پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۸، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۳۹۶، از صفحه ۱۰۱ تا ۱۱۲

# ارزیابی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی *(Panthera pardus saxicolor)* با روش آنتروپی بیشینه در استان گلستان

**سیده فرحناز وصالی[۱]، حسین وارسته مرادی*[۲]، عبدالرسول سلمان‌ماهینی[۳]**

۱ کارشناس ارشد محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان
*۲ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان
۳ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۳؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶)

**چکیده**

این مطالعه با هدف ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و عوامل موثر بر پراکنش پلنگ ایرانی با استفاده از روش آنتروپی بیشینه در استان گلستان انجام گرفت. مدل‌سازی آنتروپی بیشینه به‌دلیل کارکرد بهتر آن در گستره‌های زیستگاهی با وسعت کلان در تحقیق حاضر استفاده شد. به‌منظور رسیدن به این هدف ۱۹۳ نقطه حضور پلنگ در مناطق مختلف استان گلستان جمع‌آوری شد و از ۱۱ متغیر محیط‌زیستی در مدل‌سازی زیستگاه استفاده شد. تعیین میزان همبستگی متغیرها با استفاده از ماژول PCA در نرم‌افزار IDRISI Selva نشان داد هیچ‌گونه همبستگی بالای ۰/۹ بین متغیرها وجود ندارد. زبری سطح با میزان مشارکت ۳۳/۲ درصد و اهمیت ۴/۸ درصد مهم‌ترین عامل در تعیین مطلوبیت زیستگاه پلنگ بود. فاصله از طعمه‌ها با میزان مشارکت ۲۸/۷ درصد و اهمیت ۶۰/۲ درصد، ارتفاع با میزان مشارکت ۴/۴ درصد و اهمیت ۳/۵ درصد، شیب با میزان مشارکت ۳/۸ درصد و اهمیت ۱/۶ درصد و پوشش‌گیاهی با میزان مشارکت ۶/۵ درصد و اهمیت ۰/۸ درصد، دیگر متغیرهای تاثیرگذار در پراکنش پلنگ بودند. نتایج نشان داد زیستگاه مطلوب پلنگ در استان گلستان در ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا و شیب حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد قرار دارد. همچنین نتایج گویای این است که مدل با میزان AUC برابر ۰/۹۷۲ قابلیت پیش‌بینی عالی دارد.

**کلید واژه‌ها:** مطلوبیت زیستگاه، آنتروپی بیشینه، پلنگ ایرانی، استان گلستان، زبری سطحی

* نویسنده مسئول: Email: hvarasteh2009@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

## سرآغاز

پس از انقلاب صنعتی در اواسط قرن هجدهم و افزایش توانایی انسان برای دست‌کاری و تخریب طبیعت و نیز افزایش جمعیت انسان، جانوران و زیستگاه آن‌ها بر پهنه خاک بیش از پیش محدود شدند (وارسته مرادی و سلمان‌ماهینی، ۱۳۹۰). در دهه‌های کنونی شاهد کاهش تنوع‌زیستی در بخش‌های وسیعی از جهان در نتیجه عوامل انسان انگیخته مانند توسعه شهری و کشاورزی متمرکز هستیم (Foltete et al., 2014). اصلاح و تبدیل اراضی گسترده بشر منجر به از دست رفتن و تکه‌تکه‌شدگی بوم‌سازگان‌های طبیعی، تغییر فرآیندهای محیط‌زیستی و کاهش تنوع‌زیستی شده است (Theobald et al., 2011).

پستانداران گوشت‌خوار بزرگ‌جثه نقش کلیدی در تنظیم بوم‌سازگان‌های خشکی ایفا می‌کنند، از جمله این‌که سبب حفظ تنوع گونه‌ای می‌شوند. این جانوران به وسیله آثار محیط‌زیستی انسان انگیخته، به‌ویژه به‌دلیل فقدان زیستگاه که بیشتر سبب کاهش جمعیت آن‌ها می‌شود در معرض خطر هستند. بنابراین فهم وسعت زیستگاه مناسب از اهمیت زیادی برای حفاظت گوشت‌خواران برخوردار است. پلنگ گونه‌ای است که در بخش‌های وسیعی از محدوده پراکندگی آن کاهش جمعیت داشته است (Swanepoel et al., 2012).

پلنگ ایرانی یا پلنگ قفقازی *(Panthera pardus saxicolor)*، تنها گربه‌سان بزرگ موجود در اوراسیا، یک گونه پرچم در کوهستان‌ها و مناطق ناهموار ایران، افغانستان، ترکمنستان، آذربایجان، عراق و محدوده قفقاز است. علی‌رغم اهمیت، این زیر گونه تهدید شده در وضعیتی مخاطره‌آمیز، در تراکم پایین و در محدوده کوچک شده‌ای از نیمه قرن بیستم باقی مانده است (Farhadinia et al., 2015). بر اساس فهرست سرخ اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع‌طبیعی (IUCN) این گونه در رده در معرض خطر انقراض[۱] قرار دارد (IUCN, 2015).

در راستای بهبود درک ما از الگوهای فضایی پراکنش جانوران، مدل‌های تناسب زیستگاه[۲] به‌طور گسترده برای کمی‌سازی موزاییک سیمای‌منظر، نمایان‌سازی زیستگاه‌های مورد علاقه و تشخیص مکان‌های بالقوه گونه‌ها (Almpanidou et al., 2014)، تخمین اندازه جمعیت مناطق وسیع، اولویت‌بندی مناطق برای حفاظت و ارزیابی آثار بالقوه تغییرات جهانی در پراکنش گونه‌ها (Farhadinia et al., 2015) مطالعه گسترش گونه‌های مهاجم[۳] (Phillips &Dudı´k, 2008) استفاده می‌شوند که می‌توانند برای بقای گونه‌ها مهم باشند. محققان زیادی روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی زیستگاه مطلوب گونه‌ها استفاده کرده‌اند. این روش‌ها ارتباط بین پراکنش گونه‌ها و عوامل محیط‌زیستی را تعیین می‌کنند (Adibi et al., 2014). وظیفه اصلی مدل‌های زیستگاه، پیش‌بینی تناسب زیستگاه گونه‌ها به‌عنوان یک کارکرد از متغیرهای محیط‌زیستی است. تناسب زیستگاه به عنوان قابلیت یک واحد سیمای سرزمین (یک پیکسل یا پلی‌گون) به‌منظور حمایت بقا و تولیدمثل یک گونه تعریف می‌شود (Amici et. al., 2013). MaxEnt یکی از این نرم‌افزارها است که به‌طور گسترده‌ای در مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه برای گونه‌های مختلف استفاده شده است (Phillips &Dudı´k, 2008; Adibi et. al., 2014; Almpanidou et al., 2014). مدل‌سازی آنتروپی بیشینه، پتانسیل زیادی برای شناسایی پراکنش و انتخاب زیستگاه حیات‌وحش تنها متکی بر داده‌های حضور گونه دارد (Baldwin, 2009). داده‌های حضور گونه در مطالعه حاضر طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ جمع‌آوری شده است. مزیت‌هایی که روش آنتروپی بیشینه دارد شامل نیاز به داده‌های فقط حضور گونه، استفاده از هم داده‌های پیوسته و هم داده‌های گسسته و ترکیب اثر متقابل بین متغیرها، توسعه الگوریتم‌های قطعی پراکنش به منظور بهینه‌سازی احتمال پراکنش، نشان دادن خطای نمونه‌برداری به‌دلیل وابستگی احتمال پراکنش به مکان‌های وقوع پراکنش، پیوسته بودن خروجی و کاربرد داده‌های حضور و عدم حضور گونه با استفاده از یک مدل شرطی (Phillips et al., 2006) می‌باشد. تفاوت‌های مهمی بین مدل‌های خطی تعمیم‌یافته و تجمعی تعمیم یافته و MaxEnt وجود دارد که سبب پیش‌بینی‌های مختلف آن‌ها می‌شود. MaxEnt همانند مدل خطی تعمیم یافته و مدل تجمعی تعمیم یافته یک روش آماری کامل نیست. این روش یک رویکرد مولد است، در حالی که مدل‌های خطی تعمیم‌یافته یا تجمعی تعمیم‌یافته افتراقی هستند و روش‌های مولد زمانی‌که میزان داده‌های آزمون کوچک باشد، پیش‌بینی‌های بهتری ارایه می‌دهند (Phillips et al., 2006). مطالعات نشان دادند که روش MaxEnt برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها بیشتر به عملکرد قابل ملاحظه‌تری در آزمایش‌های کنترل شده نسبت به GARP دست می‌یابد

