

مدل سازی نقش اقلیم در پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای: مطالعه موردی استان تهران

مریم رضائی^{۱*}، رضا جوان‌نژاد^۲

۱- بخش تحقیقات جانورشناسی کشاورزی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

۲- دانش آموخته دکترا تخصصی هواشناسی، تهران

*ایمیل نویسنده مسئول : marezaie@ut.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۲/۱۵

چکیده

کنه تارتن دو لکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) یکی از آفات همه جاگیر بوده که به بسیاری از گیاهان در مزارع، باغ‌ها و گل‌خانه‌ها خسارت وارد می‌کنند. با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی (Maxent) پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای در ۷۰ ایستگاه (باغ-های میوه) استان تهران انجام شد. در کار حاضر مدل سازی پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای با استفاده از ۶ متغیر اقلیمی به همراه رکوردهای حضور گونه تهیه شده است. برای ارزیابی نتیجه مدل سازی از تحلیل منحنی ROC برای نقاط حضور استفاده شد. با بهره‌گیری از آزمون جک نایف مشخص شد متغیرهای بارش گرم‌ترین فصل سال و حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال برای پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای استان تهران نقش بسزایی داشته که بارش گرم‌ترین فصل سال از اهمیت بیشتری برخوردار است. مقدار میانگین شاخص سطح زیر منحنی برابر ۰/۷۵ بدست آمد که نشان می‌دهد مدل مکسنت بدست آمده برای کنه تارتن دو لکه‌ای از دقت کافی برخوردار است.

کلمات کلیدی

"متغیرهای اقلیمی"، "پراکنش"، "مدل سازی"، "مکسنت"، "کنه تارتن دو لکه‌ای"

Modeling the Role of Climate in Distribution of two-spotted spider mite:

Case study of Tehran province

Maryam Rezaie^{1,*}, Reza JavanNezhad²

1. Assistant Prof. Zoology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Tehran, Iran

2. PhD of Meteorology, Tehran, Iran

*Email Address: marezaie@ut.ac.ir

Abstract

The two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch is one of the cosmopolite pests, which attack many agricultural and greenhouse plants. The Maximum Entropy model (Maxent) was used to potential distribution in 70 stations (orchards) of Tehran provinces. Distribution model was obtained using six environmental predictors and presence records. The accuracy models were also evaluated by the area receiver operating characteristic curve (AUC) value. According to the Jackknife test, rainfall variables of the warmest season of the year and the maximum temperature of the warmest month of the year were the most contributing in two-spotted spider mite distribution modeling in Tehran province that the rainfall of warmest season was more important. The AUC values, based on training data, was 0.75 confirming the high accuracy of Maxent in predicting the distribution model of two-spotted spider mite.

Keywords

"Climate Variables", "Distribution", "Modeling", "Maxent", "Two-Spotted Spider Mite"

۱- مقدمه

کنه تارتن دو لکه‌ای به دامنه گسترده‌ای از گیاهان کاشته شده در گلخانه‌ها، مزارع و باغ‌های میوه در تمام سال خسارت وارد می‌کند و در سال ۱۰ الی ۱۵ نسل دارد. حضور این کنه بر روی بیش از ۱۱۰۰ گونه گیاهی گزارش شده است که از این میان ۱۵۰ گونه دارای اهمیت اقتصادی هستند (Nachman & Rostislav, 2002).

