مدل‌سازی اثر توزیع جغرافیایی جربیل 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: 487-49175
- **حسین وارسته‌مرادی*:** گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 487-49175
- **حمیدرضا رضایی:** گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، صندوق پستی: 487-49175
- **محمدعلی عشاقی:** گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکي تهران
- **اباصلت حسین‌زاده‌کلاگر:** گروه زیست‌شناسی سلولی و مولکولی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر

تاریخ دریافت: آبان 1395 تاریخ پذیرش: بهمن 1395

چکیده

امروزه شناسایی تأثیر توزیع و پراکنش جغرافیایی گونه‌هایی که به‌عنوان مخازن عوامل بیماری‌زا به انسان می‌باشند، به‌منظور برنامه‌ریزی حفاظتی و کنترل بیماری‌ها از طریق روش‌های زیست‌اکولوژیکی اجتناب‌ناپذیر است. هدف این مطالعه، ارزیابی اثرات توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ (*Rhombomis opimus*)، به‌عنوان مخزن تک‌سلولی *Lishmania major*، بر توزیع جغرافیایي پشه خاکی (*Phlebotomus papatasi*)، به‌عنوان ناقل اصلی این انگل مولد لیشمانیوز جلدی روستایی، در استان گلستان می‌باشد. برای این منظور 378 نقطه ثبت شده از حضور این گونه پشه خاکی و 6 متغیر محیط زیستی شامل: اقلیم، ارتفاع، شاخص پوشش گیاهی، تیپ خاک، توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ، به‌عنوان متغیرهای مستقل انتخاب شدند. سپس مدل‌سازی توزیع جغرافیایی این پشه خاکی، با استفاده از نقاط حضور آن و متغیرهای محیط زیستی، به کمک نرم‌افزار MaxEnt به‌روش بیشینه آنتروپی انجام گرفت. نتایج نشان داد تعدادی از متغیرهای محیط زیستی، از جمله متغیرهای توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ بیش‌ترین تأثیر (89/3%) را در توزیع جغرافیایی گونه پشه *فلبوتوموس پاپاسی* داشته‌اند. درحالی‌که دیگر متغیرها باهم تأثیر نسبتاً کم (10/7%) را دارا بودند. براساس مدل‌سازی انجام شده در این تحقیق، زیستگاه این پشه خاکی به‌صورت پیوسته در شمال استان گلستان می‌باشد، به‌طوري‌که حدود 12/5 درصد از سطح استان گلستان به‌عنوان زیستگاه مطلوب این گونه پیش‌بینی شده‌اند. این پیش‌بینی می‌تواند در ارزیابی آسیب‌پذیر بودن مناطق به بیماری و اتخاذ استراتژی‌های پیشگیرانه و کنترل بیماری موثر باشد.

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

مقدمه

گونه جربیل بزرگ (*Rhombomis 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، 2003؛ ضیایی، 1387)، جنوب‌شرقی بلوچستان، کاشان (Doroudgar و Dehghani، 2000)، اصفهان (Doroudgar و همکاران، 2009) و یزد (جعفری و همکاران، 1386)گزارش شدند. زیستگاه این‌گونه، دامنه تپه‌های‌کوتاه، 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، 1387). همچنین جربیل بزرگ به‌عنوان مخزن اصلی بسیاری از پاتوژن‌ها ازجمله باکتری *برسینیا*، عامل بیماری طاعون (Pollitzer، 1996؛ Gage و Kosoy، 2004)، نوعی انگل تک‌یاخته به نام *لیشمانیا*، عامل بیماری‌لیشمانیوز و کنه‌*هیالومای* ناقل ویروس*Crimean-Congo hemorrhagic fever* (CCHF)، عامل مولدتب‌کریمه‌وکنگو (Macdonald، 1984؛ Nowak، 1999) می‌باشد. این گونه یکی از اصلی‌ترین مخزن حیوانی عامل لیشمانیای جلدی در ایران، افغانستان و مرکز آسیا است (Strelkova و همکاران، 2001؛Akhavan و همکاران، 2010). تک‌یاخته لیشمانیا در درون سلول‌های بیگانه‌خوار تک‌هسته‌ای مهره‌داران به خصوص جوندگان، تکثیر یافته و دوره تکاملی خود را تکمیل می‌یابند (Strelkova و همکاران، 2001؛ ندیم و همکاران، 1388). این انگل، عامل بیماری لیشمانیوز، که به‌عنوان یک بیماری مجدداً در حال ظهور با افزایش نرخ برخورد آن در دهه اخیر موردتوجه قرار دارد (Reithinger و همکاران، 2007). نرخ