Archive of SID

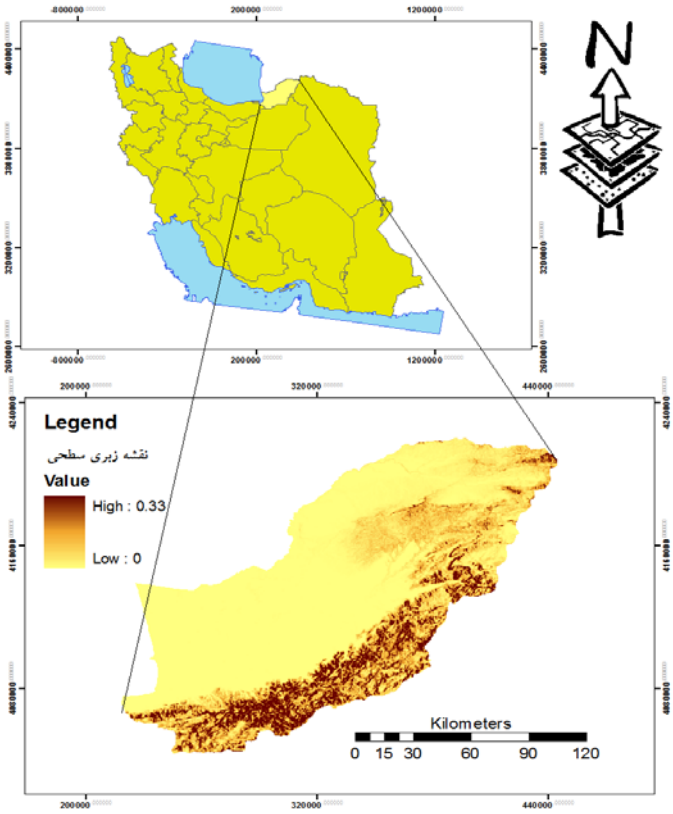
www.SID.ir

(Phillips et al., 2004). MaxEnt روش مناسب‌تری برای تعیین مطلوبیت زیستگاه در مقیاس کلان نسبت به تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی است (انصاری، ۱۳۹۵). به‌طور کلی می‌توان بیان داشت کارایی MaxEnt در مقایسه با سایر روش‌ها خوب ارزیابی شده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه حاضر سعی شده است با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt مهم‌ترین عوامل محیطزیستی موثر بر پراکنش گونه و زیستگاه‌های بالقوه آن در استان گلستان تعیین شود. مطالعات متعددی در ارتباط با پلنگ و مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt در ایران و کشورهای دیگر انجام شده است که می‌توان به بررسی وسعت و تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه پلنگ در آفریقای جنوبی با کاربرد رویکرد آنتروپی بیشینه (Swanepoel et al., 2012) تعیین عوامل موثر بر پراکنش پلنگ در سیمای‌منظر نیمه‌خشک در غرب هندوستان با نرم‌افزار MaxEnt ( Mondal et al., 2013) بررسی توزیع پلنگ ایرانی در فلات مرکزی ایران و عوامل موثر بر پراکنش در مقیاس وسیع با نرم‌افزار MaxEnt (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)، مدل‌سازی توزیع پراکنش پلنگ ایرانی در پارک ملی بمو با روش حداکثر آنتروپی (جمالی‌منش و همکاران، ۱۳۹۳) اشاره کرد.

## مواد و روش‌ها

### •منطقه مورد مطالعه

استان گلستان در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۶,۳۰ تا ۳۸,۱۵ عرض شمالی و در بین استان‌های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد. این استان با کشور ترکمنستان نیز هم‌جوار و دارای ۳۴۸ کیلومتر مرز خاکی و ۹۰ کیلومتر مرز آبی با این کشور است. از مجموع مساحت استان گلستان حدود ۱۱۲۶۰۰۰ هکتار را مرتع و ۴۳۰۰۰۰ هکتار را جنگل تشکیل داده و در مجموع حدود ۷۰ درصد از سطح استان را منابع‌طبیعی تشکیل می‌دهد. با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط آب‌وهوایی و جنس خاک‌ها، این استان از پوشش‌گیاهی متنوعی از قبیل جنگل انبوه، چمن‌زار و استپ برخوردار است (گرگانی، ۱۳۹۱). مجاورت با دریای خزر و رشته کوه‌های البرز سبب شده که به تبعیت از آب‌وهوا در دامنه شمالی البرز از خط ساحلی دریای خزر تا قلل مرتفع، متناسب با افزایش ارتفاع پوشش‌گیاهی متنوعی به‌صورت نوارهای مشخص به وجود آید (سایت استانداری استان گلستان، ۱۳۹۴). شکل (۱) موقعیت مکانی محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد.