در نقاط مختلف دنیا برای کنترل این آفت اقدامات مدیریتی بسیاری صورت گرفته است که این خود نشان از میزان خسارت زیاد کنه تارتن دولکه‌ای دارد (Pietrosiuk et al., 2003). به سبب تولید مثل بالا مدیریت جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای مشکل است (Moghadam et al., 2011 & Zanim et al., 2014). فاکتورهای زیادی مانند شرایط اقلیمی روی کنه تارتن دو-لکه‌ای تاثیر می‌گذارند (Riahi et al., 2013; Modares et al., 2011). دمای بالا و خشکی هوا باعث افزایش جمعیت و طغیان کنه تارتن دولکه‌ای می‌شود (Leite et al., 2003). تولید مثل زیاد همراه با نشو و نمای سریع به این کنه‌ها امکان طغیان می‌دهد که این به نوبه خود موجب ایجاد خسارت اقتصادی می‌شود (Southwood & Henderson, 2000). شناسایی پراکنش گونه‌ها با مطالعه شرایط اقلیمی، پراکنش جغرافیایی و تعیین زیستگاه مناسب در قالب جغرافیای جانوری به مدیریت بهتر آفات کمک می‌کند (Pearson et al., 2007; Tongneli et al., 2009). مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای، متداول‌ترین روش برای تعیین دامنه قلمرو و پراکنش جغرافیایی بالقوه گونه‌های گیاهی و جانوری است که به منظور مشخص کردن شرایط محیطی مناسب و نشان دادن عکس‌العمل گونه‌ها به شرایط محیطی استفاده می‌شود (Pearson et al., 2007). این مدل‌ها دسته مهمی از مدل‌های اکولوژیک به شمار می‌روند و بر تئوری نیچ‌اکولوژیک استوار هستند (Vandermeer, 1972). در همین راستا و به منظور شناخت بیشتر از پراکنش گیاهان و جانوران تکنیک‌های مختلف مدل‌سازی ابداع شده است. از طرفی به دلیل عدم وجود شناخت و اطلاعات کافی در مورد پراکنش گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری، استفاده از مدل‌سازی برای پیش‌بینی پراکنش گونه‌ها در سال‌های اخیر افزایش یافته است. مدل‌سازی توزیع گونه‌های جانوری در حال حاضر تنها وسیله برای ارزیابی مقدار تغییرات توزیع گونه‌های متعدد در قبال تغییرات آب و هوایی است (Peterson et al., 2002; Williams et al., 2003). مدل‌های پراکنش گونه در زمینه اکولوژی، تکامل، حفظ منابع زیستی، دیرین‌شناسی، پیش‌بینی تهاجم گونه‌های آفت و بیماری، ارزیابی تاثیر تغییرات اقلیم بر روی گونه‌ها و دیگر تغییرات محیطی در پراکنش گونه‌ها به کار گرفته است (Togneliet et al., 2009; Barbet & Mussin et al., 2012). تاکنون روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی پراکنش گونه‌ای معرفی شده‌اند که یکی از بهترین و پرکاربرد-ترین این شیوه‌ها روش حداکثر آنتروپی یا MaxEnt (Maximum Entropy) است (Phillips et al., 2006). در همین راستا استفاده از مدل مکسنت ارتباط میان متغیرهای محیط زیستی، اقلیمی و نقاط حضور گونه‌ها برای شناسایی شرایط محیطی

زیستی که امکان زیست گونه‌ها در آن وجود دارد، را نشان می‌دهد. مدل مکسنت به داده‌های عدم حضور گونه مورد بررسی نیاز ندارد ولی در عوض از لایه‌های محیط زیستی پس زمینه برای تمام مناطق مورد مطالعه استفاده می‌کند. در این روش از هر دو متغیر پیوسته و طبقه‌ای استفاده شده و در نهایت خروجی یک نقشه پیش‌بینی پراکنش پیوسته است. کارایی مکسنت به عنوان یکی از روش‌های مدل‌سازی پراکنش در مقایسه با سایر روش‌ها خوب ارزیابی شده است (Elith et al., 2006; Philiplips et al., 2006; Pearson et al., 2007). از این مدل بیشتر برای پژوهش‌هایی در ارتباط با تعیین زیستگاه‌های مهره‌داران بزرگ نظیر پرندگان استفاده شده است (به طور مثال کفاح و همکاران، ۱۳۹۳ و مرادی و همکاران، ۱۳۹۵، ترینیان و همکاران، ۱۳۹۶). میرزایی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل مکسنت پراکنش پرنده‌ای به نام دلپچه کوچک در استان گلستان را مورد بررسی قرار داده‌اند. از بین متغیرهای مورد بررسی فاصله تا مناطق مسکونی، میزان بارش در گرم‌ترین فصل سال، ارتفاع و میزان بارش در مرطوب‌ترین فصل و شیب از موثرترین عوامل حضور دلپچه کوچک در استان گلستان بوده است. پراکنش دو گونه سن سبز *Brachynema* و *Nezara viridula* Linnaeus *gemanii* Kolenati نیز با استفاده از مدل حداکثر آنتروپی صورت گرفته است. اقلیم خشک، زمستان خنک و تابستان گرم در قسمت‌های شمالی و مرکزی استان کرمان برای حضور گونه *B. germanii* مناسب بوده و مدل پراکنش گونه *N. viridula* نیز نشان می‌دهد که این گونه در قسمت‌های جنوبی استان کرمان در اقلیم خشک همراه با زمستان معتدل تا خنک و تابستان بسیار گرم پراکنش دارد (توان‌پور و همکاران، ۱۳۹۵). پژوهش حاضر با هدف تعیین پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای با آگاهی از شرایط محیطی و اقلیمی استان تهران انجام شده است. بر همین اساس در این پژوهش از روش حداکثر آنتروپی با استفاده از مدل MaxEnt به بررسی عوامل محیطی و تاثیر آن بر پراکنش این گونه در این استان پرداخته شده است. همچنین از نرم افزار ArcGIS 10.3 برای تهیه همبستگی و ساخت لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده است.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲/۹۸۱ کیلومتر مربع، بین عرض ۳۴ تا ۳۶/۵ درجه شمالی و طول ۵۰ تا ۵۳ درجه شرقی واقع شده است. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از جنوب غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود است (ویکی‌پدیا، ۱۳۹۸). موقعیت جغرافیایی این استان به صورتی است که هر چه از جنوب به شمال آن پیش برویم، به میزان ارتفاع آن از سطح دریا افزوده می‌شود. با توجه به رشته کوه البرز در شمال و همجواری با مناطق خشک و کویری در جنوب این استان دارای شیبی از شمال به جنوب است.

