نامه انجمن حشره‌شناسی ایران ۳۲۲- ۳۰۹ ,(۳) ۴۰ ,۱۳۹۹
JOURNAL OF ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF IRAN
2020, 40 (3), 309-322
DOI: 10.22117/JESI.2020.343350.1385

بررسی مناطق فعالیت کفشدوزک *Exochomus nigripennis* (Coleoptera: Coccinellidae) در استان یزد با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی

حامد رونق اردکانی[۱]، سلطان رون[۱،*]، محمد امین سمیع[۲] و سعیده السادات فاطمی[۳]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، ۲- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج)، رفسنجان، ایران و ۳- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: soltan_ravan@yahoo.com

چکیده

در یک بوم سامانهٔ طبیعی بین دشمنان طبیعی و عوامل محیطی ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی جمعیت آفات در سال‌های اخیر افزایش یافته است. هدف این پژوهش، بکارگیری فرایند درخت سلسله مراتبی (AHP) برای تعیین این ارتباط در کفشدوزک شکارگر *Exochomus nigripennis* (Erichson) در راستای مهار زیستی آفات مکنده بود. در پهنه‌بندی مناطق مناسب فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* متغیرهایی نظیر دما، رطوبت نسبی، بارندگی، ارتفاع و تغذیه به عنوان مهم‌ترین معیارهای تعیین کننده در نظر گرفته شدند. اساس تحلیل سلسله مراتبی، مقایسه زوجی گزینه‌ها و امکان بررسی سناریوهای مختلف است. از نرم‌افزارهای ArcMap 10.1 و ArcCatalog 10.1 برای تشکیل پایگاه داده مکانی و تجزیه و تحلیل‌های مربوط استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نزدیک به ۴/۳۴ درصد از مناطق استان از جمله بخش‌هایی از شهرستان‌های تفت، ابرکوه و مهریز بسیار مناسب برای فعالیت کفشدوزک می‌باشند و نزدیک به ۱۷/۰۷ درصد از مناطق استان مانند بخش عمدهٔ شهرستان اردکان، بهاباد و میبد برای فعالیت کفشدوزک بسیار نامناسب شناخته شدند. همچنین مقایسه معیارهای مورد بررسی نشان می‌دهد، دما با وزن نهایی ۰/۵۲۹ مهم‌ترین متغیر تاثیرگذار در فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* بوده و متغیرهای تغذیه، رطوبت نسبی، ارتفاع و بارندگی به ترتیب در رتبه‌های بعدی اهمیت قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: کفشدوزک *Exochomus nigripennis*، فرایند درخت سلسله مراتبی، سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی

Study on activity areas of *Exochomus nigripennis* (Coleoptera: Coccinellidae) in Yazd province using Geographic Information System

Hamed Rounagh-Ardakani[1], Soltan Ravan[1,*], Mohammad Amin Samih[2] & Saeideh Sadat Fatemi[3]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Zabol University, Zabol, Iran, 2. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Valie-Asr University, Rafsanjan, Iran & 3. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran.
* Corresponding author, E-mail: soltan_ravan@yahoo.com

Abstract

In a natural ecosystem, there is a close relationship between natural enemies and environmental factors. Use of Geographic Information System (GIS) in analysis of spatial patterns of pest populations has increased during recent years. The purpose of this study was using Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the relationship in predatory ladybird, *Exochomus nigripennis* (Erichson) for biological control of the sucking pests. In order to determine the suitable areas for activity of *E. nigripennis*, the variables of temperature, humidity, rainfall, elevation and nutrition were selected as the most important criteria. The basis of AHP is the pair comparison of options and the possibility of examining different scenarios. ArcMap 10.1 and ArcCatalog 10.1 softwares were used to form spatial data and related analytics. The results indicated that nearly 4.34% of the province's regions, including some parts of Taft, Abarkuh and Mehriz were very good for activity and nearly 17.07% of the province's areas, such as the

دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۷، پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۵.
دبیر تخصصی: احد صحراگرد

major part of Ardakan, Bahabad and Meybod were determined as very unsuitable for activity. Furthermore, comparison of the studied factors showed temperature with the final weight of 0.0529 is the most important factor influencing the activity of *E. nigripennis* and nutrition, humidity, elevation and rainfall are important in the next categories, respectively.

Key words: *Exochomus nigripennis*, Analytic Hierarchy Process, Geographic Information System

Received: 16 June 2020, *Accepted:* 5 December 2020.

