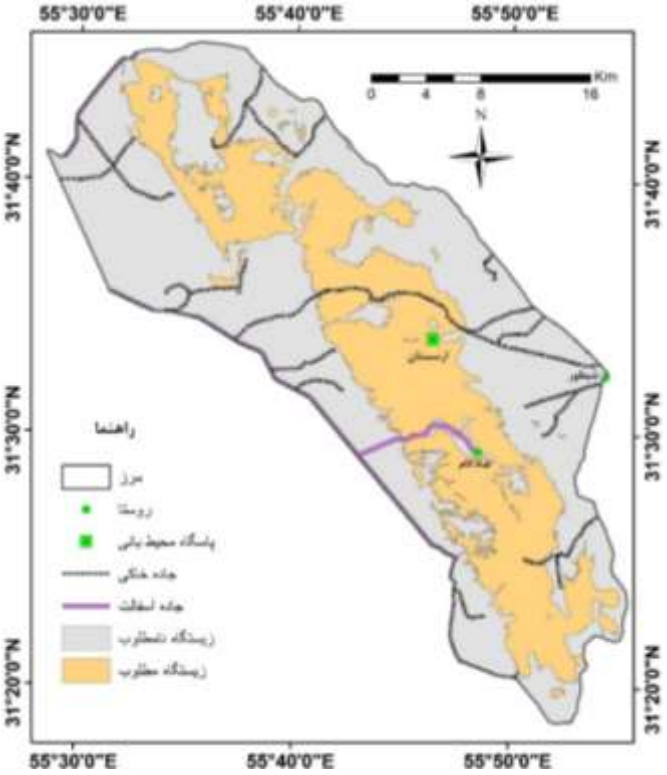
جدول ۳. نتایج دقت‌سنجی مدل شبکه عصبی در مرحله صحت‌سنجی

شاخص صحت	حضور	عدم‌حضور
خطای میانگین مربعات	۰/۰۱۴۹	۰/۰۰۰۴
میانگین خطای مطلق (MAE)	۰/۰۳۸	۰/۰۱۷
حداقل خطای مطلق (Min Abs Error)	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۲
حداکثر خطای مطلق	۰/۸۲۲۱	۰/۰۸۰۴

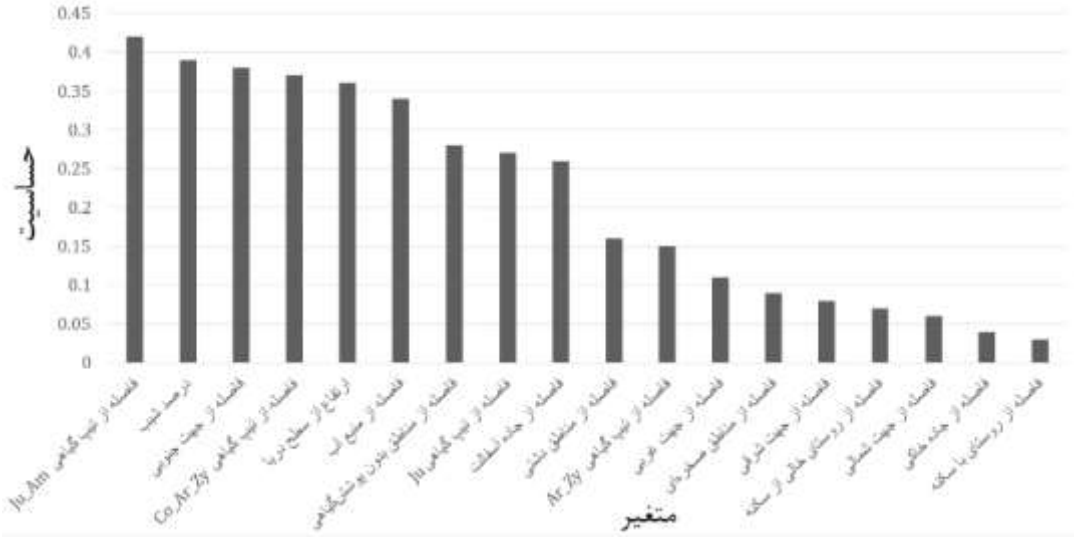
بنابراین مدل تهیه‌شده از صحت خیلی بالائی در پیش‌بینی مطلوبیت زیستگاه برخوردار است. نتایج حاصل از ارزیابی مدل با واقعیت زمینی نشان داد که مدل پیش‌بینی شده با مقدار سطح زیرمنحنی پلات‌های ROC حدود ۰/۹۷ دارای تطابق عالی با واقعیت می‌باشد. هم‌چنین ضریب کاپای ۸۸/۹ تطابق خیلی خوب مدل را بیان می‌کند. بنابراین نقشه مطلوبیت زیستگاه گونه بر اساس مدل تهیه شده ترسیم و طبقه‌بندی شد که در شکل ۲ مشهود است. ۳۱۷۶۱ هکتار (۳۵/۸۸ درصد) وسعت منطقه بر اساس مدل طراحی شده مطلوب ارزیابی شد.