• جمع آوری داده‌ها

به منظور جمع آوری اطلاعات پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای در پژوهش حاضر و با توجه به شرایط اقلیمی مناطق مختلف استان

مدل به کار گرفته شد. این کار به این منظور انجام می‌گردد که از ۷۰ درصد نقاط حضور با نام داده‌های آموزشی^۱ برای کالیبره کردن مدل و ۳۰ درصد از آنها با نام داده‌های آزمایشی^۲ برای بررسی صحت مدل استفاده شود. برای ارزیابی نتیجه مدل‌سازی از تحلیل منحنی ROC^۳ و مساحت زیر منحنی AUC^۴ که یک شاخص کمی از قدرت تشخیص نقاط حضور توسط مدل بوده استفاده شد. بایستی به این نکته توجه داشت که مقدار AUC برابر با یک به معنی پیش‌بینی کامل و بدون حذف هیچ یک از نقاط حضور، بالاتر از ۰/۹ نشان دهنده عملکرد بسیار خوب، بالاتر از ۰/۸ نشان دهنده عملکرد خوب، بالاتر از ۰/۷ نشان دهنده عملکرد قابل قبول و AUC با امتیاز ۰/۵ یک پیش‌بینی تصادفی برای مدل مورد انتظار است (نقیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

۳- ارزیابی کیفیت مدل

منحنی ROC یکی از رایج‌ترین روش‌های آماری است که در مدل‌سازی توزیع گونه‌ها برای ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی استفاده می‌شود. با توجه به شکل ۱ خط قرمز نشان دهنده داده‌های مورد استفاده در مدل، خط آبی نشان دهنده داده‌های مورد استفاده برای آزمون مدل و خط سیاه حاکی از پیش‌بینی به صورت تصادفی است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود سطح زیر منحنی AUC برای داده‌های به کار رفته در تعیین مدل (خط قرمز) برابر ۰/۷۵ و برای داده‌های به کار رفته در تعیین اعتبار مدل (خط آبی) برابر ۰/۷۵ است که نشان دهنده عملکرد قابل قبول مدل است.

۴- اهمیت متغیرها

در کار حاضر از آزمون جک‌نایف (Jackknife) برای پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای استفاده شده است. با استفاده از این آزمون نقش هر یک از متغیرهای اقلیمی در مدل‌سازی پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای و تأثیر آن بدون در نظر گرفتن اثر متقابل سایر عوامل مشخص شده است. میزان تأثیر هر متغیر در احتمال پیش‌بینی حضور گونه نیز در این آزمون نشان بررسی شده است. جمع‌آوری اطلاعات نمونه برداری استان تهران بر اساس مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها طی چندین نوبت و از مناطق مختلف اقلیمی و با در نظر گرفتن کوهساری منطقه و اراضی کشاورزی انجام شده است. همان‌طور که از شکل ۲ ملاحظه می‌شود نتایج به دست آمده از آزمون جک‌نایف برای استان تهران نشان می‌دهد، بارش گرم‌ترین فصل سال و حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال برای پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای استان تهران نقش بسزایی دارد. با توجه به اقلیم استان تهران که نواحی شمالی آن مرتفع و مرطوب بوده و نواحی جنوبی آن دشت می‌باشد، خروجی مدل‌سازی پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای دور از انتظار نمی‌باشد.

