

مدل سازی اثر توزیع جغرافیایی جریبل بزرگ (*Rhombomis opimus*) بر پراکنش پشه خاکی *Phlebotomus papatasi* در استان گلستان

- **محسن احمدپور:** گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵
- **حسین وارسته مرادی*:** گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵
- **حمیدرضا رضایی:** گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵
- **محمدعلی عشاقی:** گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران
- **اباصلت حسین زاده کلاگر:** گروه زیست شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۵

چکیده

امروزه شناسایی تأثیر توزیع و پراکنش جغرافیایی گونه‌هایی که به عنوان مخازن عوامل بیماری‌زا به انسان می‌باشند، به منظور برنامه‌ریزی حفاظتی و کنترل بیماری‌ها از طریق روش‌های زیست-اکولوژیکی اجتناب‌ناپذیر است. هدف این مطالعه، ارزیابی اثرات توزیع جغرافیایی جریبل بزرگ (*Rhombomis opimus*)، به عنوان مخزن تک سلولی *Lishmania major*، بر توزیع جغرافیایی پشه خاکی (*Phlebotomus papatasi*)، به عنوان ناقل اصلی این انگل مولد لیشمانیوز جلدی روستایی، در استان گلستان می‌باشد. برای این منظور ۳۷۸ نقطه ثبت شده از حضور این گونه پشه خاکی و ۶ متغیر محیط زیستی شامل: اقلیم، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی، تیپ خاک، توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ، به عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. سپس مدل سازی توزیع جغرافیایی این پشه خاکی، با استفاده از نقاط حضور آن و متغیرهای محیط زیستی، به کمک نرم افزار MaxEnt به روش بیشینه آنتروپی انجام گرفت. نتایج نشان داد تعدادی از متغیرهای محیط زیستی، از جمله متغیرهای توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ بیشترین تأثیر (۸۹/۳٪) را در توزیع جغرافیایی گونه پشه *Phlebotomus papatasi* داشته‌اند. در حالی که دیگر متغیرها باهم تأثیر نسبتاً کم (۱۰/۷٪) را دارا بودند. بر اساس مدل سازی انجام شده در این تحقیق، زیستگاه این پشه خاکی به صورت پیوسته در شمال استان گلستان می‌باشد، به طوری که حدود ۱۲/۵ درصد از سطح استان گلستان به عنوان زیستگاه مطلوب این گونه پیش بینی شده‌اند. این پیش بینی می‌تواند در ارزیابی آسیب پذیر بودن مناطق به بیماری و اتخاذ استراتژی‌های پیشگیرانه و کنترل بیماری موثر باشد.

کلمات کلیدی: جریبل بزرگ، مدل توزیع جغرافیایی، پشه خاکی، لیشمانیوز جلدی روستایی



مقدمه

اماکن حیوانی و انسانی است (رائی و حنفی‌بجد، ۱۳۸۵). یکی از کانون‌های مهم این گونه پشه خاکی در ایران ترکمن صحرا در استان گلستان گزارش شده است (حنفی‌بجد و همکاران، ۱۳۸۵). سلامتی انسان، حیوانات و محیط زیست ذاتاً به همدیگر ارتباط دارند. بنابراین در کنترل بیماری‌های مشترک بین انسان و حیوانات، میزبان انسان، حیوان و ناقلین نیز باید مورد توجه قرار گیرند (Wardrop، ۲۰۱۶). توسعه و کاربرد مطالعات مداخلات ناقلین بیماری، نیازمند به درک جامع‌ای از ارتباطات اپیدمیولوژیک و اکولوژیکی بین ناقلین بیماری، سرایت حیوان و انسان است. علی‌رغم تأکید بر همه‌گیری شناسی ناقلین بیماری‌های مشترک بین انسان و حیوان، در روابط انسان-حیوان-ناقل، فقدان شدیدی در درک انسان از ارتباطات بین ناقلین بیماری و جمعیت‌های حیوانات وجود دارد. از سوی دیگر، مطالعات زیادی در رابطه با مدل‌سازی توزیع جغرافیایی جوندگان با استفاده از مدل‌های مختلف انجام شده است (Kittlein و Mapelli، ۲۰۰۹؛ Hoshino و همکاران، ۲۰۱۴؛ Bean و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین مطالعاتی که در رابطه با گونه‌های ناقل صورت گرفته است، بیش‌تر مربوط به همه‌گیری‌شناسی (همزوی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Wardrop، ۲۰۱۶)، بررسی‌های ژنتیکی (Belen و همکاران، ۲۰۱۱؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۳)، مطالعات فون این گونه‌ها (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷؛ کاورزاده، ۱۳۸۲؛ پرویزی و همکاران، ۱۳۷۸) و مواردی از این قبیل می‌باشد. اما مطالعه‌ای در رابطه با تأثیر توزیع جغرافیایی گونه مخزن بیماری بر پراکنش گونه ناقل، بر پایه رویکردهای مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS (Geographic Information System) در ایران صورت نگرفته است. از آنجایی که ترکمن صحرای استان گلستان به‌عنوان یکی از کانون‌های اصلی بیماری لیشمانیوز جلدی در ایران به‌خاطر فراوانی پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی*، گزارش شد (حنفی‌بجد و همکاران، ۱۳۸۵) و نیز کلنی‌های متعددی از جوندگان صحرائی مانند جربیل بزرگ و جرد لیبی (*Meriones libycus*) در این منطقه وجود دارند، که می‌توانند مخزن انگل *لیشمانیا ماژور* مولد بیماری لیشمانیوز جلدی روستایی باشند (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین شناسایی تأثیر توزیع جغرافیایی گونه جربیل بزرگ (به‌عنوان مخزن اصلی تک‌سلولی *لیشمانیا ماژور* در ایران) و سایر عوامل موثر در توزیع این جونده، بر پراکنش جغرافیایی پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* (ناقل اصلی انگل مولد لیشمانیوز جلدی روستایی) در استان گلستان، به‌منظور برنامه‌ریزی حفاظتی و کنترل بیماری‌ها از طریق روش‌های اکولوژیکی و زیست‌شناختی اجتناب‌ناپذیر است.