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: hvarasteh2009@yahoo.com

سرایت به لیشمانیور ناشی از مخزن حیوانی، به‌طور نرمال بالا است به‌طوري‌که در مناطق آندمیک حضور این انگل بیش از 90% افزایش یافته است (Rassi و همکاران، 2008؛ Akhavan و همکاران، 2010). 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 (راثی و حنفی‌بجد، 1385؛ حنفی‌بجد و همکاران، 1385). پشه *فلبوتوموس پاپاسی* از راسته دوبالان، زیرراسته نماتوسرا و خانواده *Psychodideh* و زیرخانواده Phlebotominae می‌باشد. این گونه انتشار وسیعی در ایران داشته و نسبت به سایر گونه‌ها در اماکن انسانی غالب بوده و استراحتگاه آن اماکن حیوانی و انسانی است (راثی و حنفی‌بجد، 1385). یکی از کانون‌های مهم این گونه پشه خاکی در ایران ترکمن صحرا در استان گلستان گزارش شده است (حنفی‌بجد و همکاران، 1385).

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 موردتوجه‌قرار گیرند (Wardrop، 2016). 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 بیماری-های 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 (Mapelli و Kittlein، 2009؛ Hoshino و همکاران، 2014؛ Bean و همکاران، 2012). هم‌چنین مطالعاتی که در رابطه با گونه‌های ناقل صورت گرفته است، بیش‌تر مربوط به همه‌گیری‌شناسی (همزوی و همکاران، 1387؛ Wardrop، 2016)، بررسی‌های ژنتیکی (Belen و همکاران، 2011؛ Zhang و همکاران، 2013)، مطالعات فون این گونه‌ها (عزیزی و همکاران، 1387؛ کاورزاده، 1382؛ پرویزی و همکاران، 1378) و مواردی از این قبیل می‌باشد. اما مطالعه‌ای در رابطه با تأثیر توزیع جغرافیایی‌گونه مخزن بیماری بر پراکنش‌گونه ناقل، بر پایه‌رویکردهای مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی یا GIS(Geographic Information System) در ایران‌صورت‌نگرفته است.

از آن‌جایی‌که 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، 1385) و نیز کلني‌هاي متعددي از جوندگان صحرايي مانند جربیل بزرگ و جرد لیبی (*Meriones libycus*) در این منطقه وجود دارند، که مي‌توانند مخزن انگل *لیشمانیا ماژور* مولد بیماری لیشمانیوز جلدی روستايي باشند (حاتمی و همکاران، 1392).

بنابراین شناسایی تأثیر توزیع جغرافیایی گونه جربیل بزرگ (به-عنوان مخزن اصلی تک‌سلولی *لیشمانیا ماژور* در ایران) و سایر عوامل موثر در توزیع این جونده، بر پراکنش جغرافیايي پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* (ناقل اصلی انگل مولدلیشمانیوز جلدی روستایی) در استان گلستان، به‌منظور برنامه‌ریزی حفاظتی و کنترل بیماری‌ها از طریق روش‌های اکولوژیکی و زیست شناختی اجتناب‌ناپذیر است.