مقدمه

کفشدوزک‌های خانوادهٔ Coccinellidae با بیش از ۶۰۰۰ گونه، از بهترین دشمنان طبیعی آفات می‌باشند. بکارگیری کفشدوزک‌های شکارگر نظیر *Exochomus nigripennis* (Erichson) در موارد متعددی در برنامهٔ مهار زیستی آفات مکنده، نتایج رضایت بخشی داشته‌اند (Biranvand *et al*., 2017; Lin & Pennings, 2018; Govindasamy & Khursheed, 2018; Qin *et al*., 2019). کفشدوزک *E. nigripennis* در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان به ویژه کشور ایران پراکنش دارد (Hasanpour *et al*., 2009; Hayat & Khan, 2013; Lakhal *et al*., 2018). اولین بار در ایران کفشدوزک *E. nigripennis* توسط Duverger (1983) از شهرستان‌های نیریز، ده بالا، اهواز و رایین گزارش شده است. این کفشدوزک از مناطق بیابانی شهرستان مهریز واقع در استان یزد توسط Zare Khormizi *et al.* (2013) گزارش شده است. این کفشدوزک از دامنه وسیعی از حشرات آفت نظیر شپشک‌ها، شته‌ها، کنه‌های تارتن و دیگر آفات با بدن نرم تغذیه می‌کند (Rounagh-Ardakani *et al*., 2020). فعالیت شکارگری لارو و حشرهٔ کامل کفشدوزک *E. nigripennis* روی پسیل معمولی پسته (Burckhardt & Lauterer) *Agonoscena pistaciae* (Mehrnejad, 2010) و شپشک‌خونی‌نارون *Gossyparia spuria* (Modeer) (Rounagh-Ardakani *et al*., 2019) گزارش شده است.

در میان روش‌های تصمیم‌گیری مبتنی بر چند معیار (Multiple Criteria Decision Making)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process) از شهرت بیشتری برخوردار است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی تنها مدل برای روش تصمیم‌گیری مبتنی بر چند معیار شناخته شده است که می‌تواند هماهنگی و سازگاری تصمیم گیرندگان را اندازه‌گیری نماید (Bevilacqua & Braglia, 2000). اساس تحلیل سلسله مراتبی، مقایسه زوجی گزینه‌ها و امکان بررسی سناریوهای مختلف است. انعطاف پذیری، سازگاری، امکان استفاده برای حل مسائل ساده و پیچیده از مهم‌ترین مزایای تحلیل سلسله مراتبی در تصمیم گیری‌های مبتنی بر چند معیار است (Lee *et al*., 2009).

استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System) در تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی جمعیت آفات در سال‌های اخیر افزایش یافته است (Milonas *et al*., 2016)، بر همین اساس الگوی پراکنش موجودات مختلف تحت تاثیر عوامل محیطی طبیعی نظیر عوامل زمین‌شناسی، شرایط آب و هوایی، واکنش‌های زیستی یا عوامل انسانی می‌باشد (Diminic *et al*., 2010). مدیریت آفات شامل فرایندهای مختلفی است که نه تنها در مراحل اولیه، بلکه در مرحله اجرایی برنامه‌ها، پیگیری و ارزیابی فعالیت‌ها به شدت نیازمند اطلاعات به‌روز است (Fatemi & Samih, 2017). سیستم اطلاعات جغرافیایی با اطلاعات یک‌پارچه، می‌تواند بخش عمده‌ای از مسائل مدیریت آفات را حل کند (Fatemi & Samih, 2017). تاکنون از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین پراکنش و مکان‌سنجی جانوران زیان‌آور و مفید در کشاورزی نیز استفاده شده است. پراکنش نماتد مولد گره ریشه *Meloidogyne javanica* (Treub) در گلخانه‌های خیار استان یزد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تأثیر آن بر میزان مصرف کودهای کلسیم، مورد بررسی قرار گرفته است (Aboi Ashkezari *et al*., 2013). همچنین امکان‌سنجی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) با تغذیه از شته سبز انار *Aphis punicae* (Passerini) در استان یزد مورد بررسی قرار گرفته است (Fatemi & Samih, 2017).

در پژوهشی دیگر برآورد آلودگی‌ها و پراکنش موریانه‌های مهاجم دو خانواده Rehinotermitidae و Termitidae مورد بررسی قرار گرفته است (Hochmair *et al*., 2013). مطالعه امکان‌سنجی مناطق مناسب برای فعالیت و رهاسازی کفشدوزک *Oenopia conglobata contaminata* (Menetries) علیه شته سبز انار *A. punicae* در استان یزد از دیگر موارد کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد (Fatemi *et al*., 2018).

هدف انجام این پژوهش، تعیین مسیر گسترش و تهیه نقشه فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* در سطح فضای سبز استان یزد می‌باشد. همچنین تعیین مهمترین عامل محیطی تاثیرگذار در پراکنش کفشدوزک یاد شده، به کارشناسان بخش‌های اجرایی کمک خواهد نمود تا دلایل گسترش دشمنان طبیعی را مورد توجه بیشتری قرار داده و از نتایج به دست آمده در راستای بهبود مدیریت انبوهی آفات میزبان استفاده نمایند.