۵- نتیجه‌گیری

با توجه به خسارت بالای کنه تارتن دولکه‌ای در محصولات متفاوت و در مناطق مختلف کشاورزی کشور استفاده از نتایج مدل‌سازی پراکنش این آفت امری ضروری به نظر می‌رسد. در پژوهش حاضر نقش اقلیم در مدل‌سازی بروز و پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای و به صورت مطالعه

تهران، تعدادی ایستگاه نمونه برداری مشخص گردید. بیشتر ایستگاه‌های نمونه برداری این پژوهش نیز با همکاری موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور و سازمان حفظ نباتات از میان باغ‌های مناطق کشاورزی استان انتخاب شد که از ویژگی این ایستگاه‌های نمونه برداری عدم استفاده از آفت‌کش و نزدیکی به ایستگاه‌های هواشناسی است. طی سال‌های ۹۷-۹۸ تعداد ۷۰ ایستگاه نمونه برداری از میان باغات میوه انتخاب شد و در هر ایستگاه هر دو هفته یکبار از فرودین ماه تا مهرماه نمونه برداری به صورت متوالی صورت گرفت.

• روش نمونه برداری

کنه‌های تارتن در فصل رویشی سال بیشتر روی اندام‌های گیاهی و مخصوصاً در پشت برگ‌ها فعالیت می‌کنند. برای این منظور تعداد ۵ درخت در هر باغ انتخاب شد و برای باغ‌هایی که درختان آن به صورت مخلوط کاشته شده بود، سعی شد این پنج درخت شامل انواع درختان میوه کاشته شده در آن باغ باشد. در نهایت تعداد ۱۰ برگ از قسمت‌های مختلف به طوری که نماینده قسمت‌های مختلف درخت باشد جدا و درون کیسه پلاستیکی به یخچال منتقل شد. برای جدا کردن کنه‌ها از روش مستقیم و آبشویی استفاده گردید. برای اطمینان از جدا شدن کنه‌ها این کار چندین بار انجام شد. در روش مستقیم تمام برگ‌ها مستقیماً در زیر استریومیکروسکوپ مشاهده و کنه‌ها توسط قلم مو سه صفر جدا شد. مختصات جغرافیایی نیز با استفاده از دستگاه GPS مدل Etrex اندازه‌گیری شد. برای داده‌برداری، برگ‌های جمع‌آوری شده حاوی کنه تارتن را زیر بینوکلر قرار داده و یک سانتی‌متر مربع آن به عنوان شاخص قرار داده و تعداد کنه‌های تارتن را در هر سانتی‌متر جهت بررسی جمعیت کنه‌های تارتن در مناطق مختلف مورد بررسی قرار گرفت و در هر نمونه برداری تعداد کنه تارتن، میزبان آن به دقت یادداشت شد. در پایان پس از شناسایی گونه، داده‌های ثبت شده به صورت نقشه پراکنش گونه در نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد.

• انتخاب متغیرهای محیطی و اجرای مدل

در پژوهش حاضر به منظور پیش‌بینی پراکنش این گونه ابتدا ۱۹ متغیر محیطی که بر پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای تأثیرگذار هستند، تهیه گردید. سپس متغیرهای محیطی در نرم‌افزار ArcGIS و به شکل سائزهای تقریباً یک کیلومتری درون‌یابی شدند. در نهایت این متغیرها برای استفاده در نرم‌افزار مکسنت و برای پیش‌بینی پراکنش گونه مورد استفاده قرار گرفت. همان‌طور که مشاهده می‌شود در جدول ۱ متغیرهای محیطی نشان داده شده است. در ادامه مدل مکسنت با همه متغیرها اجرا گردید تا اثرات تقریبی هر متغیر بر روی پراکنش گونه مشخص شود و متغیرهایی محیطی که اثرات کمتری نسبت به سایر متغیرها بر پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای دارند حذف و متغیرهایی که اثرگذاری بیشتری بر این گونه داشته (و البته در کار تجربی نیز از اهمیت بیشتری در پراکنش کنه تارتن دو لکه‌ای دارند) انتخاب شد. این لیست شامل شش متغیر محیطی بوده که در جدول ۲ نشان داده شده است. برای ارزیابی مدل نیز از دو دسته نمونه تصادفی از داده‌های حضور استفاده شده است. در این روش حدود ۷۰ درصد نقاط حضور به صورت تصادفی برای آموزش مدل و ۳۰ درصد باقیمانده برای ارزیابی نتایج