**شکل (۱): محدوده استان گلستان و موقعیت آن در ایران**

Archive of SID
www.SID.ir

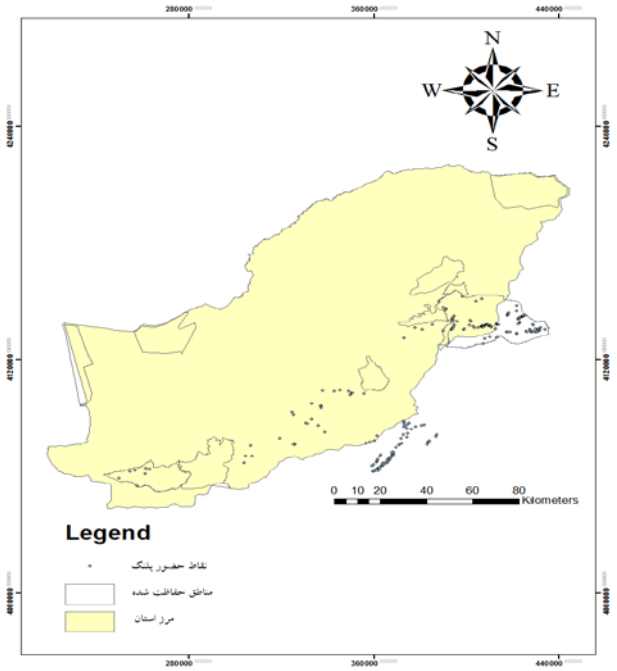
## روش پژوهش

### نقاط حضور و متغیرهای محیط‌زیستی

در مطالعه حاضر برای به‌دست آوردن تعداد کافی از نقاط حضور گونه موردنظر در استان گلستان و به علت گستردگی منطقه مطالعه از تمامی داده‌های در دسترس حاصل از مطالعات عرفانیان، روحی و کارشناسان اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان استفاده شد. عرفانیان در طی سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۰ با حضور در پارک ملی گلستان و کار صحرایی و استفاده از GPS به ثبت نمایه‌های حضور پلنگ پرداخت. روحی در سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳ با حضور در پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق با کار صحرایی و استفاده از GPS به جمع‌آوری اطلاعات پرداخت. همچنین اطلاعات کارشناسان محیط‌زیست بر روی نقشه شناسایی شد و از آن‌ها به‌عنوان نقاط اضافی در خصوص حضور پلنگ استفاده شد. به این ترتیب ۱۹۳ نقطه حضور پلنگ در استان گلستان جمع‌آوری شد. نقاط حضور بر اساس آثار و نمایه‌های گونه از قبیل ردپا، سرگین، خراش‌های موجود بر روی درختان، آثار به‌جای مانده از لاشه شکار، تلفات جاده‌ای و مشاهده مستقیم خود گونه بوده است شکل (۲).

متغیرهای محیط‌زیستی موثر بر پراکنش گونه با توجه به مرور مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور انتخاب شد که فهرست آن‌ها در جدول (۱) آمده است. سپس لایه‌های متغیرهای محیط‌زیستی در نرم‌افزار IDRISI Selva تهیه شدند. پس از آماده‌سازی و همسان نمودن لایه‌های متغیرهای محیط‌زیستی در نرم‌افزار IDRISI Selva به‌منظور تعیین میزان همبستگی متغیرها از ماژول PCA استفاده شد. نتایج تحلیل PCA نشان داد هیچ‌گونه همبستگی بالای ۰/۹ (مقدار همبستگی با نظر کارشناسی تعیین شد) بین متغیرها وجود ندارد. بنابراین، هیچ یک از متغیرهای محیط‌زیستی حذف نشد.

نقشه متغیرهای محیط‌زیستی از طرح جامع آمایش استان گلستان (سلمان‌ماهینی و همکاران، ۱۳۹۴) با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به‌دست آمد. از مدل رقومی ارتفاع به‌عنوان نقشه پایه برای تهیه نقشه‌های شیب، جهت و زبری استفاده شد. نقشه زبری در Arc GIS 9.3 با افزونه Terrain Ruggedness (VRM) تهیه شد. نقشه فاصله از طعمه‌ها از ترکیب نقشه طعمه‌های پلنگ شامل قوچ و میش، کل و بز، مرال و شوکا و استفاده از دستور Distance تهیه شد. نقشه شهرها و روستاهای استان ترکیب و فاصله از آن‌ها با دستور Distance تهیه شد. همچنین از نقشه‌های رودخانه‌ها، جاده‌ها و چشمه‌ها نقشه فاصله از این مناطق تعیین شد. نقشه تراکم پوشش گیاهی، براساس شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی (NDVI) تهیه شد و با جدا نمودن مناطق زراعی، در سایر مناطق با در نظر گرفتن پوشش گیاهی نسبتا طبیعی، هر چه میزان این شاخص بیشتر بود، تراکم نیز بیشتر در نظر گرفته شد.




**شکل (۲): نقاط حضور پلنگ در استان گلستان**

### روش مدل‌سازی زیستگاه

در تحقیق حاضر از نرم‌افزار MaxEnt v.3.3.3k (Phillips et al., 2006) برای پیش‌بینی احتمال حضور گونه پلنگ در استان گلستان با داده‌های فقط حضور استفاده شد و سهم هر یک از متغیرهای محیط‌زیستی در نقشه مطلوبیت زیستگاه تعیین شد. این رویکرد مدل‌سازی مبنی بر یادگیری ماشینی است که برای پیش‌بینی از داده‌های فقط حضور طراحی شده است و یکنواخت‌ترین پراکنش از نقاط نمونه‌برداری را در مقایسه با مکان‌های پس‌زمینه با توجه به محدودیت‌های به‌دست آمده از داده‌ها تخمین می‌زند (Phillips et al., 2006; Baldwin, 2009; Almpanidou et al., 2014). نتایج به‌دست آمده از این نرم‌افزار حتی برای مناطقی که حضور گونه کم است به‌طور معمول خوب است. به‌طور گسترده به وسیله محققان استفاده می‌شود، چرا که موجب صرفه‌جویی در زمان و هزینه می‌شود (Morovati et al., 2014).