نتایج آنالیز حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی در این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین متغیرهای محیطی اثرگذار در پراکنش کل و بز تیپ گیاهی ارس- بادام‌کوهی (*Juniperus excelsa* -*Amygdalus scoparia*) (۱۱/۲۳ درصد)، درصد شیب (۱۰/۴۲ درصد)، فاصله از جهت جنوبی (۱۰/۱۵ درصد)، فاصله از تیپ گیاهی هزارخار-درمنه-قیچ (*Cousinia desertii-Artemisia sieberi*-*Zygophyllum eurypterum*) (۹/۹ درصد)، ارتفاع از سطح دریا (۹/۶۳ درصد) و منابع آب (۹/۰۹ درصد) به ترتیب مهم‌ترین متغیرهای موثر بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز در کوه بافق تعیین شدند (شکل ۳). هم‌چنین در شکل ۴ تأثیر مهم‌ترین متغیرها در مدل‌سازی به روش شبکه عصبی مشهود است. با افزایش ارتفاع از سطح دریا (بیش از ۱۴۵۰ متر از سطح دریا) و افزایش درصد شیب (بیش از ۱۵ درصد) بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز افزوده می‌شود. از طرفی با کاهش فاصله از منابع آبی (تا فاصله ۲۵۰۰ متر)، کاهش فاصله از مناطق صخره‌ای (تا فاصله ۵۰۰ متر)، کاهش فاصله از مناطق با تیپ گیاهی ارس- بادام‌کوهی (تا فاصله ۳۵۰ متر)، کاهش فاصله از دامنه شمالی (تا فاصله ۱۴۵۰ متر)، دامنه غربی (تا فاصله ۳۰۰ متر)، دامنه جنوبی (تا فاصله ۴۰۰ متر) و دامنه شرقی (تا فاصله ۸۵۰ متر)، مناطق بدون پوشش‌گیاهی (تا فاصله ۳۶۰۰ متر) و تیپ گیاهی ارس- بادام‌کوهی