گونه جربیل بزرگ (*Rhombomys opimus*) از راسته جوندگان، خانواده موش‌ها و زیرخانواده جربیلیان و جنس *Rhombomys* می‌باشد. پراکندگی این گونه در ایران از ترکمن صحرا در استان گلستان، خراسان (Yaghoobi-Ershadi و همکاران، ۲۰۰۳؛ ضیایی، ۱۳۸۷)، جنوب‌شرقی بلوچستان، کاشان (Doroudgar و Dehghani، ۲۰۰۰)، اصفهان (Doroudgar و همکاران، ۲۰۰۹) و یزد (جعفری و همکاران، ۱۳۸۶) گزارش شدند. زیستگاه این گونه، دامنه تپه‌های کوتاه، دشت‌های ناهموار، کشتزارهای واقع در مناطق خشک بیابانی و استپی می‌باشد که در منطقه ترکمن صحرا کلنی‌های بزرگ این حیوان روی تپه‌های کوچک واقع در مراتع و اراضی کشاورزی مشاهده می‌شود (ضیایی، ۱۳۸۷). همچنین جربیل بزرگ به‌عنوان مخزن اصلی بسیاری از پاتوژن‌ها از جمله باکتری *یرسینیا*، عامل بیماری طاعون (Pollitzer، ۱۹۹۶؛ Gage و Kosoy، ۲۰۰۴)، نوعی انگل تک‌یاخته به نام *لیشمانیا*، عامل بیماری لیشمانیوز و کنه *هیالومای* ناقل ویروس *Crimean-Congo hemorrhagic fever* (CCHF)، عامل مولد تب کریمه و کنگو (Macdonald، ۱۹۸۴؛ Nowak، ۱۹۹۹) می‌باشد. این گونه یکی از اصلی‌ترین مخزن حیوانی عامل لیشمانیای جلدی در ایران، افغانستان و مرکز آسیا است (Strelkova و همکاران، ۲۰۰۱؛ Akhavan و همکاران، ۲۰۱۰). تک‌یاخته لیشمانیا در درون سلول‌های بیگانه‌خوار تک‌هسته‌ای مهره‌داران به خصوص جوندگان، تکثیر یافته و دوره تکاملی خود را تکمیل می‌یابد (Strelkova و همکاران، ۲۰۰۱؛ ندیم و همکاران، ۱۳۸۸). این انگل، عامل بیماری لیشمانیوز، که به‌عنوان یک بیماری مجدداً در حال ظهور با افزایش نرخ برخورد آن در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار دارد (Reithinger و همکاران، ۲۰۰۷). نرخ سرایت به لیشمانیوز ناشی از مخزن حیوانی، به‌طور نرمال بالا است به‌طوری‌که در مناطق آندمیک حضور این انگل بیش از ۹۰٪ افزایش یافته است (Rassi و همکاران، ۲۰۰۸؛ Akhavan و همکاران، ۲۰۱۰). بیماری لیشمانیوز جلدی (سالک)، به دو صورت جلدی روستایی و جلدی شهری وجود دارد. گزارشات نشان می‌دهد عامل بیماری لیشمانیوز جلدی نوع شهری، انگل *لیشمانیا تروپیکا* (*Lishmania tropica*) و ناقل قطعی آن پشه *فلبوتوموس سرگنتی* (*Phlebotomus sergenti*) است اما عامل بیماری لیشمانیوز جلدی روستایی انگل *لیشمانیا ماژور* (*Lishmania major*) و ناقل قطعی آن پشه *فلبوتوموس پاپاسی* (*Ph. Papatsi*) است (رائی و حنفی‌بجد، ۱۳۸۵؛ حنفی‌بجد و همکاران، ۱۳۸۵). پشه *فلبوتوموس پاپاسی* از راسته دوپالان، زیرراسته نامتوسرا و خانواده *Psychodidae* و زیرخانواده *Phlebotominae* می‌باشد. این گونه انتشار وسیعی در ایران داشته و نسبت به سایر گونه‌ها در اماکن انسانی غالب بوده و استراحتگاه آن



مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۳۲۸

کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۵۴ درجه تا ۵۶ درجه طول شرقی و ۳۶/۳۰ تا ۳۸/۱۵ درجه عرض شمالی، در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است. این استان از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان شمالی، از جنوب و جنوب شرقی به استان سمنان و از غرب به استان مازندران، خلیج گرگان و دریای کاسپین محدود می‌شود. استان گلستان از لحاظ ناهمواری به سه ناحیه تقسیم می‌شود که عبارتند از: ناحیه کوهستانی، ناحیه کوهپایه‌ای، ناحیه جلگه‌ای و اراضی پست. در بخش جلگه‌ای دو گونه آب و هوا دیده می‌شود. یک سوم این جلگه مانند نواری سبز بین بخش کوهستانی در جنوب و بخش خشک و نیمه‌خشک در شمال جای گرفته است، آب و هوای معتدلی دارد. دو سوم این جلگه آب و هوای خشک و نیمه‌خشک دارد. این استان با کاهش ارتفاع از ناحیه کوهستانی تا جلگه‌ای و اراضی پست، به ترتیب از پوشش گیاهی متنوعی از قبیل جنگل انبوه، چمنزار و استپ برخوردار است. تعدد و تنوع فراوان جوامع و گونه‌های گیاهی در استان گلستان موجب ایجاد زیستگاه‌های مناسب برای زندگی انواع موجودات شده است. منطقه ترکمن صحرا در شمال این استان واقع شده است که ناحیه‌ای خشک و نیمه‌خشک، جلگه‌ای و در برخی مناطق با تپه‌های بلند می‌باشد (استانداری گلستان، ۱۳۹۵) که از کانون‌های اصلی حضور پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* در استان گلستان است (حاتمی و همکاران، ۱۳۹۲).