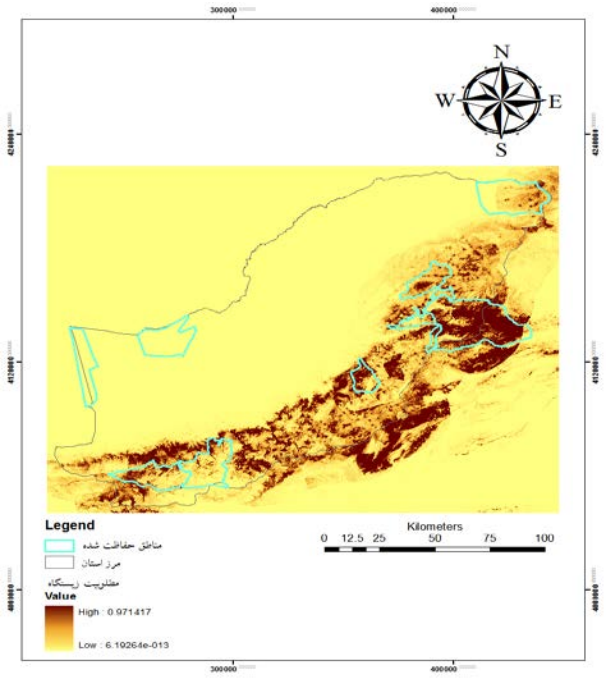
Archive of SID
www.SID.ir

**جدول (۱): متغیرهای محیط‌زیستی مورد استفاده در مدل‌سازی توزیع پلنگ در استان گلستان**

| شماره | متغیرهای محیط‌زیستی | واحد | منبع |
|---|---|---|---|
| ۱ | زبری سطح | بدون واحد (نسبی) | (Swanepoel et al., 2012) |
| ۲ | فاصله از طعمه‌ها | متر | (جمالی‌منش و همکاران، ۱۳۹۳)، (Erfanian et. al., 2013) |
| ۳ | فاصله از شهر و روستا | متر | Erfanian et. al., ), (Swanepoel et al., 2012) (Mondal et al., 2013), (2013 |
| ۴ | پوشش گیاهی | بدون واحد | (Swanepoel et al., 2012) |
| ۵ | فاصله از رودخانه‌ها | متر | (Erfanian et. al., 2013) ,(Swanepoel et al., 2012) |
| ۶ | مدل رقومی ارتفاع | متر | (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹)، (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)، , (Mondal et al., 2013), (Swanepoel et al., 2012) (Erfanian et. al., 2013) |
| ۷ | شاخص تراکم پوشش گیاهی | بدون واحد (نسبی) | Erfanian et. al., ), (Swanepoel et al., 2012) (Farhadinia et al., 2015), (2013 |
| ۸ | شیب | درصد | (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹)، (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲)، (جمالی‌منش و همکاران، ۱۳۹۳)، (Erfanian et. al., 2013) |
| ۹ | فاصله از جاده‌ها | متر | (Erfanian et. al., 2013), (Swanepoel et al., 2012) |
| ۱۰ | فاصله از چشمه‌ها | متر | (جمالی‌منش و همکاران، ۱۳۹۳)، (Erfanian et. al., 2013) |
| ۱۱ | جهت | زاویه آزیموتی | (جمالی‌منش و همکاران، ۱۳۹۳)، (Erfanian et. al., 2013) |

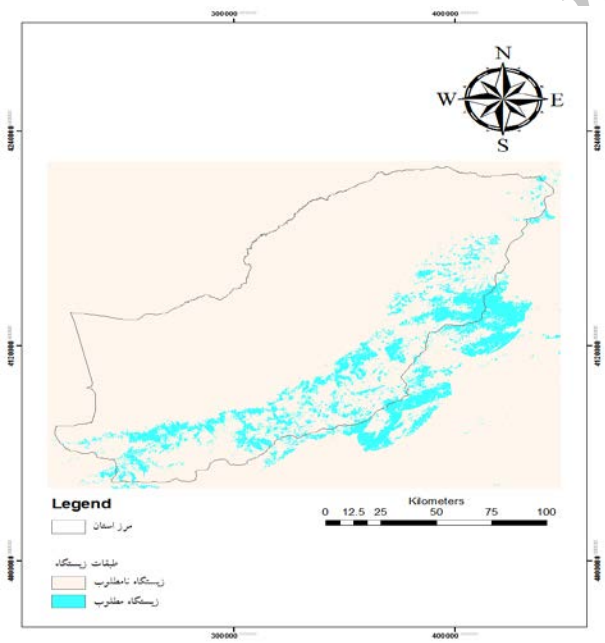
## یافته‌ها

پس از آماده‌سازی لایه‌های نقاط حضور و متغیرهای محیط‌زیستی و ورود آن‌ها به نرم‌افزار MaxEnt، نقشه مطلوبیت زیستگاه برای گونه تعیین شد که رنگ تیره‌تر نشان‌دهنده مناطق مناسب‌تر زیستگاهی پلنگ در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۳).




**شکل (۳):نقشه مطلوبیت زیستگاه پلنگ در استان گلستان**

نقشه مطلوبیت زیستگاه به دو طبقه زیستگاه مطلوب و نامطلوب طبقه‌بندی شد که در شکل (۴) نشان داده شده است.

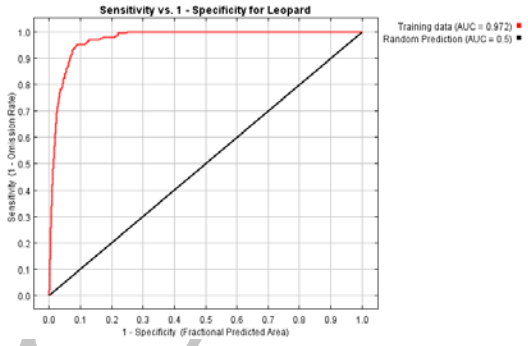



**شکل (۴):نقشه مطلوبیت زیستگاه پلنگ در استان گلستان**

ارزیابی تناسب یا صحت مدل به وسیله شاخص AUC (سطح زیر منحنی ROC) تعیین می‌شود که محدوده آن از ۰/۵ تا ۱ است. اگر مقدار AUC به دست آمده از نمودار بیشتر از ۰/۹ باشد، بیان‌گر قدرت پیش‌بینی بسیار عالی مدل برای زیستگاه

www.SID.ir

گونه است. مقدار ۰/۷ تا ۰/۹ قدرت پیش‌بینی خوب و کمتر از ۰/۷ قدرت پیش‌بینی پایین را نشان می‌دهد (Baldwin, 2009). نتیجه حاصل از ارزیابی عملکرد مدل بر اساس سطح زیر منحنی ROC، مقدار ۰/۹۷۲ را نشان می‌دهد که بیان‌گر این مطلب است که مدل کارایی بالایی داشته است شکل (۵).




**شکل (۵): منحنی ROC و مقدار AUC محاسبه شده برای ارزیابی عملکرد مدل**

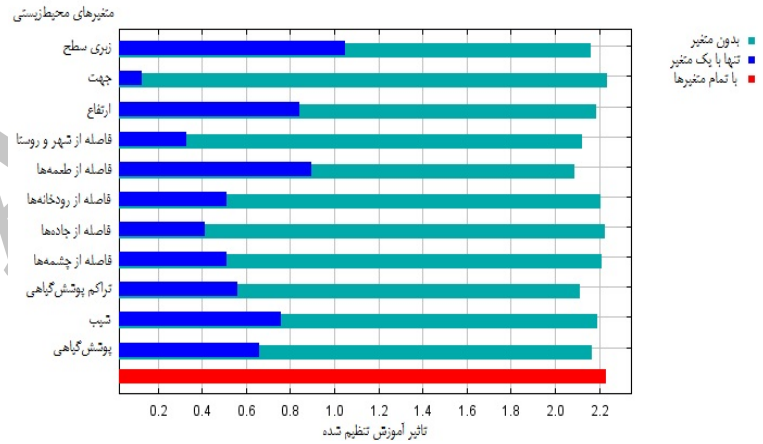
نمودار جک نایف برای ارزیابی اهمیت هر یک از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در مدل به‌کار می‌رود (Baldwin, 2009). بر اساس نتایج به‌دست آمده از نمودار جک‌نایف در مدل‌سازی حاضر، متغیر زبری مهم‌ترین عامل تاثیرگذار بر پراکنش پلنگ در استان گلستان است و سهم بیشتری در پیش‌بینی زیستگاه دارد.

متغیر محیط‌زیستی که هنگام حذف، بیشترین کاهش را در میزان تأثیر آموزش ایجاد می‌کند، متغیر فاصله از طعمه‌ها است که دارای بیشترین اطلاعاتی است که در دیگر متغیرها وجود ندارد شکل (۶).

در جدول (۲) درصد مشارکت و اهمیت هر یک از متغیرهای محیط‌زیستی به‌کا رفته در مدل‌سازی بیان شده است.