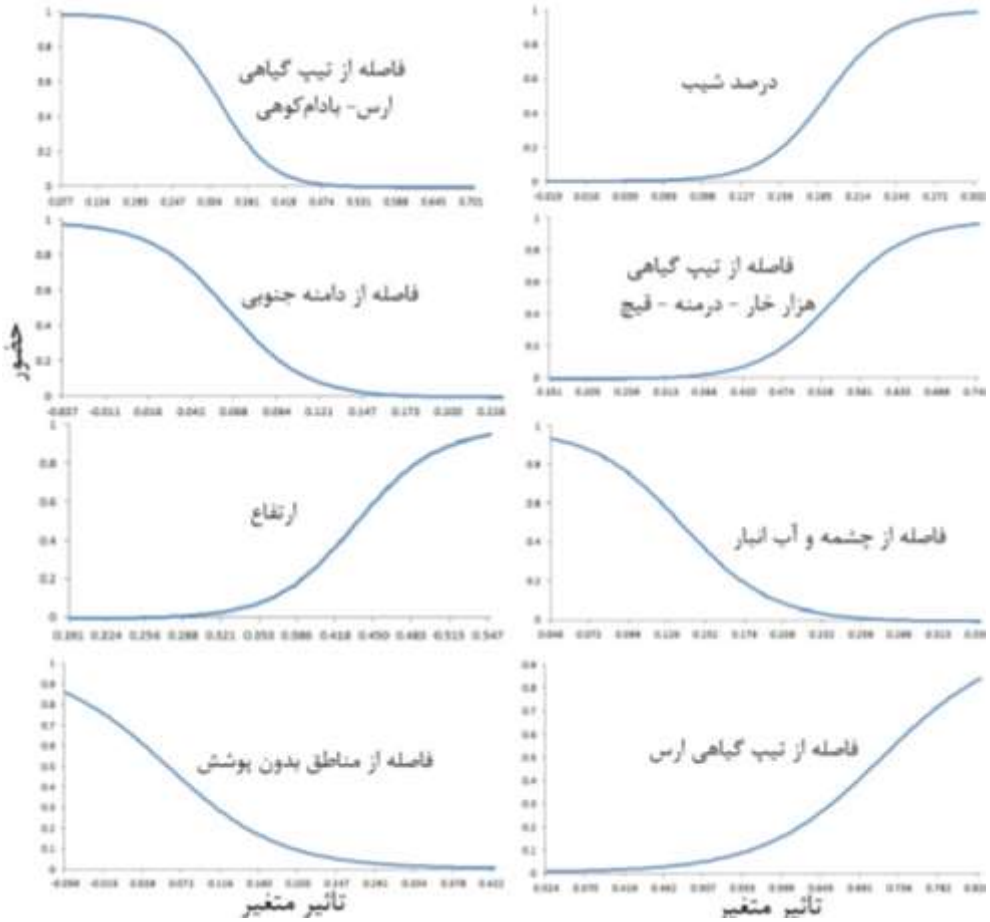
(تا فاصله ۳۵۰ متر) بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز افزوده می‌شود. همچنین افزایش فاصله از جاده‌های آسفالت (بیش از ۴۵۰ متر) و خاکی (بیش از ۲۵۰ متر)، روستاهای با سکنه (بیش از ۳۰۰۰ متر) و خالی از سکنه (بیش از ۳۵۰ متر)، مناطق دشتی (بیش از ۴۰۰ متر)، تیپ‌های گیاهی ارس (*Juniperus excelsa* (Ju)) (بیش از ۲۰۰ متر)، هزارخار- درمنه- قیچ (*Cousinia desertii-Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum* (Co-Ar-Zy)) (بیش از ۶۵۰۰ متر) و درمنه- قیچ (*Artemisia sieberi-Zygophyllum eurypterum* (Ar-Zy)) (بیش از ۷۵۰ متر) بر مطلوبیت زیستگاه کل و بز افزوده می‌شود.



شکل ۲. نقشه طبقه‌بندی مطلوبیت زیستگاه بزوحشی



شکل ۳. میزان حساسیت متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه کل و بز