روش کار: این مطالعه، به منظور مدل‌سازی توزیع جغرافیایی و

تعیین عوامل محیطی موثر بر مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ در استان گلستان و تأثیر آن بر پراکنش پشه *فلبوتوموس پاپاسی*، انجام گرفت. مدل‌سازی‌های انجام شده در این مطالعه بر اساس رویکرد بیشینه آنتروپی که خود هسته مرکزی تحلیل‌های طراحی شده در نرم‌افزار MaxEnt می‌باشد (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶) انجام شد. نرم‌افزار MaxEnt از داده‌های فقط حضور برای مدل‌سازی توزیع گونه‌ها استفاده می‌کند. این مدل برای یک گونه توسط تعدادی لایه محیط زیستی همراه با تعدادی نقاط حضور گونه به دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به صورت تابعی از متغیرهای محیطی بیان می‌کند. بدین منظور، از لایه‌های محیطی توزیع جغرافیایی، مطلوبیت زیستگاه و مهم‌ترین عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ بر اساس رویکرد بیشینه آنتروپی که توسط احمدپور و همکاران (۱۳۹۵) در استان گلستان انجام گرفت به عنوان عوامل محیطی مستقل در این مدل‌سازی استفاده شد. مهم‌ترین عوامل محیطی موثر بر توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ شامل ارتفاع از سطح

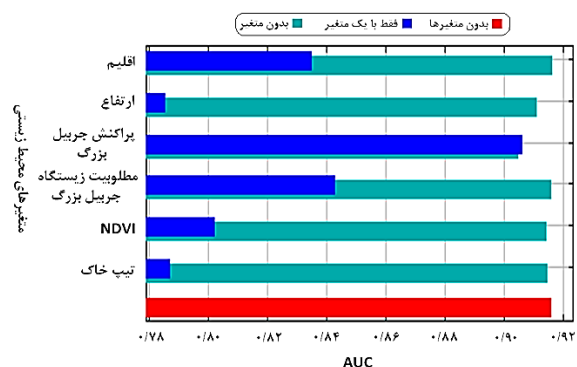
دریا، اقلیم، تیپ خاک و شاخص تراکم پوشش گیاهی بود. به منظور بررسی حضور پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در سطح استان گلستان به خصوص منطقه ترکمن صحرا، برای تهیه نقشه توزیع جغرافیایی این گونه، در طی فصل بهار ۱۳۹۲ اقدام به بازدید و پیمایش این مناطق، به خصوص مناطقی که به عنوان زیستگاه جریبل بزرگ و این گونه معرفی شده بودند، شد (Misonne, ۱۹۵۹; Lay, ۱۹۶۷; Siaharsari و Darvish, ۲۰۰۸؛ حنفی‌بجد و همکاران، ۱۳۸۵؛ روشن‌قلب و پرویزی، ۱۳۹۰). بدین منظور از افرادی که مبتلا به لیشمانیای جلدی روستایی بودند، مناطقی که مورد گزش این پشه قرار گرفتند پرسیده و ثبت گردید. هم‌چنین در برخی موارد، با توجه به مشاهده مستقیم این گونه در هنگام غروب و اوایل صبح، نقاط حضور آن ثبت شد. علاوه بر این برای دریافت اطلاعات تکمیلی مربوط به حضور گونه در منطقه از اطلاعات کارشناسان مستقر در شبکه‌های بهداشت مناطق استفاده شد. کلیه نقاط حضور گونه *فلبوتوموس پاپاسی* با دستگاه GPS ثبت گردید که در مجموع ۳۷۸ نقطه حضور به دست آمد. در ابتدا نقاط حضور جریبل بزرگ در استان گلستان که در مطالعه احمدپور و همکاران (۱۳۹۵) ثبت شده بود، به صورت یک لایه فاصله‌ای به عنوان فاصله از حضور جریبل بزرگ، توسط نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰/۲ ساخته شد. سپس تمام لایه‌های اطلاعاتی با اندازه سلول ۸۰ متر در نرم‌افزار ArcGIS رستری شدند و پس از یکسان‌سازی مرزها، سطر و ستون، به فرمت قابل قبول (ASCII) برای ورود به نرم‌افزار MaxEnt تبدیل شدند. قبل از انجام آنالیز، میزان همبستگی متغیرها توسط نرم‌افزار ArcGIS بررسی شد. از آن‌جا که هیچ‌یک از متغیرهای استفاده شده میزان همبستگی آن‌ها بیش از ۰/۸ نبود، بنابراین از همه آن‌ها در مدل‌سازی استفاده شد (Phillips و همکاران، ۲۰۰۶). سپس کلیه نقاط حضور پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در نرم‌افزار Excel نسخه ۲۰۱۰ با فرمت قابل قبول (CSV) برای نرم‌افزار MaxEnt آماده شدند. به‌طور کلی در این مطالعه از شش لایه محیطی که بیان شد، به عنوان عوامل محیطی مستقل و نقاط حضور پشه *فلبوتوموس پاپاسی* به عنوان عامل وابسته در مدل‌سازی استفاده شدند. هم‌چنین لایه‌های محیطی مربوط به مهم‌ترین عوامل موثر بر پراکنش جریبل بزرگ از بخش RS و GIS اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان تهیه گردید. در این مطالعه ۷۵٪ از این داده‌های حضور برای ساختن مدل و ۲۵٪ دیگر برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی اهمیت تک‌تک متغیرها در تهیه مدل از آزمون جک‌نایف (Kearney و Porter, ۲۰۰۹) استفاده شد و از تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده (Receiver operating characteristics curve/ROC) (Khleghizadeh و Javidkar, ۲۰۰۷) و مساحت سطح زیرمنحنی یا همان AUC (Area under curve) (Parr و همکاران، ۱۹۹۵) برای ارزیابی کیفیت



آنالیز آزمون جک‌نایف، که به منظور بررسی اهمیت هر کدام از متغیرهای محیطی در توسعه مدل توزیع جغرافیایی پشه خاکی در استان گلستان انجام شد (شکل ۲)، نشان داد متغیرهای توزیع جغرافیایی جریبل بزرگ و مطلوبیت زیستگاه این گونه به ترتیب بیشترین اهمیت را در توسعه مدل توزیع جغرافیایی این پشه، دارند. بنابراین با حذف این دو متغیر بیشترین کاهش در AUC اتفاق می‌افتد. به عبارت دیگر چنانچه مدل‌سازی تنها براساس وجود یک متغیر انجام شود، مهم‌ترین متغیر توزیع جغرافیایی جریبل بزرگ در منطقه است که می‌تواند AUC حدود ۰/۹ را ایجاد کند.