**جدول (۲): مشارکت نسبی متغیرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی**

| متغیرهای محیط‌زیستی | مشارکت | اهمیت |
|---|---|---|
| زبری سطح | ۳۳/۲ | ۴/۸ |
| فاصله از طعمه‌ها | ۲۸/۷ | ۶۰/۲ |
| فاصله از شهر و روستا | ۱۲/۳ | ۱۲/۵ |
| پوشش گیاهی | ۶/۵ | ۰/۸ |
| فاصله از رودخانه‌ها | ۵/۶ | ۰/۷ |
| مدل رقومی ارتفاع | ۴/۴ | ۳/۵ |
| شاخص تراکم پوشش گیاهی | ۳/۸ | ۲/۸ |
| شیب | ۳/۸ | ۱/۶ |
| فاصله از جاده‌ها | ۰/۹ | ۹/۱ |
| فاصله از چشمه‌ها | ۰/۸ | ۳/۸ |
| جهت | ۰/۱ | ۰/۱ |




**شکل (۶): نمودار جک‌نایف برای آزمون اهمیت متغیرها**

در شکل (۷) نمودارهای پاسخ پلنگ به متغیرهای محیط‌زیستی نشان داده شده است. در تراکم پایین پوشش گیاهی، یعنی مناطق با شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، مطلوبیت زیستگاه برای پلنگ کم است و با افزایش تراکم گیاهی از ۰/۲ تا مقدار ۰/۸ مطلوبیت افـزایش مـی‌یابد و بعد از آن مطلوبیت به شـــدت کاهش می‌یابد.

تفسیر این نمودار چنین می‌تواند باشد که پلنگ برای پنهان شدن، از مناطقی با پوشش گیاهی نسبتا متراکم استفاده می‌کند اما از آن‌جا که با افزایش تراکم پوشش گیاهی از قدرت صیادی پلنگ نیز کاسته می‌شود، به‌همین دلیل در تراکم پوشش گیاهی

www.SID.ir

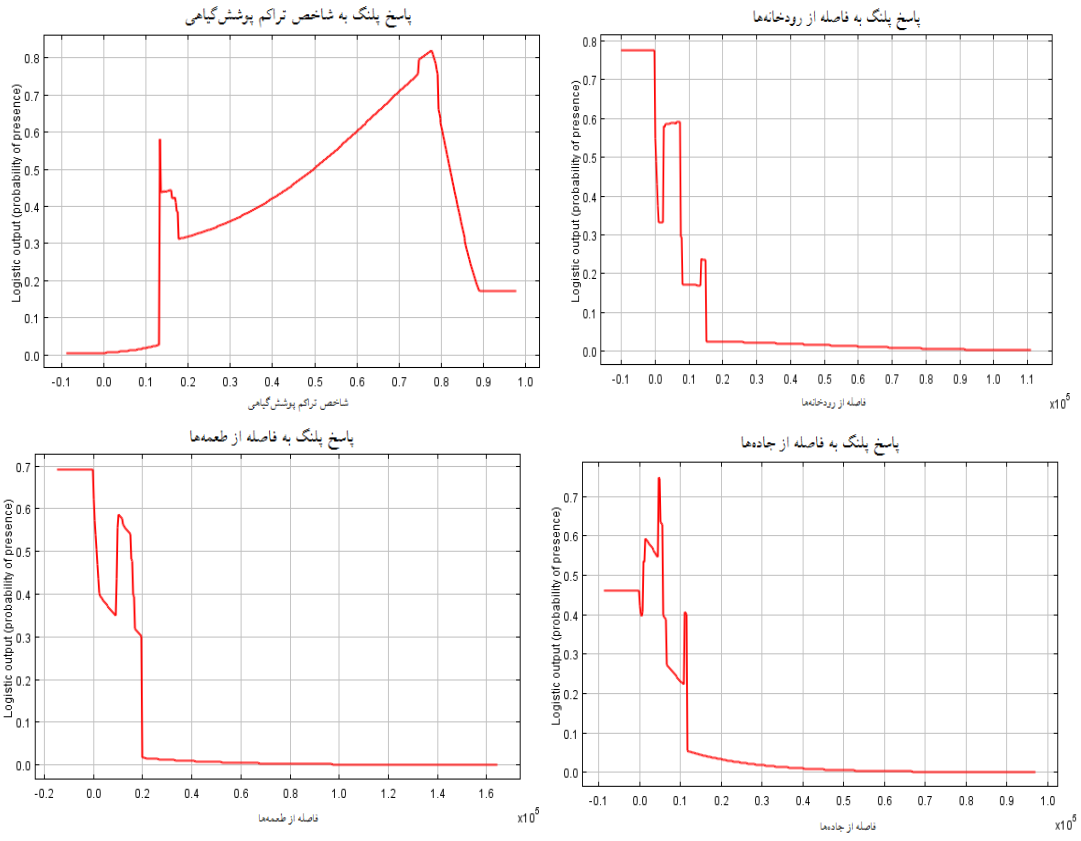
۰/۸ مطلوبیت برای حضور پلنگ به شدت کاهش می‌یابد (وارسته مرادی و همکاران، ۱۳۹۴).

در فواصل حدود پنج کیلومتری از رودخانه‌ها، مطلوبیت بالاست و از حدود ۸ کیلومتری به بعد مطلوبیت کاهش می‌یابد و بعد از آن ثابت و بی‌تاثیر می‌شود. مناطق نزدیک به زیستگاه طعمه‌ها تا فاصله تقریبا پنج کیلومتری برای پلنگ مطلوبیت بالایی دارند و با افزایش فاصله از این مناطق از میزان مطلوبیت کاسته می‌شود و در فاصله ۲۰ کیلومتری بی‌تاثیر می‌شود. تا فاصله ۵ کیلومتری از جاده‌ها مطلوبیت افزایش می‌یابد و از فاصله ۱۰ کیلومتری بی‌تاثیر می‌شود. البته نوسان‌هایی در نمودار وجود دارد که می‌تواند به‌دلیل اثر متقابل با دیگر متغیرها باشد.