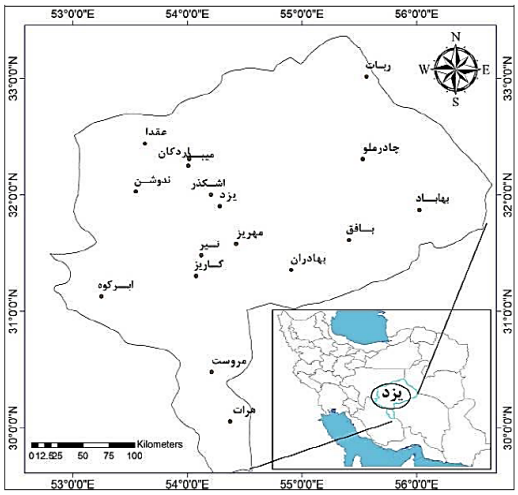
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان یزد با وسعتی معادل ۷۳۷۵۶ کیلومتر مربع، در بخش مرکزی فلات ایران و روی کمربند خشک نیم‌کره شمالی زمین قرار دارد و در میان کویرهای این فلات محصور شده است. این استان از نظر جغرافیایی موقعیت ۲۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی واقع شده است (Heydari Alamdarloo *et al*., 2019). شرایط حاکم بر استان به گونه‌ای است که به رغم خشکی حاکم بر محیط، نوسانات عوامل اقلیمی بسیار زیاد است. استان یزد از نظر ناهمواری تنوع بسیاری دارد. به طور کلی بارندگی نامنظم و کم، نوسانات شدید دما و تبخیر زیاد موجب شده است که بخش اعظم استان یزد آب و هوای گرم و خشک داشته باشد (Dehghan Banadaki, 2010).

متغیرهای محیطی

با توجه به موقعیت جغرافیایی استان یزد کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم‌شناسی استان یزد (۱۷ ایستگاه) به عنوان نقاط قابل تعمیم به کل استان در نظر گرفته شد. اطلاعات ایستگاه‌ها شامل کلیه داده‌های مربوط به مختصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، دما، رطوبت نسبی و میزان بارندگی می‌باشد. این آمار از سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ از سازمان هواشناسی استان یزد دریافت شد و برای پردازش داده‌ها از میانگین داده‌های بیست ساله استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان یزد و ایستگاه‌های هواشناسی

Fig. 1. Geographical location of Yazd province and weather stations

یکی از متغیرهای مورد نظر دما می‌باشد. به منظور تهیه جدول‌های مقایسه زوجی متغیر دما، از دماهای استفاده شده در پژوهش Rounagh-Ardakani *et al*. (2020) استفاده شد. در این پژوهش تاثیر دما روی رشد و نمو و فعالیت شکارگری کفشدوزک *E. nigripennis* با تغذیه از *G. spuria* در دماهای ۲۳، ۲۷، ۳۱ و ۳۴ درجهٔ سلسیوس بررسی شد. *G. spuria* از روی برگ‌های درختان نارون موجود در فضای سبز استان جمع‌آوری شد، نتایج نشان داد با افزایش دما، طول دوره رشدی کاهش یافت و دمای ۳۱ درجه سلسیوس با کمترین درصد مرگ و میر و کوتاه‌ترین طول دوره رشدی به عنوان دمای بهینه در بین دماهای مورد بررسی انتخاب شد. سایر اطلاعات مربوط به مختصات جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا به کمک نرم افزار Google Earth بررسی و تایید شدند (Google Inc, 2016). همچنین به منظور تهیه جدول‌های مقایسه زوجی متغیر تغذیه، از پژوهش انجام شده توسط Rounagh-Ardakani *et al*. (2019) در رابطه با بررسی ترجیح میزبانی و پراسنجه‌های جدول زندگی روی کفشدوزک *E. nigripennis* با تغذیه از میزبان‌های مختلف استفاده شد، در این پژوهش *G. spuria* به عنوان یکی از میزبان‌ها بررسی شد و بالاترین نسبت جنسی را در مقایسه با دو میزبان دیگر داشت.

برای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از بررسی‌های آزمایشگاهی، نظرات گروه کارشناسان خبره، مطالعات کتابخانه‌ای، منابع علمی و اطلاعات موجود و در دسترس استفاده شد. سپس به بررسی محدوده مورد مطالعه از لحاظ متغیرهای تحقیق پرداخته شد. برای وزن‌دهی به معیارها از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی در محیط نرم افزار Expert choice استفاده شد. سپس با استفاده از روش تصمیم‌گیری مبتنی بر چند معیار، در محیط نرم افزار ArcGIS 10.3 به ارزش‌گذاری معیارها در محدوده مورد مطالعه پرداخته شد (ESRI, 2008). در این روش به هر گزینه با توجه به امتیازهای تخصیص یافته در مقایسه با هم و نیز با توجه به امتیاز اهمیتی شاخص‌ها نسبت به هم، امتیازی داده می‌شود که نشان دهنده قابلیت بهتر آن گزینه با توجه به معیاره‌های تعریف شده است که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین این روش، میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. از مزایای ممتاز این روش، تصمیم‌گیری بر پایهٔ چند معیار است. به علاوه از یک مبنای تئوری قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است (Parhizkar & Ghaffari Gilan Deh, 2006). سپس به تهیه نقشه‌های متناسب با معیارها پرداخته و در نهایت نقشه ترکیبی از معیارها که نشان دهنده بهترین مکان برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* می‌باشد، استخراج شد.