مواد و روش‌ها

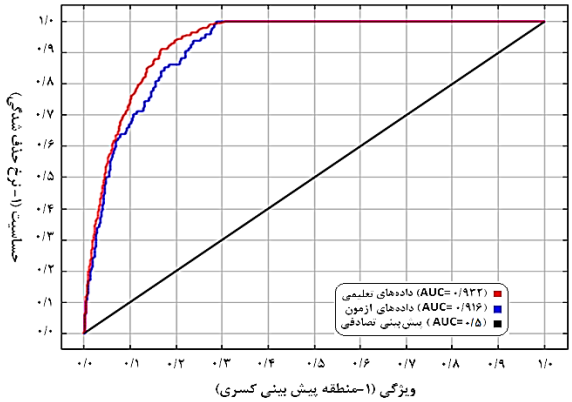
منطقه مورد مطالعه: استان گلستان با مساحتی بالغ بر 20328 کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی 54 درجه تا 56 درجه طول شرقی و 36/30 تا 38/15 درجه عرض شمالی، در جنوب‌شرقی دریای خزر واقع شده است. این استان از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان شمالی، از جنوب و جنوب‌شرقی به استان سمنان و از غرب به استان مازندران، خلیج گرگان و دریای کاسپین محدود می‌شود. استان گلستان از لحاظ ناهمواری به سه ناحیه تقسیم می‌شودکه‌عبارتند 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 نیمه-خشک دارد. این استان با کاهش ارتفاع از ناحیه کوهستانی تا جلگه‌ای و اراضی پست، به‌ترتیب از پوشش‌گیاهی 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 ناحیه-ای خشک و نیمه‌خشک، جلگه‌ای و در برخی مناطق با تپه‌های بلند می‌باشد (استانداری گلستان، 1395) که از کانون‌های اصلی حضور پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* در استان گلستان است (حاتمی و همکاران، 1392).

روش کار: این مطالعه، به‌منظور مدل‌سازی توزیع جغرافیایی و تعیین عوامل محیطی موثر بر مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ در استان گلستان و تأثیر آن بر پراکنش پشه *فلبوتوموس پاپاس*، انجام گرفت. مدل‌سازی‌های انجام‌شده‌در این مطالعه براساس‌رویکرد بیشینه آنتروپی که خود هسته مرکزی تحلیل‌های طراحی شده در نرم‌افزار MaxEnt می‌باشد (Phillips و همکاران، 2006) 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 به‌دست می‌آید و مطلوبیت هر سلول در زیستگاه را به‌صورت تابعی از متغیرهای محیطی بیان می‌کند. بدین منظور، از لایه‌های محیطی توزیع جغرافیایی، مطلوبیت زیستگاه و مهم‌ترین عوامل موثر بر مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ براساس رویکرد بیشینه آنتروپی که توسط احمدپور و همکاران (1395) 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 جربیل

بزرگ شامل ارتفاع از سطح دریا، اقلیم، تیپ خاک و شاخص تراکم پوشش گیاهی بود. به‌منظور 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 1392 اقدام به بازدید و پیمایش این مناطق، به‌خصوص مناطقی که به‌عنوان زیستگاه جربیل بزرگ و این گونه معرفی شده بودند، شد (Misonne، 1959؛ Lay، 1967؛ Siahsarvi و Darvish، 2008؛ حنفی‌بجد و همکاران، 1385؛ روشن‌قلب و پرویزی، 1390). 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 378 نقطه حضور به‌دست آمد. در ابتدا نقاط حضور جربیل بزرگ در استان گلستان که در مطالعه احمدپور و همکاران (1395) ثبت شده بود، به‌صورت یک لایه فاصله‌ای به‌عنوان فاصله از حضور جربیل بزرگ، توسط نرم‌افزار ArcGIS نسخه 10/2 ساخته شد. سپس تمام لایه‌های اطلاعاتی با اندازه سلول 80 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 آن‌جاکه هیچ‌یک از متغیرهای استفاده شده میزان همبستگی آن‌ها بیش از 0/8 نبود، بنابراین از همه آن‌ها در مدل‌سازی استفاده شد (Phillips و همکاران، 2006). سپس کلیه نقاط حضور پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در نرم‌افزار Excel نسخه 2010 با فرمت قابل قبول (CSV) برای نرم‌افزار MaXent آماده شدند. به‌طورکلی در این مطالعه از شش لایه محیطی که بیان شد، به‌عنوان عوامل محیطی مستقل و نقاط حضور پشه *فلبوتوموس پاپاسی* به‌عنوان عامل وابسته در مدل‌سازی استفاده شدند. همچنین لایه‌های محیطی مربوط به مهم‌ترین عوامل موثر بر پراکنش جربیل بزرگ از بخش RS و GIS اداره کل حفاظت محیط زیست استان گلستان تهیه گردید. در این مطالعه 75% از این داده‌های حضور برای ساختن مدل و 25% دیگر برای ارزیابی مدل مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور بررسی اهمیت تک‌تک متغیرها در تهیه مدل از آزمون جک‌نایف (Kearney و Porter، 2009) استفاده شد و از تحلیل منحنی ویژگی عامل دریافت کننده (Receiver operating characteristics curve/ROC) (Khleghizadeh و Javidkar، 2007) و مساحت سطح زیرمنحنی یا همان AUC (Area under curve) (Parr و همکاران، 1995) برای ارزیابی کیفیت کلی مدل استفاده شد. در نهایت نقشه‌توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* با استفاده از نرم‌افزار MaXent تهیه شد و سایر پردازش‌های مربوط به خروجی آن توسط نرم‌افزار ArcGIS انجام شد.