شکل ٤. تأثیر مهم‌ترین متغیرها در تعیین مطلوبیت زیستگاه گونه

بحث و نتیجه‌گیری

کل و بز یکی از گونه‌های آسیب‌پذیر است که در گذشته نه چندان دور در سطح وسیعی از کشور پراکنش داشت ولی در شرایط فعلی به‌طور عمده در مناطق حفاظت‌شده پراکنش دارد. پیش‌بینی توزیع گونه در زیستگاه، یک اولویت مهم در زیست‌شناسی حفاظت است و مدیریت زیستگاه یکی از ارکان عمده مدیریت حیات‌وحش به‌شمار می‌رود. این پژوهش نشان داد که بیش از یک سوم وسعت منطقه (۳۵/۸۸ درصد) به‌عنوان زیستگاه مطلوب برای کل و بز است (شکل ۲). نتایج حاصل از حساسیت‌سنجی اجرای مدل نشان داد که متغیرهای تیپ گیاهی ارس- بادام‌کوهی، درصد شیب، فاصله از جهت جنوبی، فاصله از تیپ گیاهی هزارخار- درمنه- قیچ، ارتفاع از سطح دریا و منابع آب بیشترین تأثیر را بر پراکنش بالقوه کل و بز در کوه بافق دارند. بنابراین، خصوصیات توپوگرافی، منابع آب و پوشش‌گیاهی از مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر پراکنش کل و بز در مقیاس محلی هستند (Morovati *et al*., 2014; Ranjbar *et al*., 2016; Hoseini *et al*., 2017; Mirsanjari & al., 2018; Sokhango, 2018; Madadi et Ahmadi Dastjerdi *et al*., 2018). نتایج حاصل از انطباق نقشه‌های محیطی با نقشه بالقوه پراکنش گونه نشان داد که بیشترین احتمال حضور کل و بز در محدوده ارتفاعی ۲۸۰۰-۱۴۵۰ متر قرار دارد و با افزایش ارتفاع از سطح دریا مطلوبیت زیستگاه (احساس امنیت و وجود گونه‌های گیاهی ترجیحی) زیاد شده و به‌همین علت حضور گونه در ارتفاعات بالا بیشتر است. این دستاورد با نتایج Ahmadi Dastjerdi *et al*. (2018)، Mirsanjari &

Sokhango (2018)، Hoseini *et al*. (2017)، Mostafavi *et al*. (2016)، Ranjbar *et al*. (2014)، Shams *et al*. (2010) و Farashi *et al*. (2010) مطابقت دارد.

نتایج مدل (شکل ۳) نشان‌دهنده وابستگی زیاد کل و بز به مناطق شیب‌دار است. با افزایش شیب در مناطق کوهستانی، عمق خاک کاهش یافته و منطقه حالت صخره‌ای به‌خود می‌گیرد. بنابراین، در مناطق صخره‌ای و شیب‌دار، طعمه‌خوار اصلی کل و بز (پلنگ) به آسانی به آن دسترسی نداشته و این شرایط سبب می‌شود که شیب از عوامل تعیین‌کننده و تأثیرگذار در پراکنش گونه به‌شمار آید (Ashrafzadeh *et al*., 2019; Sarhangzadeh *et al*., 2018). مطابق مدل طراحی شده، کل و بز تمایل به مناطقی دارد که شیب بیش از ۱۵ درصد دارد و همبستگی زیستگاه گونه با شیب مثبت می‌باشد با اینکه کل و بز در تمامی شیب‌ها تمایل به حضور دارد ولی با فراهم شدن سایر متغیرها در مناطق با شیب زیاد بیشتر حضور پیدا می‌کند (شکل ۳). امتیاز بالا برای متغیرهای مناطق صخره‌ای، درصد شیب و ارتفاع و دامنه‌ها موید این موضوع است. این متغیرها در انتخاب زیستگاه برای کل و بز معنی‌دار بوده و گونه به انحراف از میزان بهینه حساسیت نشان می‌دهد. این نتایج با رفتارشناسی و انتخاب زیستگاه گونه همخوانی دارد. این دستاورد مشابه با نتایج Madadi *et al*. (2018)، Mirsanjari & Sokhango (2018)، Hoseini *et al*. (2017)، Mostafavi *et al*. (2014)، Morovati *et al*. (2014)، Shams *et al*. (2010) و Farashi *et al*. (2010) است.