جدول ۱: سهم نسبی پیش‌بینی‌کننده هر یک از متغیرهای محیط زیستی استفاده شده در پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پشه فلیوتوموس پایاسی در استان گلستان

متغیرها	سهم نسبی متغیرها
پراکنش جریبل بزرگ	۵۲/۸
مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ	۳۶/۵
ارتفاع	۷/۲
تیپ خاک	۲
شاخص تراکم پوشش گیاهی	۰/۸
اقلیم	۰/۷



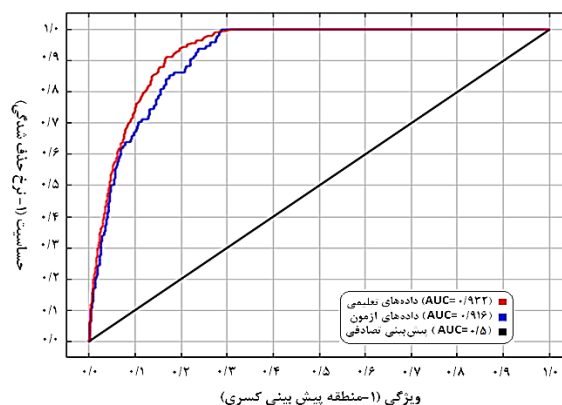
شکل ۲: اهمیت هر یک از متغیرها در توسعه مدل توزیع جغرافیایی پشه فلیوتوموس پایاسی در استان گلستان، براساس آزمون جک‌نایف

آزمون نرخ حذف در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده برای مدل توزیع جغرافیایی پشه فلیوتوموس پایاسی در استان گلستان انجام شد. از آنجایی که نرخ حذف، شرط لازم و نه کافی برای یک مدل خوب را نشان می‌دهد (Anderson و همکاران، ۲۰۰۳) و به دلیل تعریف آستانه تجمعی، نرخ حذف باید نزدیک به میزان پیش‌بینی شده آن باشد. در بررسی حاضر (شکل ۳)، نمودار خطای حذف شدگی برای

کلی مدل استفاده شد. در نهایت نقشه توزیع جغرافیایی پشه فلیوتوموس پایاسی با استفاده از نرم‌افزار MaxEnt تهیه شد و سایر پردازش‌های مربوط به خروجی آن توسط نرم‌افزار ArcGIS انجام شد.

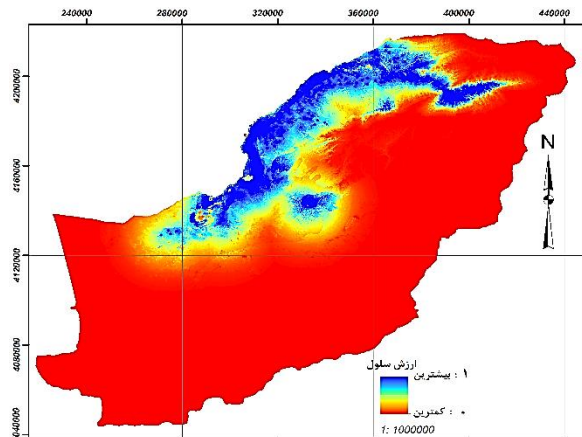
نتایج

نتایج به دست آمده از مدل‌سازی توزیع پشه فلیوتوموس پایاسی که براساس ۳۷۸ نقطه حضور، توسط نرم‌افزار MaxEnt و براساس رویکرد حداکثر آنتروپی انجام شد. منحنی ROC حاصل از MaxEnt، که با توجه به آن می‌توان مدل مذکور را مورد ارزیابی قرار داد و اساس این تجزیه و تحلیل نیز بر AUC (سطح زیرمنحنی ROC) استوار است (Giovannelli, ۲۰۱۰)، نشان داد که سطح زیرمنحنی برابر ۰/۹۳۲ و ۰/۹۱۶ به ترتیب برای داده‌های تعلیمی و آزمون است (شکل ۱). از آنجاکه مقادیر AUC بیش از ۰/۹ بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (Phillips و همکاران، ۲۰۰۹)، می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پشه فلیوتوموس پایاسی در منطقه بسیار عالی مدل‌سازی شد.

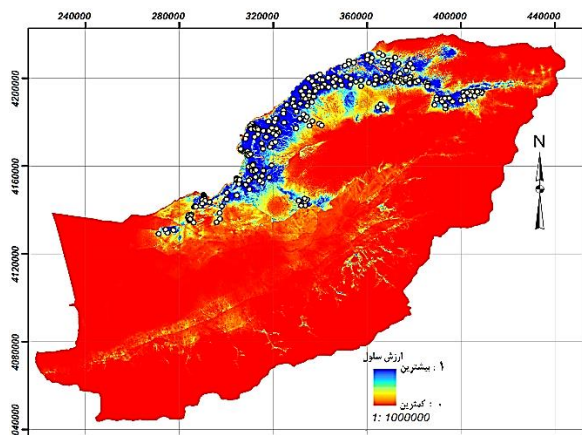


شکل ۱: نمودار حساسیت در برابر ویژگی‌های پشه فلیوتوموس پایاسی، منحنی ROC و مقادیر AUC مدل توزیع جغرافیایی این پشه

هم‌چنین با استفاده رویکرد بیشینه آنتروپی، سهم نسبی پیش‌بینی‌کننده هر یک از متغیر محیط زیستی مشخص شد (جدول ۱). به طوری که متغیر توزیع جغرافیایی جریبل بزرگ در استان گلستان دارای بالاترین سهم نسبی، به عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توزیع جغرافیایی پشه فلیوتوموس پایاسی بوده و به تنهایی ۵۲/۸ درصد از این سهم را به خود اختصاص داد. متغیر مطلوبیت زیستگاه جریبل بزرگ نیز با سهم ۳۶/۵ درصد به عنوان دومین عامل موثر در توزیع جغرافیایی این پشه خاکی شناسایی شدند. اما بقیه متغیرها هر کدام سهمی بین ۰/۷ تا ۷/۲ درصد را داشتند (جدول ۱).