ایجاد درخت سلسله مراتب

فرایند درخت سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است زیرا این تکنیک امکان تدوین مسایل را به صورت سلسله مراتب فراهم می‌کند و همچنین امکان درنظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مساله مهیا می‌کند (Hadidi *et al*., 2017). اولین مرحله در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، تجزیه کردن مساله تصمیم‌گیری به سلسله مراتب است. در ایجاد یک سلسله مراتب، سطح بالا، هدف نهایی یک تصمیم‌گیر است. سپس سلسله مراتب از کلی به جزئی‌تر پایین می‌آید تا اینکه به سطحی از صفات برسد. این سطحی است که در مقابل آن، گزینه‌های تصمیم‌گیری پایین‌ترین سطح سلسله مراتب ارزیابی می‌شوند. هر سطح باید به سطح بالاتر قبلی متصل شود. گزینه‌ها در یک پایگاه داده سیستم اطلاعات جغرافیایی ارائه می‌شوند. هر لایه شامل مقادیر صفاتی که به گزینه‌ها تخصیص داده شده و هر گزینه مرتبط با عناصر سطح بالایی است. مفهوم صفت، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی را به روش‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی متصل می‌کند (Hadidi *et al*., 2017).

متغیرهای انتخابی در تحلیل پهنه‌بندی مناطق مناسب فعالیت کفشدوزک

برای تعیین مناطق مناسب فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* متغیرهای متفاوتی دخالت داده شدند. معمولا هر چه متغیرهای بیشتری در مدل به کار برده شوند نتایج دقیق‌تر می‌شود. با توجه به دسترسی نداشتن به کلیه اطلاعات دخیل در بحث مکان‌یابی این مناطق در ناحیه مورد مطالعه، موثرترین و ضروری‌ترین متغیرهای محیطی در نظر گرفته شدند.

بعد از تجزیه مساله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دوتایی با هم مقایسه می‌شوند و سپس بر اساس میزان ارجحیت دو معیار، ارزش‌گذاری صورت می‌گیرد، به عبارتی، در این روش ابتدا عناصر هر سطح نسبت با عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه زوجی تشکیل می‌شود. سپس با استفاده از این ماتریس وزن نسبی عناصر محاسبه می‌شود. نتایج به دست آمده در نتیجه استفاده از این روش برای تعیین وزن لایه‌ها نشان می‌دهد که با توجه به سادگی و انعطاف‌پذیری آن و همچنین محاسبه سازگاری در قضاوت‌ها، می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکان‌یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد (Omkarprasad & Sushil, 2004; Hill & Braaten, 2005). در مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی معیارها و گزینه‌ها در یک نظام سلسله مراتبی قرار گرفته و با اختصاص وزنی در مقیاس ۱ تا ۹ به صورت زوجی مقایسه می‌شوند. سپس ارزش نهایی آن‌ها از طریق استانداردسازی بر اساس یکی از روش‌های موجود تعیین می‌شود. استفاده از مقایسه‌های زوجی برای تعیین اهمیت نسبی مولفه‌های هر سطح نسبت به سطح بالاتر باعث افزایش دقت و ایجاد امکان مقایسه داده‌ها در هر سطح خواهد شد (Cimren *et al*., 2007).

تجزیه داده‌ها

از نرم‌افزار ArcMap10.1 و ArcCatalog 10.1 از زیرنرم‌افزارهای ArcGIS 10.3 برای تشکیل پایگاه داده مکانی (Geodatabase) و تجزیه وتحلیل‌های مربوط به مناطق مناسب فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* استفاده شد. همچنین از نرم افزار Expert choice برای تعیین متغیرهای موثر استفاده شد.

نتایج

در مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مقایسه معیارها و گزینه‌ها در یک نظام سلسله مراتبی با اختصاص وزنی در مقیاس ۱ تا ۹ به صورت زوجی در جدول۱ آمده است. با توجه به فراوانی جدول‌ها، وزن کلاس‌های هر معیار و تشابه موضوعی آن‌ها، از نمایش جدول‌های مقایسه زوجی همه معیارها خودداری شد.

جدول ۱- مقیاس کمی و کیفی مورد استفاده به منظور مقایسهٔ زوجی معیارها در مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی

Table 1. Qualitative and quantitative scale used to compare the test criteria in AHP model

The importance compared two by two	The amount of score
Extremely preferred	9
Very strongly preferred	7
Strongly preferred	5
Moderately preferred	3
Equally preferred	1
Between Preferred	2,4,6,8

در جدول۲ مساحت پنج کلاس حاصل از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت درصد و هکتار نشان داده شده است.

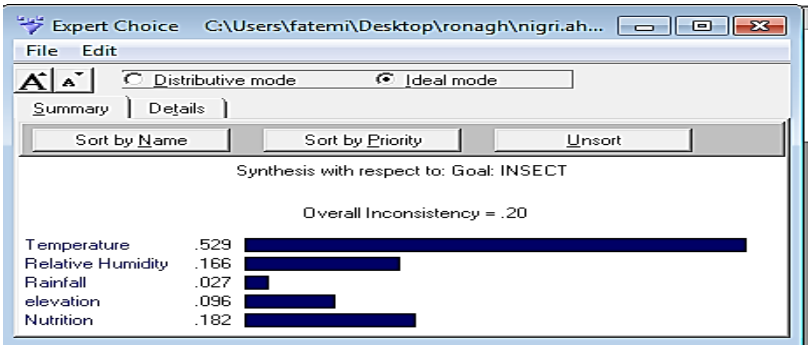
جدول ۲- مساحت کلاس‌ها بر حسب هکتار و درصد در مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی

Table 2. Area in hectare and the percentage of classes in AHP model

Classes	Area (%)	Area (Hectare)
Very good	4.34	242814.58
Good	22.6	1264813.9
Average	25.66	1436349.43
Unsuitable	17.07	955346.9
Very unsuitable	30.31	1696225.51
Sum	100	5595550.32

اهمیت متغیرهای محیطی

در شکل۲ متغیرهای پنج‌گانه اصلی به همراه وزن‌های نهایی استخراج شده از نرم‌افزار Expert Choice نشان داده شده است. مقایسه بین متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش نشان می‌دهد، دما با وزن نهایی ۰/۵۲۹ مهم‌ترین متغیر تاثیرگذار در فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* بود و متغیرهای تغذیه، رطوبت نسبی، ارتفاع و بارندگی به ترتیب برای فعالیت کفشدوزک مورد مطالعه، در رده‌های بعدی اهمیت قرار داشت.

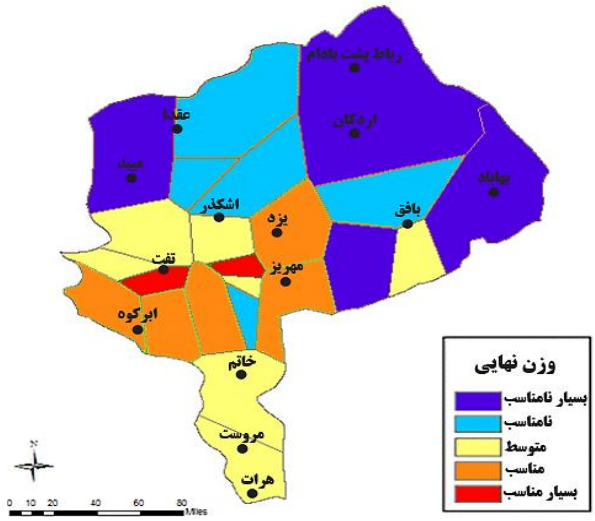


شکل ۲- ارزش متغیرها در نرم‌افزار Expert Choice

Fig. 2. Weighting of invoices in Expert Choice software

نقشه مناطق فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* در استان یزد

نقشه نهایی حاصل از روش AHP، به پنج طبقه مرسوم شامل بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب طبقه‌بندی شد. بر اساس نقشه نهایی، مناطق فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* در استان یزد، مناطقی که پتانسیل فعالیت این کفشدوزک در آن‌ها وجود دارد، شامل طیف رنگی زرد تا قرمز بوده و مناطقی که پتانسیل برای فعالیت کفشدوزک مورد نظر نیست شامل طیف رنگی آبی می‌باشند (شکل ۳). مطلوب‌ترین مناطق استان برای فعالیت این کفشدوزک نواحی شرقی ابرکوه، نواحی شرقی شهرستان تفت و نواحی غربی شهرستان مهریز هستند و بسیار مناسب به دست آمدند. مطابق شکل ۳ مناطق زیادی از جمله قسمت‌های مرکزی، جنوبی و غربی شهرستان ابرکوه، نواحی شمالی خاتم، نواحی جنوبی شهرستان تفت، شمال تا جنوب شهرستان مهریز و نواحی جنوبی شهرستان یزد جزو مناطق مناسب برای فعالیت کفشدوزک یاد شده هستند. نقشه نهایی همچنین نشان داد که قسمتی از شهرستان یزد، بافق و نواحی مرکزی اردکان جزو مناطق نامناسب فعالیت کفشدوزک فوق هستند. بر اساس نتایج قسمت‌های عمده‌ای از شهرستان اردکان برای فعالیت کفشدوزک مذکور بسیار نامناسب هستند (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه نهایی حاصل از بررسی مناطق مختلف از نظر معیارهای مورد نظر

Fig. 3. The final map obtained from the study of different regions in terms of the desired criteria

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از بکارگیری مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن لایه‌ها نشان داد، خصوصیاتی نظیر سادگی و انعطاف‌پذیری می‌تواند در بررسی موضوعات مربوط به مکان‌یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد. بر اساس مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مناطقی از استان نظیر نواحی شرقی ابرکوه، نواحی شرقی شهرستان تفت و نواحی غربی شهرستان مهریز برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* بسیار مناسب هستند. متغیرهای ارتفاع و دما از عوامل تاثیرگذار هستند، دما با وزن نهایی ۰/۵۲۹ مهم‌ترین متغیر تاثیرگذار برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* معرفی شد (شکل ۲). پس از آن مناطقی از استان نظیر قسمت‌های مرکزی، جنوبی و غربی شهرستان ابرکوه، نواحی شمالی خاتم، نواحی جنوبی شهرستان تفت، شمال تا جنوب شهرستان مهریز و نواحی جنوبی شهرستان یزد به واسطه متغیر ارتفاع، بارندگی و تغذیه برای فعالیت کفشدوزک فوق مناسب هستند.