نتایج نشان داد گونه بیشتر زیستگاه‌هایی را می‌پسندد که به منابع آبی دسترسی داشته باشد و با افزایش فاصله از منابع آبی مطلوبیت زیستگاه کم می‌شود. این همبستگی با توجه به واقع شدن محدوده مطالعاتی در منطقه خشک و بیابانی توجیه‌پذیر است. این دستاورد با نتایج Hoseini *et al*. (2017)، Ranjbar *et al*. (2016)، Shams *et al*. (2010) و Farashi *et al*. (2010) همخوانی دارد.

عمده‌ترین تیپ پوشش‌گیاهی منطقه که گونه به حضور در آن تمایل دارد تیپ‌های ارس- بادام‌کوهی است. مقایسه نقشه تیپ‌های گیاهی با نقشه مطلوبیت زیستگاه، نشان می‌دهد که تیپ گیاهی ارس- بادام‌کوهی همبستگی مثبتی در مطلوبیت زیستگاه داشته و این تیپ بیش از ۳۰ درصد وسعت زیستگاه‌های مطلوب را پوشش داده و با کاهش فاصله تا فاصله ۳۵۰ متر از این تیپ مطلوبیت زیستگاه گونه زیاد می‌شود.

نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش فاصله از جاده آسفالت (بیش از ۴۵۰ متر) و جاده خاکی (بیش از ۲۵۰ متر)، روستای با سکنه (بیش از ۳۰۰۰ متر) و روستای خالی از سکنه (بیش از ۳۵۰ متر) کیفیت زیستگاه زیاد می‌شود. جاده‌های دسترسی دارای اثرات بوم‌شناختی متفاوتی هستند. تمام پیامدهای بوم‌شناختی تردد وسایل نقلیه و آلودگی صوتی ناشی از آن به‌صورت مستقیم و در کوتاه مدت بر حیات جانوران ساکن پدیدار نمی‌شود، بلکه ممکن است به‌تدریج موجب تغییر مسیرهای مهاجرت، جزیره‌ای شدن زیستگاه، تغییر رفتار، قطعه‌قطعه شدن زیستگاه‌ها، تلف‌شدن جانوران در جاده، اختلال در چرخه‌های حیاتی و تغذیه شود (Forman & Deblinger, 2000). جاده‌های و آبادی‌های موجود در منطقه از تراکم وسائط نقلیه کمی برخوردار بوده ولی گونه از جاده و روستا فاصله می‌گیرد و نشان‌دهنده آن است که این متغیرها به‌عنوان عامل محدودکننده محسوب می‌شود و گونه عبور و مرور وسائط نقلیه را تحمل نکرده و از آن دوری می‌کند. این دستاورد مشابه با نتایج Ahmadi Dastjerdi *et al*. (2018) و Madadi *et al*. (2018) است.

توسعه مدل شبکه عصبی در کوه بافق در حفظ و مدیریت گونه بسیار مفید می‌باشد. مطابق پژوهش، زیستگاه‌های مطلوب کل و بز در محدوده مطالعاتی تعیین شد. این مهم می‌تواند سبب جلوگیری از عوامل تهدید از جمله رقابت با دام‌های اهلی شود. بنابر این

پیشنهاد می‌شود جاده دسترسی گزو که در مرکز منطقه حفاظت شده و منطقه امن قرار دارد و از مهم‌ترین زیستگاه‌های کل و بز و پلنگ و قوچ و میش می‌باشد تعطیل شده و به جای آن جاده تلخاب به سیروس‌آباد پس از ارزیابی اثر توسعه، مورد استفاده قرار گیرد.

REFERENCES

Ahmadi Dastjerdi, M.; Jahani, A.; Rezaee, H.; Goshtasb, H. (2018). Habitat suitability modelling of wild goat (*Capra aegagrus*) In Ghamishloo National Park Using Artificial Neural Networks. Journal of Animal Environment; 10(3):29-38. (In Persian).