شکل ۴: نقشه توزیع پیش‌بینی شده پشه فلپوتوموس پاپاسی در استان گلستان، در این نقشه سلول‌هایی که خیلی مطلوب است و احتمال حضور جربیل بزرگ در آن بالا است با رنگ آبی پر رنگ و سلول‌هایی که احتمال حضور گونه مورد نظر در آن صفر است با رنگ قرمز مشخص شدند. اما سلول‌های با رنگ‌های آبی کم‌رنگ، سبز و زرد، نشان‌دهنده این است که احتمال حضور این گونه در آن متغیر است و به ترتیب بین ۲۰ درصد تا ۷۰ درصد می‌باشد.

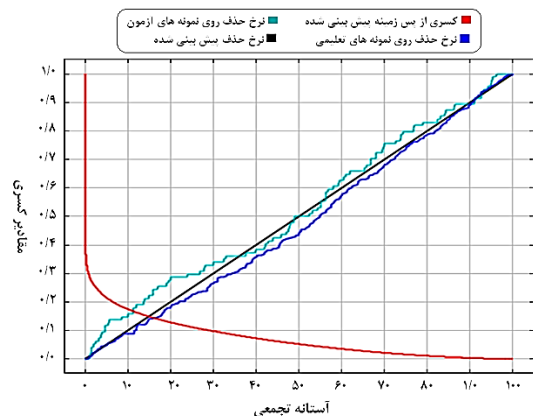


شکل ۵: نقشه توزیع پیش‌بینی شده و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در استان گلستان: در این نقشه دایره‌های زرد رنگ نشان‌دهنده نقاط حضور گونه جربیل بزرگ (پراکنش این گونه) در منطقه مورد مطالعه است. هم‌چنین سلول‌هایی که خیلی مطلوب است و احتمال حضور جربیل بزرگ در آن بالا است با رنگ آبی پر رنگ و سلول‌هایی که احتمال حضور گونه مورد نظر در آن صفر است با رنگ قرمز مشخص شدند. اما سلول‌های با رنگ‌های آبی کم‌رنگ، سبز و زرد، نشان‌دهنده این است که احتمال حضور این گونه در آن متغیر است و به ترتیب بین ۲۳ درصد تا ۷۷ درصد می‌باشد (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۵).

بحث

در بررسی‌های انجام‌شده در رابطه با مدل سازی اثر توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ و عوامل موثر بر آن در پراکنش این پشه خاکی در استان گلستان نشان داد که توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ و مطلوبیت

نمونه‌های تعلیمی میزان کم‌تری را نسبت به نمودار داده‌های آزمون نشان داد. هم‌چنین این بررسی نشان داد که به دلیل انطباق کلی نمودار خطای حذف شدگی با حذف پیش‌بینی شده (خط راست مورب) مدل قابل قبول است. به عبارت دیگر نرخ حذف به نرخ پیش‌بینی شده نزدیک بود. بنابراین، هرچه حذف نمونه‌های تعلیمی با حذف پیش‌بینی شده منطبق‌تر باشد مدل بهینه‌تر و قابل قبول‌تر است. بنابراین کارآیی این مدل (مطالعه حاضر) برای استفاده در سایر مطالعات بالا است.



شکل ۳: نرخ حذف در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده برای مدل توزیع جغرافیایی پشه فلپوتوموس پاپاسی در استان گلستان، در این نمودار خط سیاه نشان‌دهنده میزان خطای صفر، خط سبز و آبی به ترتیب نشان‌دهنده میزان خطا برای داده‌های آزمون و تعلیمی است، هرچه خط سبز و آبی به خط سیاه نزدیک و زیر آن باشند میزان خطا کم‌تر است و نتیجه مطلوب‌تر است.

از سوی دیگر، بررسی مطلوبیت زیستگاه که با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی با گستره میزان مطلوبیت از صفر تا یک انجام شد (شکل ۴) نشان داد: نقشه توزیع پیش‌بینی شده برای پشه فلپوتوموس پاپاسی براساس نقاط حضور این گونه و متغیرهای توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ و مهم‌ترین عوامل محیطی در مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ دارد که این گونه همانند جربیل بزرگ بیش‌تر زیستگاه‌های شمالی استان گلستان به خصوص مناطق ترکمن صحرا را ترجیح می‌دهد (شکل‌های ۴ و ۵). به طوری که محدوده توزیع جغرافیایی پشه فلپوتوموس پاپاسی تا حدود بسیار زیادی بر توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ هم‌پوشانی دارد (شکل‌های ۴ و ۵).



بسیاری از گونه‌های پشه‌های خاکی نقب‌های جربیل بزرگ را به‌عنوان مکان اصلی استراحت و تولیدمثل خود انتخاب می‌کنند. به‌طوری‌که جربیل بزرگ یکی از اصلی‌ترین و مورد علاقه‌ترین میزبان پشه‌های خاکی زیر جنس *فلبوتوموس* می‌باشد که از خون این گونه برای تغذیه استفاده می‌کند (Abai و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین، این موارد می‌تواند از اصلی‌ترین دلایل هم‌پوشانی توزیع و پراکنش گونه‌های مخزن (جربیل بزرگ) و ناقل (پشه خاکی) باشد.

نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که بخش قابل توجهی از استان گلستان به‌عنوان زیستگاه مطلوب (در حدود ۷/۸ درصد) و بهینه (در حدود ۴/۷ درصد) این گونه از پشه خاکی است (شکل ۴). به‌طور کلی، کلیه زیستگاه‌های مطلوب گونه مورد مطالعه، از شمال شرقی تا شمال‌غربی امتداد دارند و در منطقه ترکمن صحرای استان گلستان واقع شدند که با پژوهش‌های پیشین نیز مطابقت داشت (Parvizi و همکاران، ۱۹۹۸؛ حنفی‌بجد و همکاران، ۱۳۸۵؛ روشن‌قلب و پرویزی، ۱۳۹۰). از سوی دیگر نتایج حاصل از پیش‌بینی توزیع مطلوبیت زیستگاه با رویکرد بیشینه آنتروپی نشان داد که زیستگاه این پشه به‌صورت یک‌پارچه و پیوسته است (شکل‌های ۴ و ۵). با توجه به این موضوع، به‌نظر می‌رسد که این منطقه از لحاظ متغیرهای محیطی برای گونه مورد مطالعه همگن و دارای شیب تغییرات اندکی است. این مطالعه نشان داد، بررسی نیچ اکولوژیکی پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* و تهیه نقشه توزیع جغرافیایی آن در سطح استان گلستان از گام‌های ضروری در ارزیابی آسیب‌پذیر بودن مناطق به بیماری لیشمانیای جلدی روستایی است. لذا با مدل‌سازی‌های پیش‌بینی توزیع جغرافیایی و تقسیم‌بندی‌های فضایی استان گلستان، به زون‌های نظارتی مختلف براساس اهمیت زیستگاهی برای این پشه خاکی، می‌توان گام موثری در استراتژی‌های پیشگیری و درمان و کنترل بیماری برداشت.

منابع

۱. احمدپور، م.؛ وارسته‌مرادی، ح.؛ رضایی، ح.ر.؛ عشاقی، م.ع. و حسین‌زاده‌کلاگر، ا.، ۱۳۹۵. مدل‌سازی توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ (*Rhombomys opimus*) با استفاده از مدل بیشینه آنتروپی در استان گلستان. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، پذیرفته شده برای چاپ.
۲. استانداری گلستان، ۱۳۹۵. جغرافیای طبیعی استان. قابل دسترس در: <http://golestanp.ir/maorefi.html>
۳. پرویزی، پ.؛ جوادیان، ع.ا. و امیرخانی، ا.، ۱۳۷۸. مطالعه ناقل و مخزن میزبان لیشمانیوز جلدی در ترکمن صحرا، استان گلستان،

زیستگاه این گونه به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر توزیع جغرافیایی پشه می‌باشد. به‌طوری‌که توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* به‌میزان ۸۹/۳ درصد تحت تأثیر فقط دو عامل توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه گونه جربیل بزرگ است. از سوی دیگر احمدپور و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل MaxEnt گزارش دادند، لایه‌های محیطی هم‌چون ارتفاع از سطح دریا، تیپ خاک، شاخص تراکم پوشش گیاهی و اقلیم منطقه به‌عنوان متغیرهای محیطی مستقل مهم در توزیع و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ می‌باشند، در مدل‌سازی توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* نیز مورد استفاده قرار گرفتند. بر این اساس همه لایه‌های ذکر شده باهم، فقط ۱۰/۷ درصد بر توزیع جغرافیایی پشه خاکی تأثیرگذار بودند (جدول ۱). مطالعات میدانی نیز نشان داد در بسیاری از مناطق، این گونه از پشه‌های خاکی در کنار یا در داخل نقب‌های جربیل بزرگ زندگی حضور دارند. پرسش و پاسخ‌های به‌عمل آمده از بیماران مبتلا به لیشمانیای جلدی روستایی، روستاییان و کارشناسان شبکه بهداشت در هنگام ثبت نقاط حضور نیز انطباق حضور این گونه از پشه را با گونه جربیل بزرگ نشان داد. به‌طوری‌که بسیاری از نقاط حضور ثبت شده پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در نزدیکی نقب‌های فعال جربیل بزرگ بود یا این که برخی از نقاط حضور این پشه کاملاً با نقب‌های فعال و غیرفعال جربیل بزرگ منطبق بود. نتایج حاصل از مدل‌سازی توزیع این گونه پشه نیز این موضوع را تأیید نمود. مقایسه نقشه توزیع جغرافیایی پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* (شکل ۴) با نقشه مطلوبیت و توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ (شکل ۵) نیز نشان می‌دهد که توزیع این دو گونه در موارد بسیار زیادی شبیه به یکدیگر و تا حدودی کاملاً با هم هم‌پوشانی دارند. تفسیر مدل MaxEnt نشان داد هرچه مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ بیش‌تر باشد و فاصله تا افراد جربیل بزرگ کم‌تر باشد مطلوبیت محیط برای توزیع گونه *فلبوتوموس پاپاسی* بیش‌تر است. هم‌چنین با مقایسه (شکل‌های ۴ و ۵) می‌توان به این نتیجه رسید که وسعت مناطق با مطلوبیت بالا که برای زیست این پشه خاکی مناسب است کمی بیش‌تر از جربیل بزرگ است. به‌نظر می‌رسد این نتیجه مربوط به حضور سایر عوامل محیطی باشد که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. به‌طور کلی موارد بالا نشان می‌دهد که احتمال حضور این پشه در تمامی مناطقی که جربیل بزرگ حضور دارد بسیار بالا است. بسیاری از محققین نیز گزارش دادند که مخزن اصلی بیماری لیشمانیای جلدی روستایی در ایران، گونه جربیل بزرگ و ناقل اصلی آن پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* است که از خون این گونه تغذیه می‌کند (Javadian و Yaghoobi-Ershadi، ۱۹۹۶؛ Mohebbali و همکاران، ۲۰۰۴؛ Oshaghi و همکاران، ۲۰۱۰؛ Rassi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Mirzaei و همکاران، ۲۰۱۱). هم‌چنین