نتایج

نتایج به‌دست آمده از مدل‌سازی توزیع پشه *فلبوتوموس پاپاسی* که براساس 378 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 تحیل نیز بر AUC (سطح زیرمنحنی ROC) استوار است (Giovanelli، 2010)، نشان داد که سطح زیرمنحنی برابر 0/932 و 0/916 به‌ترتیب برای داده‌های تعلیمی و آزمون است (شکل 1). از آن‌جاکه مقادیر AUC بیش از 0/9 بیانگر پیش‌بینی بسیار عالی مدل است (Phillips و همکاران، 2009)، می‌توان نتیجه گرفت که پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در منطقه بسیار عالی مدل‌سازی شد.



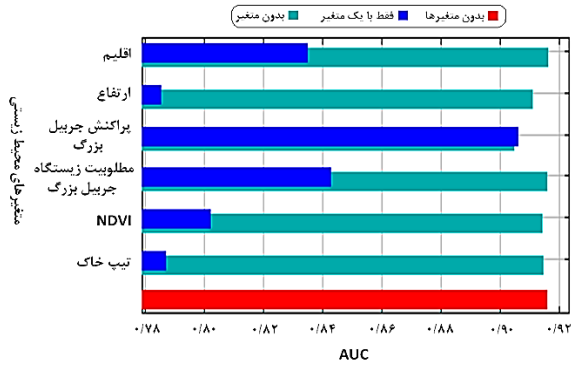
شکل 1: نمودار حساسیت در برابر ویژگی‌های پشه *فلبوتوموس پاپاسی*، منحنی ROC و مقادیر AUC مدل توزیع جغرافیایی این پشه

همچنین با استفاده رویکرد بیشینه آنتروپی، سهم نسبی پیش‌بینی کننده هر یک از متغیر محیط زیستی مشخص شد (جدول 1). به‌طوری‌که متغیر توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ در استان گلستان دارای بالاترین سهم نسبی، به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* بوده و به تنهایی 52/8 درصد از این سهم را به‌خود اختصاص داد. متغیر مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ نیز با سهم 36/5 درصد به‌عنوان دومین عامل موثر در توزیع جغرافیایی این پشه خاکی شناسایی شدند. اما بقیه متغیرها هر کدام سهمی بین 0/7 تا 7/2 درصد را داشتند (جدول 1).

آنالیز آزمون جک‌نایف، که به‌منظور بررسی اهمیت هر کدام از متغیرهای محیطی در توسعه مدل توزیع جغرافیایی پشه خاکی در استان گلستان انجام شد (شکل 2)، نشان داد متغیرهای توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ و مطلوبیت زیستگاه این گونه به‌ترتیب بیش‌ترین اهمیت را در توسعه مدل توزیع جغرافیایی این پشه، دارند. بنابراین با حذف این دو متغیر بیش‌ترین کاهش در AUC اتفاق می‌افتد. به‌عبارت دیگر چنان‌چه مدل‌سازی تنها براساس وجود یک متغیر انجام شود، مهم‌ترین متغیر توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ در منطقه است که می‌تواند AUC حدود 0/9 را ایجاد کند.

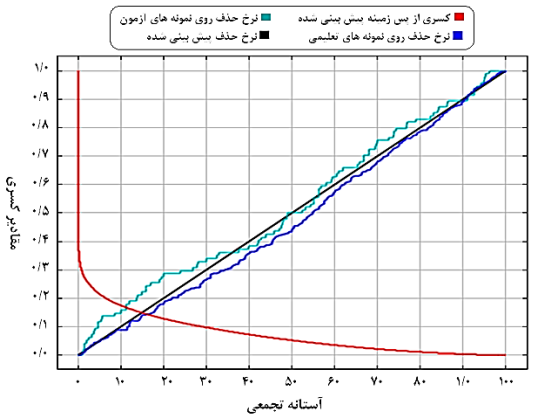
جدول 1: سهم نسبی پیش‌بینی‌کننده هریک از متغیرهای محیط زیستی استفاده شده در پیش‌بینی توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در استان گلستان