1 Train data

2 Test data

3 Receiver Operating Characteristic

4 Area Under the Curve

منحنی AUC برای داده‌های به کار رفته در تعیین مدل و داده‌های به کار رفته در تعیین اعتبار مدل حاکی از عملکرد قابل قبول مدل است. نتایج به دست آمده از آزمون جک‌نایف در این پژوهش نشان داد برای استان تهران بارش گرم‌ترین فصل سال و حداکثر دمای گرم‌ترین ماه سال برای پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای نقش بسزایی دارد.

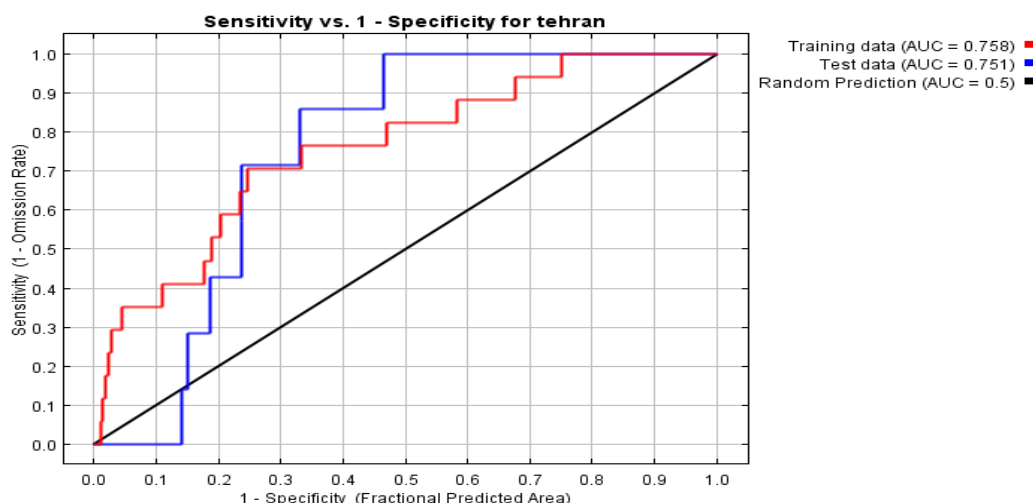
موردی برای استان تهران با استفاده از مدل مکسنت انجام شد. نحوه بررسی و روش بکارگیری اطلاعات جمع آوری شده در این پژوهش از پویایی خاصی برخوردار است. به منظور پیش‌بینی پراکنش این آفت از میان ۱۹ متغیر محیطی تنها ۶ متغیر که اثرگذاری بیشتری بر این گونه داشت در مدل سازی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. سطح زیر

جدول ۱- متغیرهای آب و هوایی استفاده شده در ساخت مدل پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای

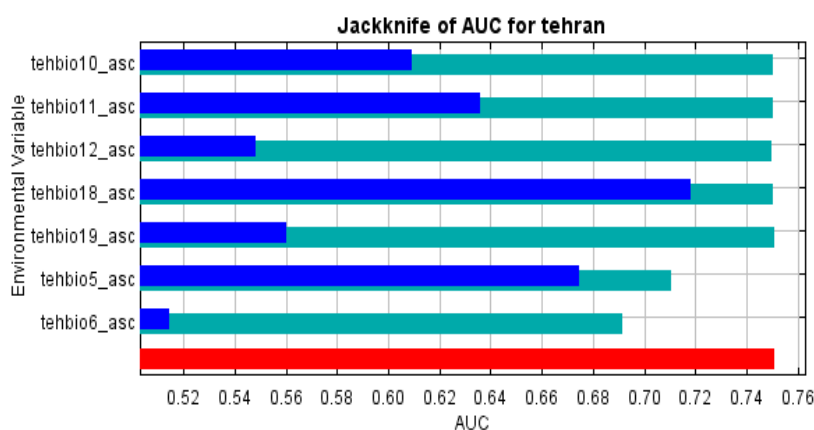
شماره	کد	متغیر اقلیمی	واحد
۱	Bioclim1	درجه حرارت متوسط سالانه	درجه سلسیوس (°C)
۲	Bioclim2	متوسط ماهانه	درجه سلسیوس (°C)
۳	Bioclim3	هم دمایی	درصد (%)
۴	Bioclim4	درجه حرارت فصلی	درصد (%)
۵	Bioclim5	حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال	درجه سلسیوس (°C)
۶	Bioclim6	حداقل درجه حرارت سردترین ماه سال	درجه سلسیوس (°C)
۷	Bioclim7	دامنه درجه حرارت سالانه	درجه سلسیوس (°C)
۸	Bioclim8	متوسط درجه حرارت مرطوب‌ترین فصل سال	درجه سلسیوس (°C)
۹	Bioclim9	متوسط درجه حرارت خشک‌ترین فصل سال	درجه سلسیوس (°C)
۱۰	Bioclim10	متوسط درجه حرارت گرم‌ترین فصل سال	درجه سلسیوس (°C)
۱۱	Bioclim11	متوسط درجه حرارت سردترین فصل سال	درجه سلسیوس (°C)
۱۲	Bioclim12	بارش سالانه	میلی‌متر (mm)
۱۳	Bioclim13	بارش مرطوب‌ترین ماه	میلی‌متر (mm)
۱۴	Bioclim14	بارش خشک‌ترین ماه	میلی‌متر (mm)
۱۵	Bioclim15	بارش فصلی	درصد (%)
۱۶	Bioclim16	بارش مرطوب‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۱۷	Bioclim17	بارش خشک‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۱۸	Bioclim18	بارش گرم‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۱۹	Bioclim19	بارش سرد‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)

جدول ۲- متغیرهای اقلیمی انتخاب شده جهت اجرای مدل مکسنت برای پراکنش کنه تارتن دولکه‌ای

شماره	کد	متغیر اقلیمی	واحد
۱	Bioclim5	حداکثر درجه حرارت گرم‌ترین ماه سال	درجه سلسیوس (°C)
۲	Bioclim6	حداقل درجه حرارت سردترین ماه سال	درجه سلسیوس (°C)
۳	Bioclim10	متوسط درجه حرارت گرم‌ترین فصل سال	درجه سلسیوس (°C)
۴	Bioclim11	متوسط درجه حرارت سردترین فصل سال	درجه سلسیوس (°C)
۵	Bioclim18	بارش گرم‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)
۶	Bioclim19	بارش سرد‌ترین فصل سال	میلی‌متر (mm)



شکل ۱- منحنی ROC استان تهران.



شکل ۲- تاثیر هر یک از متغیرهای محیطی حاصل از آزمون جک‌نایف برای استان تهران در سه حالت اثر متقابل متغیرهای محیطی (نوار قرمز)، تاثیر انفرادی هر متغیر (نوار آبی) و اثر کل بدون متغیر مربوطه (نوار سبز).

قدردانی

نویسندگان مقاله از کارگروه طرح پژوهشی کشاورزی، منابع طبیعی و شیلات صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به واسطه حمایت از این کار تحقیقاتی تشکر می‌کنند.

منابع

- ترینیان، فرج‌الله، آذرنیوند، حسین، یزدانپرست، راضیه، زارع چاهوکی، محمدعلی، جعفری، محمد (۱۳۹۶). تعیین مهمترین عوامل موثر بر پراکنش گونه *Daphne mucronata* Royle و مدل‌سازی رویشگاه‌های پتاسیل آن. نشریه علمی پژوهشی مرتع، ۱۱(۲)، ۱۷۹-۱۹۳.
- توان‌پور، تهمینه، سرافرازی، علیمراد، مهرنژاد، محمدرضا، ایمانی، سهراب (۱۳۹۵). الگوی پراکنش دو گونه سن سبز *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae), در اقلیم‌های استان کرمان. آفات و بیماری‌های گیاهی، جلد ۸۴، شماره ۱، صفحه ۶۷-۷۸.
- کفایش، انوشه، کابلی، محمد، کاهلر، گونتا (۱۳۹۳). پیش‌بینی اثر تغییرات اقلیمی بر سوسمار دم تیغی بین‌النهرین *Saara loricata* با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی *Maxent* و بایوکلاسیم. فصلنامه علمی-پژوهشی زیست‌شناسی جانوری، ۷(۱)، ۷۵-۸۲.
- مرادی، سهراب، محمودی، صالح، نیلانلو، صیاد (۱۳۹۵). زیستگاه‌های جنگلی مناسب برای حفاظت از سنجاب ایرانی *Sciurus anomatus* Pallescens در غرب استان کرمانشاه. فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری، ۸(۳)، ۳۳-۴۰.
- میرزایی، روح‌الله، همای، محمدرضا، ساری، عباس، رضائی، حمیدرضا (۱۳۹۲). مدلسازی پراکنش دلجچه کوچک (*Falco maumanni*) در استان گلستان. پژوهش‌های محیط زیست. سال ۴. شماره ۸، صفحه ۱۴۹-۱۵۶.