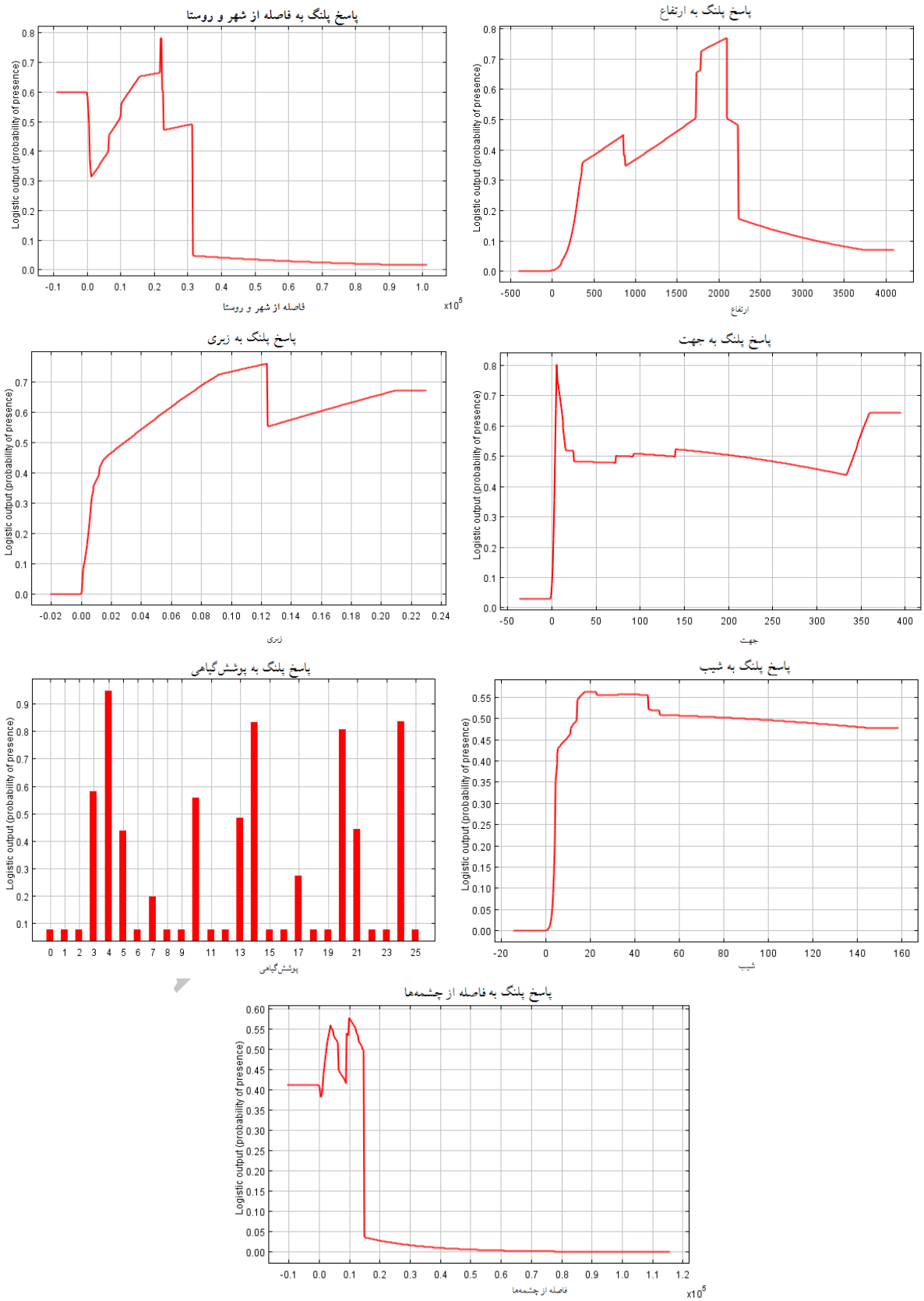
دلیل افزایش مطلوبیت در نزدیکی جاده‌ها می‌تواند به‌دلیل حضور طعمه‌هایی نظیر کل و بز در ارتفاعات واقع در حاشیه جاده‌ها باشد (وارسته مرادی و همکاران، ۱۳۹۴) و البته این شرایط در پارک‌ملی گلستان حاکم است. در دیگر مناطق، وجود گراز در اطراف جاده‌ها می تواند سبب افزایش تناسب زیستگاه شود. معمولا گرازها برای استفاده از زباله‌ها در این مناطق وجود دارند. با دور شدن از مناطق شهری و روستاها تا فاصله ۲۰ کیلومتری مطلوبیت افزایش می‌یابد و پس از آن با کاهش مطلوبیت همراه است و در ادامه بی‌تاثیر می‌شود. با افزایش ارتفاع از ۱۰۰۰ متری تا حدود ۲۱۰۰ متری مطلوبیت افزایش می‌یابد و از آن به بعد با کاهش مطلوبیت همراه است و از ارتفاع ۳۷۰۰ متری بی‌تاثیر می‌شود. البته نوسان‌هایی نیز در نمودار وجود دارد. با افزایش زبری سطحی تا میزان ۰/۱۲ مطلوبیت زیستگاه برای پلنگ افزایش می‌یابد. نمودار جهت بیان‌گر این است که جهت شمالی بالاترین مطلوبیت را داراست و بقیه جهت‌ها از مطلوبیت متوسطی برخوردارند.

احتمال حضور پلنگ با وجود پوشش‌گیاهی از نوع ممرز– شیردار، نوش، ارس– کیکم و بلندمازو– ممرز بیشتر است. با افزایش شیب تا حدود ۲۰ درصد، مطلوبیت زیستگاه برای پلنگ افزایش می‌یابد و از شیب بالای ۴۰ درصد مطلوبیت شروع به کاهش می‌کند. در موارد متعددی مطلوبیت زیستگاه حیات‌وحش با افزایش شیب کاهش پیدا می‌کند.

در محل چشمه‌ها مطلوبیت زیستگاه پلنگ ۰/۵۵ است و تا فاصله ۱۰ کیلومتری تغییرات اندکی در مطلوبیت دیده می‌شود و از آن به بعد مطلوبیت به‌شدت کاهش می‌یابد.