متغیرها	سهم نسبی متغیرها
پراکنش جربیل بزرگ	52/8
مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ	36/5
ارتفاع	7/2
تیپ خاک	2
شاخص تراکم پوشش گیاهی	0/8
اقلیم	0/7



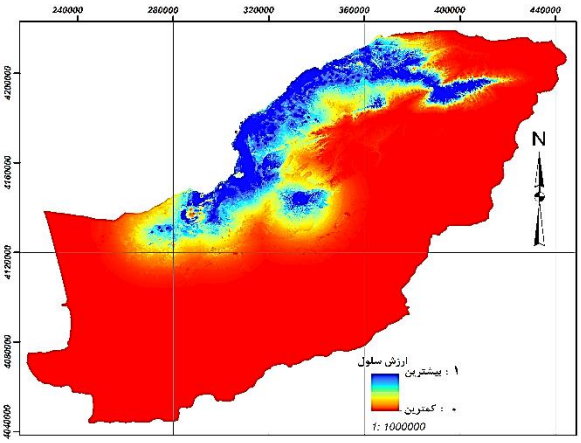
شکل 2: اهمیت هر یک از متغیرها در توسعه مدل توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در استان گلستان، براساس آزمون جکنایف

آزمون نرخ حذف در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده برای مدل توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در استان گلستان انجام شد. از آن‌جایی‌که نرخ حذف، شرط لازم و نه کافی برای یک مدل خوب را نشان می‌دهد (Anderson و همکاران، 2003) و به‌دلیل تعریف آستانه تجمعی، نرخ حذف باید نزدیک به میزان پیش‌بینی شده آن باشد. در بررسی حاضر (شکل 3)، نمودار خطای حذف شدگی برای نمونه‌های تعلیمی میزان کم‌تری را نسبت به نمودار داده‌های آزمون نشان داد. هم‌چنین این بررسی نشان داد که به‌دلیل انطباق کلی نمودار خطای حذف شدگی با حذف پیش‌بینی شده (خط راست مورب) مدل قابل قبول است. به‌عبارت 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.



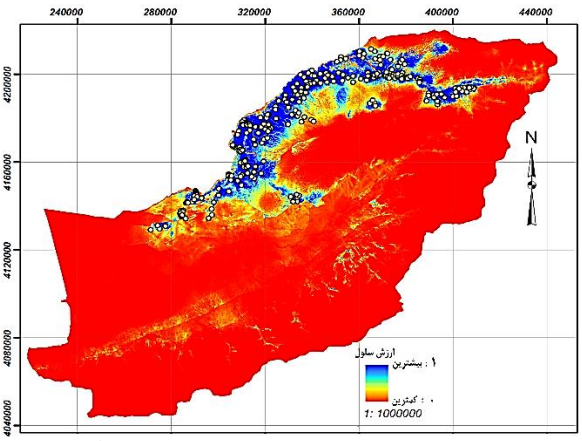
شکل 3: نرخ حذف در مقابل مقادیر پیش‌بینی شده برای مدل توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* در استان گلستان، در این نمودار خط سیاه نشان‌دهنده میزان خطای صفر، خط سبز و آبی به‌ترتیب نشان‌دهنده میزان خطا برای داده‌های آزمون و تعلیمی است، هرچه خط سبز و آبی به خط سیاه نزدیک و زیر آن باشند میزان خطا کم‌تر 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 4) نشان داد: نقشه توزیع پیش‌بینی شده برای پشه *فلبوتوموس 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 به‌خصوص مناطق ترکمن صحرا را ترجیح می‌دهد (شکل‌های 4 و 5). به‌طوری‌که محدوده توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* تا حدود بسیار زیادی بر توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه جربیل بزرگ هم‌پوشانی دارد (شکل‌های 4 و 5).



شکل 4: نقشه توزیع پیش‌بینی شده پشه *فلبوتوموس 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 به‌ترتیب بین 20 درصد تا 70 درصد می‌باشد.