Ashrafzadeh, M.R.; Naghipour, A.A.; Haidarian, M.; Khorozyan, I. (2019). Modeling the response of an endangered flagship predator to climate change in Iran. Journal of Natural Resources; 64(1): 39-51.

Ashrafzadeh, M.R.; Nazarian, A.R. (2018). Habitat suitability modelling for the Caspian Snowcock (*Tetraogallus caspius*), as a typical high-montane species. Journal of Natural Resources; 70(4): 745-756. (In Persian).

Bennett, A.F. (1999). Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Volume 1. IUCN.

Brito J. C.; Fahd S.; Geniez P.; Martinez-Freiria F.; Pleguezuelos J. M.; Trape J-F. (2011). Biogeography and conservation of viperids from North-West Africa: an application of Ecological Niche-Based Models and GIS. Journal of Arid Environments; 75(11): 1029-1037.

Crooks, K.; Sanjayan, M. (2006). Connectivity Conservation (Conservation Biology). Cambridge: Cambridge University Press.

Doco, T. (2007). Modeling of species geographic distribution for assessing present needs for the ecological networks: case study of Fuji region and Tanzawa region, Japan. Degree of Master. International Institue for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede; 1-112.

Ermini, L.; Catani, F.; Casagli, N. (2005). Artificial neural networks to landslide susceptibility assessment. Geomorphology; 66, 327-343.

Farashi, A.; Kaboli, M.; Momini, I. (2010). Habitat suitability modeling for wild goat (*Capra aegagrus*) in Kolah-ghazi National park. Journal of Natural Resources.; 63(1): 63-73. (In Persian).

Forman, R.T.T.; Deblinger, R.D. (2000). The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. Conservation Biology; 14, 36-46.

Gavashelishvili, A. (2004). Habitat selection by East Caucasian tur (*Capra cylindricornis*). Biological Conservation; 120(3):391-398.

Gross, G.E.; Kneeland, M.C.; Reed, D.F.; Reich, R.M. (2002). GIS Based Habitat Models for Mountain Goats. Journal of Mammalogy; 83(1): 218-228.

Guisan, A.; Zimmermann, N.E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. Ecological Modelling; 135: 147-186.

Harpham, C.; Dawson, C.W. (2005). The effect of different basis functions on a radial basis function network for time series prediction: A comparative study. Neuro computing; 69: 2161-2170.

Hoseini, S.M.; Riazi, B.; Shams Esfandabad, B.; Naderi, M. (2017). Habitat desirabllity evaluation of *Capra aegagrus* in Golestan. Journal of Animal Environment; 9: 9-16. (In Persian)

Lee, S.; Ryu, J.H.; Lee, M.J.; Won, J.S. (2006). The Application of artificial neural networks to landslide

susceptibility mapping at Janghong, Korea. Mathematical Geology; 38(2): 199-220.

Madadi, M.; Salman Mahini, A.; Varasteh Moradi, H. (2018). Habitat suitability modeling of wild goat (*Capra aegagrus*) using Ecological Niche Factor Analysis in Golestan National Park. Journal of Animal Environment; 10(2): 13-22. (In Persian)

Menhaj, M. (2009). Fundamental of artificial neural networks. Amirkabir Press. (In Persian)

Minasny, B.; McBratney, A.B. (2002). The Neuro-m method for fitting neural network parametric pedotransfer functions. J. Soil Sci. Soc. Am; 66: 352-361.

Mirsanjari, M.M.; Sokhango, F. (2018). Habitat suitability modeling for Wild goat in Dena protected area by Maximum Entropy (MAXENT) model. Journal of Animal Environment; 10(2): 23-30. (In Persian)

Mokhtari, M.H.; Busu, I.; Mokhtari, H.; Zahedi, G.; Sheikhattar, L.; Movahed, M.A. (2013). Neural Network and Multiple Linear Regression for Estimating Surface Albedo from ASTER Visible and Near-Infrared Spectral Bands. Earth Interactions; 17(3): 1-20.