به نظر می‌رسد وجود باتلاق‌ها، نمکزارها و کویرهای متعدد منجر به افزایش متغیر دما و کاهش متغیر تغذیه شده است و به همین دلیل، قسمتی از شهرستان یزد، بافق و نواحی مرکزی اردکان جزو مناطق نامناسب برای فعالیت کفشدوزک فوق هستند. دشت یزد- اردکان، بزرگترین دشت استان یزد بین دو رشته کوه شمالی سیاه کوه و رشته کوه مرکزی شیرکوه قرار دارد. ارتفاع متوسط حدود ۱۰۰۰ متر که به کویر سیاه کوه و کویر نمک اردکان منتهی می‌شود و همانند مانعی در مسیر جریانات رطوبی قرار دارند. انتهای آن تا کفه بهادران ادامه دارد. مخروط افکنه‌های متعددی در محدوده دشت‌ها وجود دارد که شیب آن‌ها بین ۰/۵ تا ۱۵ درصد می‌باشد. شوره‌زارها، شن‌زارها و ریگ‌زارها قسمت‌های وسیعی از دشت‌های یاد شده را می‌پوشانند، در منتهی الیه حوضه‌های آبریز نیز برکه‌ها قرار دارند که با ورود آب‌های سطحی و زیر زمینی به داخل این برکه‌ها به سوی گودترین نقطه یعنی با باتلاق نمک یا کویر نمک جریان می‌یابند. به نظر می‌رسد قرار گرفتن قسمت‌هایی از شهرستان اردکان در محدوده بسیار نامناسب بدین دلیل می‌باشد (Yazdani, 2012).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد قسمت‌هایی از استان یزد برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* بسیار مناسب هستند و آن را تحت تاثیر قرار می‌دهند (شکل ۳). نواحی شرقی شهرستان ابرکوه به عنوان منطقه بسیار مناسب انتخاب شدند. در شرق شهرستان ابرکوه رشته کوه‌های شیرکوه قرار دارد که جزو رشته کوه‌های مرکزی ایران است و در سمت غربی و جنوبی این کویر پیش کوه‌های زاگرس قرار دارد، مرتفع‌ترین نقطه شهرستان ابرکوه تپه‌ای به ارتفاع ۲۳۷۸ متر است (Hashemi, 2012). همچنین شهرستان تفت را رشته کوه‌های متعددی احاطه کرده است به گونه‌ای که می‌توان این شهرستان را ناحیه عمده کوهستانی استان یزد به شمار آورد (Fattahi & Mehrshahi, 2017)، بر این اساس نواحی غربی شهرستان تفت (کاریز) به عنوان منطقه بسیار مناسب انتخاب شدند. شهرستان مهریز به واسطه دمای مناسب، بارندگی‌های مطلوب و کوهستانی بودن در نواحی غربی، بسیار مناسب برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* انتخاب شدند.

با توجه به نتایج پژوهش حاضر و دمای مناسب در سه شهرستان فوق، متغیر دما بیشتر از متغیرهای دیگر در فعالیت کفشدوزک فوق تاثیرگذار می‌باشد. در پژوهش انجام شده توسط Fatemi & Samih (2017) امکان‌سنجی مناطق مناسب فعالیت کفشدوزک *M. sexmaculatus* با تغذیه از شته سبز انار *A. punicae* در استان یزد بررسی شد، در این پژوهش متغیر دما و تغذیه به عنوان متغیرهای اصلی و تاثیرگذار مطرح شدند و بالاترین وزن را به‌ترتیب با مقادیر ۰/۵۴۱ و ۰/۲۱۹ به خود اختصاص دادند. در پژوهش فوق قسمت‌هایی از شهرستان‌های مهریز، تفت و ابرکوه بسیار مناسب تعیین شدند که با پژوهش حاضر مطابقت دارد و نشان می‌دهد گونه‌های مختلف دارای ترجیح زیستگاهی متفاوتی هستند که مرتبط با دما، تغذیه و سایر فاکتورهای محیطی می‌باشند (Jalali *et al.*, 2019). وجه اشتراک پژوهش حاضر با پژوهش فوق متغیر دما است که تاثیر بیشتری نسبت به سایر متغیرها دارد. در پژوهشی دیگر امکان‌سنجی مناطق مناسب فعالیت کفشدوزک *O. conglobata contaminata* با تغذیه از *A. punicae* در استان یزد بررسی شد (Fatemi *et al.*, 2018)، با توجه به نتایج و بررسی نقشه‌های به دست آمده از متغیرهای محیطی مختلف، متغیرهای دما و تغذیه از تاثیرگذارترین عوامل برای فعالیت کفشدوزک *O. conglobata contaminata* محسوب شدند و بالاترین وزن را به‌ترتیب با مقادیر ۰/۵۱۳ و ۰/۲۱۰ به خود اختصاص دادند. در پژوهش Fatemi *et al.* (2018) نیز، همانند پژوهش Fatemi & Samih (2017) و پژوهش حاضر، دما و تغذیه به عنوان متغیرهای محیطی اصلی و تاثیرگذار به دست آمدند. در کنار متغیرهای دما و تغذیه، متغیر ارتفاع نیز در سه شهرستان فوق از عوامل تاثیرگذار مطرح شد. در پژوهش Maveety *et al.* (2014) نیز به نقش ارتفاع در پراکنش برخی از گونه‌های سوسک‌های خانواده Carabaeidae اشاره شد. این نتایج نشان می‌دهد نیازهای بوم‌شناختی گونه‌های مختلف، در پراکنش آن‌ها نقش دارد.