- نقیب‌زاده، عباس، رضائی، ندا، سرهنگ زاده، جلیل، سیدی، نادر (۱۳۹۷). مدل‌سازی مطلوبیت زیستگاه گونه وحشی در پناهگاه حیات وحش بروجرد استان یزد با استفاده از روش حداکثر آنتروپی. فصلنامه علمی - پژوهشی محیط زیست جانوری، دوره ۱۰، شماره ۴، صفحه ۷۵-۸۲.
- ویکی‌پدیا، دانشنامه آزاد. ۱۳۹۸. Fa.wikipedia.org
- Barbet- Massin, M., Arbet- Massin, M., Jiiguet, F., Albert, C. H. & Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many?, *Methods in Ecology and Evolution*, 3(2): 327-338.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E. & Yates, C.J. (2011). A Statistical Explanation of Maxent for Ecologists. *Diversity and Distribution*, 17, 43-57.
- Leite, G. L. D., Picanco, M., Zanoncio, J. C., & Marquini, F. (2003). Factors Affecting Mite Herbivory on Eggplants in Brazil. *Experimental and Applied Acarology*, 31(3), 243-252.
- Modarres, S. S., Vafaei, R., Zamani, A. A., Arbabi, M., & Farazmand, H. (2011). Effect of Nitrogen Fertilization on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) Populations on Common Bean. *Middle East Journal of Scientific Research*, 8(5), 990-998.
- Moghadam, M. M., Ghadamyari, M., Talebi, K. (2012). Resistance Mechanisms to Fenazaquin in Iranian Population of Two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 38(2): 138-145.
- Nachman, G., & Rostislav, Z. (2002). Interaction in a Tritrophic Acarine Predator- Prey Metapopulation System, Effects of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on Host Plant Condition. *Experimental and Applied Acarology*, 26, 27-42.
- Pearson, G., (2007). Species Distribution Modeling for Conservation Educators and Practitioners. Richard Center for Biodiversity and Conservation & Department of Herpetology American Museum of Natural History.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E. (2006). Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), 231-259.
- Pietrosiuk, A., Furmanowa, M., Kropczynska, D., Kawka, B., & Wiedenfeld, H. (2003). Life History Parameters of the Two-spotted Spider Mite (*Tetranychus urticae* Koch) Feeding on Bean Leaves Treated with Pyrrolizidine Alkaloids. *Journal of Applied Toxicology*, 23, 187-190.
- Riahi, E., Shishehbor, P., Nemati, A., Shishehbor, P., & Saeidi, Z. (2013). Temperature Effect on Development and Life Table Parameter of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15(4), 661-672.
- Tognelli, M. L., Roig-Junent, S. A. Marvaldi, A. E. FLORES, G. E. & LOBO, J. M. (2009). An evaluation of methods for modeling distribution of Patagonian insects, *Revista Chilena de Historia Natural*, 82: 347-360.
- Southwood, T. R. E. & P. A. Henderson. 2000. *Ecological methods*. Third edition. Blackwell Sciences, Oxford.
- Vandermeer, J. H., (1972). Niche Theory. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 3, 107-132.
- Williams, S. E., & Bolitho, E.E. & Fox, S. (2003). Climate Change in Australian Tropical Rainforests: An Impending Environmental Catastrophe. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270, 1887-1892.
- Zanim, P., Sajedi, R.H., Ghadamyari, M., Memarizadeh, N. (2014). Resistance Mechanisms to Chlorpyrifos in Iranian Populations of the Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16, 277-289.