- Ghanei, M. and Yaghoobi-Ershadi, M.R., 2010. Leishmania species: Detection and identification by nested PCR assay from skin samples of rodent reservoirs. *Experimental Parasitology*. Vol. 126, No. 4, pp: 552-556.
۱۵. Anderson, R.P.; Lew, D. and Peterson, A.T., 2003. Evaluating predictive models of species distributions: criteria for selecting optimal models. *Ecological Modeling*. Vol. 162, pp: 211-232.
۱۶. Bean, W.T.; Prugh, L.R.; Stafford, R.; Butterfield, H.S.; Westphal, M. and Brashares, J.S., 2014. Species distribution models of an endangered rodent offer conflicting measures of habitat quality at multiple scales. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 51, pp: 1116-1125.
۱۷. Belen, A.; Kucukyildirim, S. and Alten, B., 2011. Genetic structures of sandfly (Diptera: Psychodidae) populations in a leishmaniasis endemic region of Turkey. *Journal of Vector Ecology*. Vol. 36, pp: 32-48.
۱۸. Doroudgar, A. and Dehghani, R., 1996. A study of wild rodents fauna and their biological activities (Cutaneous Leishmaniasis reservoirs) in the desert region of Kashan, ۱۹۹۶. Feyz, Kashan University Medical Science Health Service. Vol. 15, pp: 56-64.
۱۹. Doroudgar, A.; Asmar, M.; Razavi, M.R. and Doroodgar, M., 2009. Identifying the type of cutaneous leishmaniasis in patients, reservoirs and vectors by RAPD-PCR in Aran & Bidgol district of Esfahan Province during 2006-7. Feyz, Kashan University Medical Science Health Service. Vol. 2, pp: 141-146.
۲۰. Gage, K.L. and Kosoy, M.Y., 2004. Natural history of plague: perspectives from more than a century of research. *Annual Review of Entomology*. Vol. 50, pp: 505-528.
۲۱. Giovanelli, J.G.R.; De Siqueira, M.F.; Haddad, C.F. B. and Alexandrino, J., 2010. Modeling a spatially restricted distribution in the Neotropics: how the size of calibration area affects the performance of five presence-only methods. *Ecological Modelling*. Vol. 221, pp: 215-224.
۲۲. Hatami, H.; Seyed Nozadi, M.; Majlesi, F.; Eftekhar Ardabili, H.; Razavi, S.M. and Parizadeh, S.M.J., 2013. *Comprehensive book of public health*. Arjmand. Tehran, Iran. pp: 1053-1392.
۲۳. Hoshino, B.; Ganzorig, S.; Sawamukai, M.; Kawashima, K.; Baba, K.; Kai, K. and Nurtazin, S., 2014. The impact of land cover change on patterns of zoogeomorphological influence: Case study of zoogeomorphic activity of *Microtus brandti* and its role in degradation of Mongolian steppe. *IGARSS*. Vol. 978, pp: 3518-3521.
۲۴. Kearney, M. and Porter, W.P., 2009. Mechanistic niche modelling: combining physiological and spatial data to predict species' ranges. *Ecology Letters*. Vol. 12, pp: 334-350.
۲۵. Khaleghizadeh, A. and Javidkar, M., 2007. Past and present population and rodent diet of the Lesser Kestrel (*Falco Naumanni*) in northern Iran. *Falco*. Vol. 29, pp: 12-16.
۲۶. Lay, D.M., 1967. A study of the mammals of Iran resulting from the street expedition of 1962-1963. *Field zoologist*. Vol. 54, pp: 1-282.
۲۷. Macdonald, D., 1984. *The encyclopedia of mammals*. Fact on File Publications. New York.
۲۸. Mapelli, F.J. and Kittlein, M.J., 2009. Influence of patch and landscape characteristics on the distribution of the subterranean rodent *Ctenomys porteousi*. *Landscape Ecology*. Vol. 24, pp: 723-733.
۲۹. Mirzaei, A.; Rouhani, S.; Taherkhani, H.; Farahmand, M.; Kazemi, B.; Hedayati, M.; Baghaei, B.; Davari, E. and Parvizi, P., 2011. Isolation and detection of Leishmania
- شمال شرق ایران. *مجله علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس*. سال ۲، صفحات ۹ تا ۲۵.
۴. حنفی بجد، ا.ع.; یعقوبی ارشادی، م.ر.; زمانی، ق.; برزه کار، آ.; جعفری، ر. و پورا باذری، غ.ر., ۱۳۸۵. جنبه‌های اپیدمیولوژیک لیشمانیوز جلدی در شهرستان حاجی‌آباد استان هرمزگان، سال ۱۳۸۲. *مجله علوم پزشکی هرمزگان*. سال ۱۰، شماره ۱، صفحات ۶۳ تا ۷۰.
۵. راثی، ی. و حنفی بجد، ا.ع., ۱۳۸۵. پشه خاک‌ها، ناقلین لیشمانیوزها. نوآوران علم. چاپ اول. تهران.
۶. رضا، ج.; محبعلی، م.; دهقان دهنوی، ع.ر.; سلیمانی، ح.; اخوان، ا.ا.; حجاران، ه.; دهقان شادکا، ع. و فتاحی، ج., ۱۳۸۶. اپیدمیولوژی لیشمانیوز جلدی در شهر بافق، یزد سال ۱۳۸۴. *مجله دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی شهید صدوقی یزد*. سال ۱۵، شماره ۲، صفحات ۷۶ تا ۸۳.
۷. روشن قلب، م. و پرویزی، پ., ۱۳۹۰. جداسازی و تهیه هیت انگل لیشمانیا مازور و لیشمانیا تورانیکا در پشه خاکی فلیوتوموس پایاسی استان گلستان. *مجله علوم پزشکی مازندران*. سال ۱۲، شماره ۱، صفحات ۷۴ تا ۸۳.
۸. ضیایی، ه., ۱۳۸۷. راهنمای صحرایی پستانداران ایران. کانون آشنایی با حیات وحش. چاپ دوم. تهران. ۴۳۲ صفحه.
۹. عزیز، ک.; راثی، ی.; جوادیان، ع.ا.; یعقوبی ارشادی، م.ر.; جلالی، م. و کلاتری، م., ۱۳۸۷. مطالعه فن و بیواکولوژی ناقلین لیشمانیوز (پشه‌های خاکی‌های فلیوتومینه) شهرستان نورآباد ممسنی، استان فارس. *مجله ارمنان دانش*. سال ۱۳، شماره‌های ۳ و ۴، صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۰.
۱۰. کاورزاده، ف., ۱۳۸۲. مطالعه اکولوژیکی پشه خاکی‌ها در یک کانون لیشمانیوز احشایی، شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
۱۱. ندیم، ا.ح.; محبعلی، م.; جوادیان، ع.ا. و مومنی، ع.ض., ۱۳۸۸. انگل لیشمانیا و لیشمانیوزها. مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول. تهران.
۱۲. همزوی، ی.; صبحی، س.ا. و رضایی، م., ۱۳۸۷. ویژگی‌های اپیدمیولوژیک لیشمانیوز جلدی بیماران مراجعه کننده به مراکز بهداشتی-درمانی استان کرمانشاه (۸۵-۱۳۸۰). *فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه*. سال ۱۳، شماره ۲، صفحات ۱۵۱ تا ۱۶۱.
۱۳. Abai, M.R.; Oshaghi, M.A.; Tajedin, L.; Rassi, Y. and Akhavan, A., 2010. Geographical distribution and ecological features of the great gerbil subspecies in the main zoonotic cutaneous leishmaniasis foci in Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. Vol. 3, pp: 800-803.
۱۴. Akhavan, A.A.; Mirhendi, H.; Khamesipour, A.; Alimohammadian, M.H.; Rassi, Y.; Bates, P.; Kamhawi, S.; Valenzuela, J.G.; Arandian, M.H.; Abdoli, H.; Jalali zand, N.; Jafari, R.; Shareghi, N.;