www.SID.ir




**شکل (۷): نمودارهای پاسخ پلنگ به متغیرهای محیط‌زیستی**

www.SID.ir

## بحث و نتیجه‌گیری

تعیین وضعیت پراکنش گونه‌های حیات‌وحش و وضعیت زیستگاه‌های تحت اشغال آن‌ها از اهمیت به‌سزایی در مدیریت حیات‌وحش و زیستگاه‌ها برخوردار است (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹). مدل‌های پراکنش گونه ابزار مهمی در تحقیقات بوم‌شناسی هستند. پیش‌بینی زیستگاه مناسب برای گونه‌های تهدید شده و در معرض خطر برای حفاظت و مدیریت زیستگاه‌های بومی آن‌ها ضروری است (Amici et. al., 2013). MaxEnt برنامه‌ای برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها از ثبت فقط حضور گونه است که بی‌نظمی نسبی بین دو چگالی احتمال تعریف شده در فضای همگام (یکی تخمین از داده‌های حضور و دیگری از سیمای‌سرزمین) را حداقل می‌سازد (Mondal et. al., 2013). وجود یا عدم وجود شکارچیان راس زنجیره غذایی مانند پلنگ بیشتر می‌تواند نشان از تنوع‌زیستی بالا یا پایین داشته باشد. بنابراین، حفاظت زیستگاه جانوران راس هرم را می‌توان در زمره یکی از موثرترین راه‌های حفاظت تنوع‌زیستی در سطح جهانی دانست (Erfanian et. al., 2013). از بین روش‌های مدل‌سازی زیستگاه حیات‌وحش، مدل‌سازی آنتروپی بیشینه به‌دلیل کارکرد بهتر آن در گستره‌های زیستگاهی با وسعت کلان در تحقیق حاضر استفاده شده است و بر طبق نتایج به دست آمده و میزان AUC عملکرد قابل قبولی در ارزیابی مطلوبیت زیستگاه و عوامل موثر بر پراکنش پلنگ داشته است. یافته‌های حاصل از MaxEnt در پژوهش حاضر نشان می‌دهد زیستگاه مطلوب پلنگ در ارتفاع ۲۱۰۰ متری از سطح دریا و شیب حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد قرار دارد. بر اساس نمودار جک‌نایف زبری سطح، فاصله از طعمه‌ها، ارتفاع، شیب و پوشش‌گیاهی به‌ترتیب اهمیت، متغیرهای تاثیرگذار در پراکنش گونه هستند. در این مطالعه زبری سطح مهم‌ترین عامل موثر در پراکنش پلنگ است که با مطالعات انجام گرفته روی زیستگاه‌های پوما (*Puma concolor*)، جگوار(*Panthera onca*) و پلنگ مطابقت دارد که اهمیت زبری سطحی را به‌عنوان زیستگاه مناسب روشن می‌سازد. مناطق کوهستانی بیشتر مورد استفاده پلنگ هستند، زیرا این مناطق پناهگاه‌های امن بیشتری از دخالت‌ها و آشفتگی‌های انسان‌ساختی فراهم می‌کنند. همچنین، به‌دلیل فعالیت‌های کم‌تر انسانی در این نواحی در مقایسه با مناطق هموارتر، رقابت مستقیم کمتری برای فضا با دیگر گونه‌ها به وجود می‌آید (Swanepoel et al., 2012). متغیر فاصله از طعمه‌ها، دومین عامل مهم در پراکنش پلنگ تعیین شده است. در این زمینه نتایج مطالعات (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ احمدی و همکاران، ۱۳۹۲؛ روحی و همکاران، ۱۳۹۳) نشان داد که مهم‌ترین عامل موثر بر حضور یا عدم حضور پلنگ تحت تاثیر طعمه‌هایش به‌ویژه کل و بز و قوچ و میش قرار داشته است. پراکنش و تراکم گوشت‌خواران به روشنی با پراکنش و فراوانی طعمه‌های آن‌ها در ارتباط است و پراکنش طعمه‌ها نیز به زیستگاه بستگی دارد (Gavashelishvili & Lukarevskiy, 2008). نتایج حاصل از تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی برای پلنگ در پارک ملی کلاه قاضی نشان داد که پراکنش طعمه‌ها و شیب مهم‌ترین عوامل در مطلوبیت زیستگاه این گونه هستند و زیستگاه مطلوب این گونه در منطقه موردنظر در حد فاصل ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۴۰۰ متر از سطح دریا و در شیب‌های ۲۰ تا ۷۰ درصد قرار دارد، به‌طوری که بیشترین بخش از زیستگاه مطلوب گونه در مناطق کوهستانی و صخره‌ای واقع شده است. مبرقع نیز طی مطالعه‌ای در سال ۱۳۸۶، ارتفاع و شیب مناسب زیستگاه مطلوب پلنگ ایرانی را در پارک ملی توران به‌ترتیب ۱۲۰۰–۱۱۰۰ متر و ۶۵–۳۵ درصد با استفاده از روش HEP برآورد نموده است (امیدی و همکاران، ۱۳۸۹). (روحی و همکاران، ۱۳۹۳) با اولویت‌بندی متغیرهای مهم زیستگاهی در مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی در پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق، طعمه‌ها به‌ویژه کل و بز و قوچ و میش را مهم‌ترین عامل در حضور یا عدم حضور پلنگ تعیین کردند و بیان نمودند مطلوب‌ترین زیستگاه پلنگ در ارتفاعات بالا بین ۱۷۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و در شیب‌های ۳۰ تا ۵۰ درصد مناطق صخره‌ای و صعب‌العبور کوهستانی قرار دارد. نتایج مطالعه (Erfanian et al., 2013) زیستگاه مطلوب پلنگ را به‌طور میانگین در ارتفاع ۱۲۳۴ متر و شیب ۳۲ درصد در پارک ملی گلستان نشان داده است. پراکنش طعمه‌ها و ارتفاع مهم‌ترین عوامل در تعیین حضور پلنگ شناخته شدند. اهمیت متغیرهای شاخص ردپای انسانی و ارتفاع نشان‌دهنده وابستگی پلنگ به زیستگاه‌های طبیعی و ناهموار به دور از سیماهای سرزمین با بیشترین کاربری‌های انسانی است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲). یافته‌های بررسی توزیع پلنگ ایرانی در فلات مرکزی ایران و عوامل موثر بر پراکنش در مقیاس وسیع با روش آنتروپی بیشینه،

Archive of SID

www.SID.ir

فاصله تا نواحی حفاظتی به‌عنوان شاخصی از دسترسی‌پذیری به طعمه‌های طبیعی را مهم‌ترین عامل موثر بر پراکنش پلنگ شناخته است. میزان AUC برابر ۰/۹۳ عملکرد خوب مدل در پیش‌بینی پراکنش گونه را نشان داد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۲). (Swanepoel et al., 2012) به بررسی وسعت و تکه‌تکه‌شدگی زیستگاه مناسب پلنگ در آفریقای جنوبی با استفاده از آنتروپی بیشینه پرداختند. دام‌پروری، مهم‌ترین زمینه تکه‌تکه‌شدگی در منطقه تشخیص داده شد و تداوم مسیرهای پراکنش بین مناطق زیستگاهی مطلوب در منطقه مطالعه برای قابلیت بقای پلنگ پیشنهاد شد. همچنین، بر راه‌کارهای کاهش تعارضات بین انسان و پلنگ در کریدورهای زیستگاهی و تلاش‌های حفاظتی در مناطقی که پشتوانه قانونی برای حفاظت ندارند تاکید شد. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که زیستگاه مطلوب پلنگ در استان گلستان بیشتر در بخش‌های جنوبی و در مناطق کوهستانی یا مناطق حفاظت شده ارتفاعات میان‌بند قرار دارد و مطلوب‌ترین زیستگاه پلنگ در پارک ملی گلستان و پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق دیده می‌شود. طبق نتایج پژوهش حاضر، زبری سطحی مهم‌ترین عامل در انتخاب زیستگاه پلنگ است که اهمیت مناطق کوهستانی را در بقای جمعیت‌های باقی‌مانده این گونه نشان می‌دهد. زبری امکان کمین و شکار را برای پلنگ فراهم می‌کند و هم زمان آن را از چشم سایر موجودات و انسان‌ها مخفی می‌دارد. شرایط زیستگاهی مناسب و حضور طعمه‌های پلنگ عوامل مهمی در بقای این گونه هستند که در برنامه‌های مدیریتی باید به آن‌ها توجه ویژه داشت.

## تقدیر و تشکر

از همکاری و کمک‌های شایان جناب آقای مهندس مصطفی قلی‌پور صمیمانه سپاسگزاریم. از خانم مهندس بهناز عرفانیان به‌دلیل در اختیار قرار دادن داده‌های پارک ملی گلستان و آقای مهندس حیدر روحی به‌دلیل داده‌های پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق کمال تشکر را داریم. نویسندگان مراتب تشکر خود را از همکاری مسئولان اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان گلستان و دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان ابراز می‌دارند.