Morovati, M.; Karami, M.; Kaboli, M. (2014). Desirable areas and effective environmental factors of wild goat habitat (*Capra aegagrus*). International Journal of Environmental Research; 8(4): 1031-1040.

Mostafavi, M.; Alizadeh, A.; Kaboli, M. & karami, M. (2010). Spring and summer habitat of wild goat (*Capra aegagrus*) map in the Lar National Park. Journal of Natural Resources Science and Technology; 5(2): 111-121. (In Persian)

Omidi, M.; Kaboli, M.; Karami, M.; Salman Mahini, A. R. & Hasanzadeh Kiabi, B. (2010). Modeling Habitat Suitability Persian leopard (Panthera pardus saxicolor) using ecological niche factor analysis (ENFA) in Kolahghazi National Park, Isfahan. Journal of Science & Technology; 12(1): 137-148. (In Persian)

Peterson, A.T.; Papes, M.; Eaton, M. (2007). Transferability and model evaluation in ecological niche modeling. A comparison of GARP and Maxent; 30: 550-560.

Rahmati, Z.; Tarkesh Esfahani, M.; Pourmanafi, S.; Vahabi, M.R. (2015). Potential habitat modelling of *Ferula ovina* using artificial neural network in Fereydunshahr Region, Isfahan Province. Iranian Journal of Applied Ecology; 4(11): 41-52. (In Persian)

Ramazanzadeh, S.; Mansouri, J.; Dehdar Dargahi, M.; Shams Esfandabad, B. (2012). Spring Habitat Suitability Mapping of *Gazella subguttrosa* using ecological niche factor analysis (ENFA) in Salouk National Park. The first national conference on environmental protection and planning; March 3. Hamedan, Iran. (In Persian)

Ranjbar, N.; Hemami, M.; Tarkesh, M.; Shahgholian, J. (2016). Seasonal assessment of habitat suitability of the wild goat (*Capra aegagrus*) in mountainous areas of Kolah-Qazi National Park using maximum entropy approach. Iranian Journal of Applied Ecology; 5(16): 69-83. (In Persian).

Shams, B.; Karami, M.; Hemami, M.R. (2010). Habitat associations of wild goat in central Iran: implications for conservation. European journal of wildlife research; 56: 883-894.

Sarhangzadeh, J.; Karimian, A.A.; and Akbari, H. (2018). Prediction leopard Panthera pardus saxicolor) habitat suitability in Kouh-e- Bafgh Protected Area. Journal of Animal Environment; 10(1): 1-8. (In Persian)

Sarhangzadeh, J.; Iran Nejadparazi, M.H.; Mosleh Arani, A and Akbari, H. (2017). Study of quantitative and qualitative condition and establishment conditions of juniper in Bafgh protected area. Iran Iron Ore Company-Bafgh, Yazd Province. (In Persian)

Sarhangzadeh, J.; Yavari, A. R.; Hemami, M. R.; Jafari, H. R.; Shams-Esfandabad, B. (2011). Habitat suitability modeling for wild life in the arid Lands, Case study: wild goat (*Capra aegagrus*) in Kouh-e- Bafgh protected area. Journal of Arid Biome; 1(3): 38-50.

Tarkesh, M.; Jetshcke, G. (2012). Comparison of six correlative models in predictive vegetation mapping on a local scale. Environmental and Ecological statistics; 19 (3): 437-457.

Weinberg, P.; Jdeidi, T.; Masseti, M.; Nader, I.; de Smet, K. & Cuzin, F. (2008). *Capra aegagrus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* (2008): e.T3786A10076632. http://dx.doi.org/ 10.2305/ IUCN.UK. (2008). RLTS.T3786A10076632.en. Accessed 15th September 2019.

Yilmaz, I. (2009). Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: A case study from Kat landslides (Tokat-Turkey). Computers and Geosciences; 35: 1125-1138.

Ziaie, H. (2008). A field guide to the mammals of Iran. Tehran: Department of the Environment. (In Persian)