۴۵. **Yaghoobi-Ershadi, M.R.; Akhavan, A.A.; Zahraei Ramazani, A.V.; Abai, M.R.; Ebrahimi, B. and Vafaei Nezhad, R., 2003.** Epidemiological study in a new focus of cutaneous leishmaniasis in the Islamic Republic of Iran. *Eastern Mediterranean Health Journal*. Vol. 9, pp: 816-26.
۴۶. **Zhang, L.; Ma, Y. and Xu, J., 2013.** Genetic differentiation between sandfly populations of *Phlebotomus chinensis* and *Phlebotomus sichuanensis* (Diptera: Psychodidae) in China inferred by microsatellites. *Parasites & Vectors*. Vol. 6, p: 115.
۳۰. **Misonne, X., 1959.** Analysis zoogeographique des mammifères de l'Iran. *Memoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Deuxième Série*. Vol. 59, pp: 1-157.
۳۱. **Mohebal, M.; Javadian, E.; Yaghoobi-Ershadi, M.R.; Akhavan, A.A.; Hajjaran, H. and Abai, M.R., 2004.** Characterization of leishmania infection in rodents from endemic areas of the Islamic Republic of Iran. *Eastern Mediterranean Health Journal*. Vol. 10, pp: 591-599.
۳۲. **Nowak, R., 1999.** Walker's mammals of the world. Johns Hopkins University Press. Baltimore MD.
۳۳. **Oshaghi, M.A.; Rasolian, M.; Shirzadi, M.R.; Mohtarami, F. and Doosti, S., 2010.** First report on isolation of *Leishmania tropica* from sandflies of a classical urban cutaneous leishmaniasis focus in southern Iran. *Experimental Parasitology*. Vol. 126, No. 4, pp: 445-450.
۳۴. **Parr, S.; Collin, P.; Silk, S.; Wilbraham, J.; Williams, N.P. and Yarar, M., 1995.** A baseline survey of Lesser Kestrels *Falco naumanni* in central Turkey. *Biological Conservation*. Vol. 72, pp: 45-53.
۳۵. **Parvizi, P.; Javadian, E.; Assmar, M.; Naddaf, S.R. and Amirkhani, A., 1998.** A survey on the host reservoirs of cutaneous leishmaniasis in Turkemen Sahara area, Iran. *Parasitology International*. Vol. 47, No. 1, pp: 186.
۳۶. **Phillips, S.J.; Anderson, R.P. and Schapire, R.E., 2006.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling*. Vol. 190, pp: 231-259.
۳۷. **Pollitzer, R., 1966.** Plague and plague control in the Soviet Union. Fordham University, Bronx, NY.
۳۸. **Rassi, Y.; Oshaghi, M.A.; Azani, S.M.; Abaie, M.R.; Rafizadeh, S.; Mohebai, M.; Mohtarami, F. and Zeinali, M.K., 2011.** Molecular detection of leishmania infection due to *Leishmania major* and *Leishmania turanica* in the vectors and reservoir host in Iran. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. Vol. 11, No. 2, pp: 145-150.
۳۹. **Rassi, Y.; Sofizadeh, A.; Abai, M.R.; Oshaghi, M.A.; Rafizadeh, S.; Mohebail, M.; Mohtarami, F. and Salahi, R., 2008.** Molecular detection of *Leishmania major* in the vectors and reservoir hosts of cutaneous leishmaniasis in Kalaleh District, Golestan Province, Iran. *Iranian Journal of Arthropod-Borne Disease*. Vol. 2, pp: 21-7.
۴۰. **Reithinger, R.; Dujardin, J.C.; Louzir, H.; Pirmez, C.; Alexander, B. and Brooker, S., 2007.** Cutaneous leishmaniasis. *The Lancet Infectious Diseases*. Vol. 7, pp: 581-596.
۴۱. **Siahsarvie, R. and Darvish, J., 2008.** Rodents diversity of central desert of Iranian plateau. *Hystrix*. Vol. 18, No. 1, pp: 168.
۴۲. **Strelkova, M.V.; Eliseev, L.N.; Pomirovsky, E.N.; Dergacheva, T.I.; Annacharyeva, D.K.; Erokhin, P.I. and Evans, D.A., 2001.** Mixed leishmanial infections in *Rhombomys opimus*: a key to the persistence of *Leishmania major* from one transmission season to the next. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. Vol. 95, pp: 811-9.
۴۳. **Wardrop, N.A., 2016.** Integrated epidemiology for vector-borne zoonoses. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. Vol. 110, pp: 87-89.
۴۴. **Yaghoobi-Ershadi, M.R. and Javadian, E., 1996.** Epidemiological study of reservoir hosts in an endemic area of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Iran. *Bulletin of the World Health Organisation*. Vol. 74, pp: 587-590.