مناطق مناسب یکی دیگر از مناطق مشخص شده برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* هستند (شکل ۳). شهرستان خاتم در جنوبی‌ترین نقطه استان یزد قرار گرفته است. بخش عمده این شهرستان زیر پوشش جنگلی قرار دارد. این شهرستان مهم‌ترین قطب کشاورزی استان یزد محسوب می‌شود (Anonymous, 2011). وجود منابع آبی فراوان از جمله سفره‌های وسیع آب‌های زیرزمینی، همجواری با شهرستان سرسبز بوانات (فارس) و قرار گرفتن در مسیر رودخانه بوانات شرایط ویژه‌ای را ایجاد کرده است. به همین دلیل متغیر بارندگی به عنوان مهم‌ترین متغیر و سپس متغیر تغذیه باعث شده است تا نواحی شمالی این شهرستان جزو مناطق مناسب برای فعالیت کفشدوزک تعیین شود. در شهرستان تفت شرایط جغرافیایی و بارندگی‌های فصلی باعث بهبود متغیر رطوبت نسبی و تغذیه شده است و نواحی جنوبی این شهرستان مناسب برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* هستند. در پژوهش Lashkari *et al.* (2013) بارندگی به عنوان یکی از متغیرهای محیطی تاثیرگذار در پراکنش پسیل آسیایی مرکبات *Diaphorina citri* (Kuwayama) معرفی شده است اما برخلاف شهرستان‌های خاتم و تفت از نظر اهمیت بعد از متغیر تغذیه قرار دارد. در شهرستان مهریز هرچه از شمال به جنوب و از غرب به شرق پیش برویم از میزان بارندگی‌ها کاسته شده و بر خشکی محیط افزوده می‌شود (Anonymous, 2011). نواحی شمال تا جنوب مهریز از نظر پوشش گیاهی شرایط خوبی دارند و به واسطه متغیر تغذیه، برای فعالیت کفشدوزک مناسب تعیین شدند. از آنجا که شهرستان ابرکوه در حاشیه کویری واقع شده است؛ نواحی مرکزی، جنوبی و غربی ابرکوه نیز به عنوان مناطق مناسب هستند. با توجه به اینکه بلندترین ارتفاعات در جنوب غربی شهر یزد (ارتفاعات شیرکوه) قرار دارد، از نظر اقلیمی نیز بر ویژگی‌های منطقه تاثیر می‌گذارد (Anonymous, 2011). نواحی جنوبی یزد به دلیل ارتفاع و دمای محیط از نظر پوشش گیاهی و بارندگی در وضعیت بهتری قرار دارند و بدین دلیل به واسطه متغیر تغذیه جزو مناطق مناسب برای کفشدوزک به شمار می‌روند. در پژوهش انجام شده توسط Jalaeian *et al.* (2017)، پراکنش جغرافیایی شب پره‌های ساقه‌خوار از دو خانواده Crambidae و Noctuidae مورد ارزیابی قرار گرفت، بر اساس نتایج به دست آمده ورود این آفات خصوصاً پروانه ساقه‌خوار برنج *Chilo suppressalis* (Walker) و استقرار آن در برخی از استان‌ها نظیر مناطق برنج‌کاری مازندران، گیلان و گلستان به واسطه وجود میزبان‌های گیاهی و شرایط اقلیمی مناسب می‌باشد. در این پژوهش نقش شرایط اقلیمی به خصوص متغیر دما و تغذیه در پراکنش آفات مورد نظر جزو عوامل تاثیرگذار معرفی شدند که با پژوهش حاضر مطابقت دارد.

در نقشه نهایی مناطقی از استان متوسط برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* مشخص شدند. این مناطق شامل نواحی جنوبی بافق، قسمت‌هایی از شهرستان‌های تفت و میبد و بیشتر مناطق شهرستان‌های هرات و مروست هستند، متغیرهای بارش و ارتفاع در این نتایج دخیل هستند. میزان بارندگی به عنوان یکی از متغیرها از جایی به جای دیگر بر حسب شرایط جغرافیایی تغییر می‌کند، به طوری که هر منطقه با داشتن اقلیم خاص خود شرایط بارندگی مخصوص به خود را دارد (Arbabi Sabzevari, 2010). در پژوهش Fatemi Ghiri & Yazdan Panah, (2012) مشاهده شد بارندگی با ارتفاع و طول جغرافیایی رابطه معنی‌داری دارد و نقش این دو متغیر در شکل گرفتن مناطق متوسط برای فعالیت کفشدوزک فوق را نشان می‌دهد.