شکل 5: 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 سلول-هاي با رنگ‌های آبی کم‌رنگ، سبز و زرد، نشان‌دهنده این است که احتمال حضور این گونه در آن متغیر است و به‌ترتیب بین 23 درصد تا 77 درصد می‌باشد (احمدپور و همکاران، 1395).

بحث

در بررسی‌های انجام شده در رابطه با مدل‌سازی 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 زیستگاه این گونه به‌ترتیب مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر توزیع جغرافیایی پشه می‌باشد. به‌طوري‌که توزیع جغرافیایی پشه *فلبوتوموس پاپاسی* به‌میزان 89/3 درصد تحت تأثیر فقط دو عامل توزیع جغرافیایی و مطلوبیت زیستگاه گونه جربیل بزرگ است. از سوی دیگر احمدپور و همکاران (1395) 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 10/7 درصد بر توزیع جغرافیایی پشه خاکی تأثیرگذار بودند (جدول 1). 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 این‌که 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 4) با نقشه مطلوبیت و توزیع جغرافیایی جربیل بزرگ (شکل 5) 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 4 و 5) 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 لیشمانیا جلدی روستایی در ایران، گونه جربیل بزرگ و ناقل اصلی آن پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* است که از خون این گونه تغذیه می‌کند (Yaghoobi-Ershadi و Javadian، 1996؛ Mohebali و همکاران، 2004؛ Oshaghi و همکاران، 2010؛ Rassi و همکاران، 2011؛ Mirzaei و همکاران، 2011). همچنین بسیاری از گونه‌های پشه‌های خاکی نقب‌های جربیل بزرگ را به‌عنوان مکان اصلی استراحت و تولیدمثل خود انتخاب می‌کنند. به‌طوري‌که جربیل بزرگ یکی از اصلی‌ترین و مورد علاقه‌ترین میزبان پشه‌های خاکی زیر جنس *فلبوتوموس* می‌باشد که از خون این گونه برای تغذیه استفاده می‌کنند (Abai و همکاران، 2010). بنابراین، این موارد
می‌تواند از اصلی‌ترین دلایل همپوشانی توزیع و پراکنش گونه-های 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 7/8 درصد) و بهینه (در حدود 4/7 درصد) این گونه از پشه خاکی است (شکل 4). به‌طورکلی، 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، 1998؛ حنفی‌بجد و همکاران، 1385؛ روشن‌قلب و پرویزی، 1390). از سوی دیگر نتایج حاصل از پیش‌بینی توزیع و مطلوبیت زیستگاه با رویکرد بیشینه آنتروپی نشان داد که زیستگاه این پشه به‌صورت یک‌پارچه و پیوسته است(شکل‌های 4 و 5). با توجه به‌این موضوع، به‌نظر می‌رسدکه این‌منطقه از لحاظ‌متغیرهای 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 مدل-سازی‌های
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