## یادداشت‌ها

1. Endangered
2. Habitat suitability models
3. Invasive species

## فهرست منابع

احمدی، م.؛ توکلی، س. و کابلی، م. ۱۳۹۲. بررسی توزیع پلنگ ایرانی*(Panthera pardus saxicolor)* در فلات مرکزی ایران و عوامل موثر بر پراکنش در مقیاس وسیع، نخستین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین. دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. ۸ ص.

انصاری، ا. ۱۳۹۵. مقایسه مدل مطلوبیت زیستگاه گوسفند وحشی (*Ovis orientalis*) با استفاده از روشENFA وMAXENT در استان مرکزی. فصلنامه محیط‌زیست جانوری. سال هشتم. شماره دو. ۱۶-۹.

امیدی، م.؛ کابلی، م.؛ کرمی، م.؛ سلمان ماهینی، ع. و حسن‌زاده کیابی، ب. ۱۳۸۹. مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی *(Panthera pardus saxicolor)* به روش تحلیل عاملی آشیان بوم‌شناختی (ENFA) در پارک ملی کلاه قاضی، استان اصفهان. مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره دوازدهم. شماره یک.۱۴۸-۱۳۷.

جمالی‌منش، ا.؛ عموئیان، ای.؛ خسروی، ر. و انصاری، م. ۱۳۹۳. مدل‌سازی توزیع پراکنش پلنگ ایرانی *(Panthera pardus saxicolor)* در پارک ملی بمو با روش حداکثر آنتروپی، دومین همایش ملی برنامه‌ریزی، حفاظت حمایت از محیط‌زیست و توسعه پایدار. ۱۱ ص.

روحی، ح.؛ سلمان‌ماهینی، ع.؛ رضایی، ح. ر. و وارسته مرادی، ح. ۱۳۹۳. اولویت‌بندی متغیرهای مهم زیستگاهی در مطلوبیت زیستگاه پلنگ ایرانی (مطالعه موردی: پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق)، چهارمین کنفرانس بین‌المللی چالش‌های زیست‌محیطی و گاهشناسی درختی. ۱۰ ص.

Archive of SID

www.SID.ir

سلمان‌ماهینی، ع.؛ اونق، م.؛ شمعانیان، غ.؛ خرمالی، ف.؛ واحدبردی، ش.؛ دهقانی، ا.؛ سعدالدین، ا. و نجفی‌نژاد، ع. ۱۳۹۴. طرح جامع آمایش استان گلستان. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان.

روحی، ح. ۱۳۹۳. تعیین کریدور احتمالی پلنگ بین دو زیستگاه پناهگاه حیات‌وحش خوش ییلاق و پارک‌ملی گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده شیلات و محیط‌زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، ۱۰۷ ص.

عرفانیان، ب. ۱۳۹۰. مسیریابی بهینه گذرگاه‌های حرکتی پلنگ *(Panthera pardus)* در پارک‌ملی گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده شیلات و محیط‌زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، ۱۳۶ ص.

گرگانی، م. ۱۳۹۱. بررسی جامعه پرندگان جنگل‌های اولیه و دست‌کاشت در غرب استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان. ۱۰۰ ص.

میرزایی، ر.؛ همامی، م.؛ اسماعیلی ساری، ع. و رضایی،ح. ر. ۱۳۹۲. مدل‌سازی پراکنش دلیجه کوچک(*Falco naumanni*) در استان گلستان. مجله پژوهش‌های محیط‌زیست. سال چهار. شماره هشت. ۱۴۹-۱۵۶.

وارسته مرادی، ح. و سلمان‌ماهینی، ع. ۱۳۹۰. ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش، جلد اول، انتشارات آیینه نما. ۲۴۲ ص.

وارسته مرادی، ح.؛ سلمان ماهینی، ع. و قلی‌پور، م. ۱۳۹۴. ارزیابی زیستگاه حیات‌وحش، جلد دوم، نشر دی‌نگار تهران. ۴۵۰ ص.

سایت استانداری گلستان. زمان دسترسی اسفند ۱۳۹۴. (http://golestanp.ir/moarefi-ostan).

Adibi, M.; Karami, M. & Kaboli, M. 2014. Study of seasonal changes in habitat suitability of Caracal caracal schmitzi (Maschie 1812) in the central desert of Iran. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences. 3: 95-106.

Almpanidou, V.; Mazaris, A. D.; Mertzanis, Y.; Avraam, I.; Antoniou, I.; Pantis, J. D. & Sgardelis, S. P. 2014. Providing insights on habitat connectivity for male brown bears: Acombination of habitat suitability and landscape graph-based models. Ecological Modelling. 286: 37-44.

Amici, V.; Eggers, B.; Geri, F. & Battisti, C. 2013. Habitat suitability and landscape structure: a maximum entropy approach in a Mediterranean Area. Landscape Research. 20(2): 208–225.

Baldwin, R. A. 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. Entropy. 11. 854-866.

Erfanian, B.; Mirkarimi,H. S.; Salman Mahini, A. & Rezaei, H. R. 2013. A presence-only habitat suitability model for Persian leopard *Panthera pardus saxicolor* in Golestan National Park, Iran. Wildlife Biology. 19: 170-178.

Farhadinia, M.; Ahmadi, M.; Sharbafi, E.; Khosravi, S.; Alinezhad, H. & Macdonald, D. M. 2015. Leveraging trans-boundary conservation partnerships: Persistence of Persian leopard (*Panthera pardus saxicolor*) in the Iranian Caucasus. Biological Conservation. 191: 770-778.

Foltete, J.; Girardet, X. & Clauzel, C. 2014. A methodological framework for the use of landscape graphs in land-use planning. Landscape and Urban Planning. 124: 140-150.

Gavashelishvili, A. & Lukarevskiy, V. 2008. Modelling the habitat requirements of leopar *Pantherapardus* in west and central Asia. Applied Ecology.45: 579–588.

IUCN 2015. The IUCN Red List of Threatend Species. Viewed 11March2015. <www.iucnredlist.org>.

Mondal, K.; Sankar, K. & Qureshi, Q. 2013. Factors influencing the distribution of leopard in a semiarid landscape of Western India.Acta Theriol. 58: 179-187.

Morovati, M.; Panahandeh, M.; Rousta, Z. & Shorakaei, M. J. 2014. Habitat desirability modeling of Cheetah (Acinonyx jubatus venaticus) using maximum entropy model in central Iran (a case study: yazd province - dareh anjir wildlife refuge. Applied Ecology and Environmental Research. 13(3): 725-739.

Archive of SID

www.SID.ir

Phillips, S. J.; Dudı´k, M. & Schapire, R. E.2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning. 655-662.

Phillips, S. J.; Anderson, R. P. & Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling. 190: 231–259.

Phillips, S. J. & Dudı´k, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography. 31: 161-175.

Swanepoel, L. H.; Lindsey, P.; Somers, M. J.; Hoven, M. & Dalerum, F. 2012. Extent and fragmentation of suitable leopard habitat in South Africa. Animal Conservation.

Theobald, D. M.; Reed, S. E.; Fields, K. & Soule, M. 2011. Connecting natural landscape using a landscape permeability model to prioritize conservation activities in the United States. Conservation Letters.1-11.

Archive of SID

www.SID.ir