1. **احمدپور، م.؛ وارسته‌مرادی، ح.؛ رضایی، ح.ر.؛ عشاقی، م.ع. و حسین‌زاده‌کلاگر، ا.، 1395.** 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.
2. **استانداری گلستان، 1395.** جغرافیای طبیعی استان. قابل دسترس در: http://golestanp.ir/moarefi.html
3. **پرویزی، پ.؛ جوادیان، ع.ا. و امیرخانی، ا.، 1378.** مطالعه ناقل و مخزن میزبان لیشمانیوز جلدی در ترکمن صحرا، استان گلستان، شمال‌شرق ایران. مجله علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس. سال 2، صفحات 9 تا 25.
4. **حنفي بجد، ا.ع.؛ يعقوبي‌ارشادي، م.ر.؛ زماني، ق.؛ برزه‌كار، آ.؛ جعفري، ر. و پوراباذري، غ.ر.، 1385.** جنبه‌هاي اپيدميولوژيك ليشمانيوز جلدي در شهرستان حاجي‌آباد استان هرمزگان، سال 1382. مجله علوم پزشکی هرمزگان. سال 10، شماره 1، صفحات 63 تا 70.
5. **راثی، ی. و حنفی‌بجد، ا.ع.، 1385.** پشه خاک‌ها، ناقلین لیشمانیوزها. نوآوران علم. چاپ اول. تهران.
6. **رضا، ج.؛ محبعلي، م.؛ دهقان‌دهنوي، ع.ر.؛ سليماني، ح.؛ اخوان، ا.ا.؛ حجاران، ه.؛ دهقان شادكا، ع. و فتاحي، ج.، 1386.** اپيدميولوژي ليشمانيوز جلدي در شهر بافق، يزد سال 1384. مجله دانشگاه علوم پزشكي و خدمات بهداشتي- درماني شهيد صدوقي يزد. سال 15، شماره 2، صفحات 76 تا 83.
7. **روشن‌قلب، م. و پرویزی، پ.، 1390.** جداسازی و تعیین هویت انگل *لیشمانیا ماژور* و *لیشمانیا تورانیکا* در پشه خاکی *فلبوتوموس پاپاسی* استان گلستان. مجله علوم پزشکی مازندران. سال 12، شماره 1، صفحات 74 تا 83.
8. **ضیایی، ه.، 1387.** راهنمای صحرایی پستانداران ایران. کانون آشنایی با حیات وحش. چاپ دوم. تهران. 432 صفحه.
9. **عزیزی، ک.؛ راثی، ی.؛ جوادیان، ع.ا.؛ یعقوبی‌ارشادی، م.ر.؛ جلالی، م. و کلانتری، م.، 1387.** مطالعه فن و بیواکولوژی ناقلین لیشمانیوز (پشه‌های‌خاکی‌های فلبوتومینه)شهرستان‌نورآباد ممسنی، استان فارس. مجله ارمغان دانش. سال 13، شماره‌های 3 و 4، صفحات 101 تا 110.
10. **کاورزاده، ف.، 1382.** مطالعه اکولوژیکی پشه خاکی‌ها در یک کانون لیشمانیوز احشایی، شهرستان اهر، استان آزربایجان شرقی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم پزشکی تهران.
11. **ندیم، ا.ح.؛ محبعلی، م.؛ جوادیان، ع.ا. و مومنی، ع.ض.، 1388.** انگل لیشمانیا و لیشمانیوزها. مرکز نشر دانشگاهی. چاپ اول. تهران.
12. **همزوی، ی.؛ صبحی، س.ا. و رضایی، م.، 1387.** ویژگی‌های اپیدمیولوژیک لیشمانیوز جلدی بیماران مراجعه کننده به مراکز بهداشتی- درمانی استان کرمانشاه (1380-85). فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه. سال 13، شماره 2، صفحات 151تا 161.
13. **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.
14. **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.; 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.
15. **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.
16. **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.
17. **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.
18. **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, 1996. Feyz, Kashan University Medical Science Health Service. Vol. 15, pp: 56-64.
19. **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.
20. **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.
21. **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.
22. **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.
23. **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.
24. **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.
25. **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.
26. **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.
27. **Macdonald, D., 1984.** The encyclopedia of mammals. Fact on File Publications. New York.
28. **Mapelli, F.J. and Kittlein, M.J., 2009.** Influence of patch and landscape characteristics on the distribution of the

29. **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 species among naturally infected *Rhombomis opimus*, a reservoir host of zoonotic cutaneous leishmaniasis in Turkemen Sahara, North East of Iran. Experimental Parasitology. Vol. 129, No. 4, pp: 375-80.

30. **Misonne, X., 1959.** Analysis zoogeographique des mammiferes de l'Iran. Memoires de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Deuxième Série. Vol. 59, pp: 1-157.

31. **Mohebali, 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.

32. **Nowak, R., 1999.** Walker's mammals of the world. Johns Hopkins University Press. Baltimore MD.

33. **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.

34. **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.

35. **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.

36. **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.

37. **Pollitzer, R., 1966.** Plague and plague control in the Soviet Union. Fordham University, Bronx, NY.

38. **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.

39. **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 fo Arthropod-Borne Disease. Vol. 2, pp: 21-7.

40. **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.

41. **Siahsarvie, R. and Darvish, J., 2008.** Rodents diversity of central desert of Iranian plateau. Hystrix. Vol. 18, No. 1, pp: 168.

42. **Strelkova, M.V.; Eliseev, L.N.; Ponirovsky, 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 Medicin and Parasitology. Vol. 95, pp: 811-9.

43. **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.

44. **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.

45. **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.

46. **Zhang, L.; Ma1, 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.

subterranean rodent *Ctenomys porteousi*. Landscape Ecology. Vol. 24, pp: 723-733.