متغیرهای محیطی متفاوتی بازدارنده فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* شده‌اند که منجر به شکل‌گیری مناطق نامناسب هستند (شکل ۳). شهرستان یزد، در دره‌ای خشک و پهناور بین کوه‌های شیرکوه و خرانق واقع شده است. در پژوهش Khezri *et al.* (2019)، از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۳۹۷ حدود ۸۴٪ از فضای سبز شهری (۲۸۵ هکتار) به کاربری‌های عمرانی تبدیل شد و به نظر می‌رسد قسمتی از مناطق شهرستان یزد از نظر متغیر تغذیه به عنوان مناطق نامناسب تعیین شد. قسمت‌های وسیعی از شمال، شرق و غرب شهرستان بافق را باتلاق‌ها و نمکزارها

و کویرهای متعدد تشکیل می‌دهد که کویر بزرگ دره انجیر در شمال شرق بافق با دمای بالا از آن جمله است و در حاشیه کناری دشت یزد تا کفه بافق حوزه کویری با بیابان‌های لخت و تپه‌های در هم ریخته و تحت تاثیر شن‌های روان قرار دارد (Anonymous, 2002). بر این اساس قسمتی از شهرستان بافق با بالابودن دما، جزو مناطق نامناسب هستند. در شهرستان اردکان علی‌رغم مناسب بودن بارندگی‌ها در نواحی غربی و همچنین پوشش گیاهی مناسب در نواحی مرکزی، اما از نظر متغیر دما که مهم‌ترین متغیر تاثیرگذار محسوب می‌شود، نامناسب می‌باشد، بر این اساس نواحی مرکزی اردکان جزو مناطق نامناسب هستند. با بررسی کلی مدل‌های مورد استفاده Solhjouy-Fard *et al.* (2013) نشان می‌دهد، نواحی مرکزی ایران به خاطر دریاچه‌های نمکی، بیابان‌ها و همچنین مناطق با تپه‌های ماسه‌ای که دارای دمای بالا و طوفان شدید می‌باشند، برای حضور سن *Nysius cymoides* (Spinola) نامناسب می باشند. پژوهش یاد شده با قسمت‌هایی از شهرستان‌های بافق و اردکان در پژوهش حاضر در مورد عامل محدود کنندهٔ دما مشابه بود.

سخت‌ترین مناطق روی نقشه نهایی برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* مناطق بسیار نامناسب هستند (شکل ۳). اردکان در قلب بیابان مرکزی ایران، آب و هوایی خشک دارد و بیشترسطح آن پوشیده از بیابان است، دشت یزد- اردکان به علت دور بودن از گستره‌های آبی، عرض جغرافیایی بالا و وجود دو سلسله جبال زاگرس در غرب و البرز در شمال که در مجموع نقش دیوار در مقابل جریان‌های مرطوب را ایفا می‌کنند، در قلمرو مناطق خشک و فرا خشک جهان قرار گرفته است. شیرکوه و سلسله جنوبی در مقابل جریان‌های مرطوب جنوب غربی نیز مانعی نسبت به دشت یزد- اردکان به حساب می‌آید (Motamed, 1990)، بدیهی است بخش اعظم بار رطوبتی این سیستم‌ها به علت پیمایش خشکی‌های وسیع و همچنین عبور از کوهستان‌ها، قبل از رسیدن به منطقه تخلیه می‌شود، به این دلیل بارندگی آن ناچیز است (Ekhtesasi *et al.*, 1996). بنابراین بیشتر مناطق این شهرستان بر اساس مقادیر پایین متغیر بارندگی جزو مناطق بسیار نامناسب برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* تعیین شد. در پژوهش حاضر پایین بودن بارندگی شرایطی را در بیشتر نقاط این شهرستان به وجود آورد، که محیط را برای فعالیت کفشدوزک فوق دشوار نموده است. از پژوهش‌های انجام شده برای نشان دادن اهمیت متغیر بارندگی می‌توان به تاثیر بارندگی‌های طولانی مدت برای پیش‌بینی اندازه و شیوع جمعیت پروانه برگخوار چغندر *Spodoptera exempta* (Walker) در کنیا اشاره کرد، افزایش جمعیت این آفت همزمان با تقارن بارندگی و آغاز فصل رشد این حشره بود. از طرف دیگر با توجه به اینکه بارندگی بر میزان رطوبت نسبی تأثیر می‌گذارد، این متغیر همراه با دما و باد شرایط اقلیمی ویژه‌ای را در منطقه به‌وجود می‌آورد (Rajabi, 2003). بر این اساس جمعیت حشرات به تغییرات فصلی، مقدار بارندگی و رطوبت نسبی محیط وابسته است (به نقل از Rajabi, 2003).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که ۲۶/۹۴ درصد از مناطق استان، با در نظر گرفتن متغیرهای دما، رطوبت نسبی، بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* بسیار مناسب و مناسب می‌باشند. دلایل آن می‌تواند قرارگیری این بخش‌ها در حد فاصل ارتفاعات و دشت باشد که موجب تشدید اختلاف فشار و ایجاد جریانات هوایی از کوه به دشت و برعکس می‌شود. همچنین نزدیک به ۴۷/۳۸ درصد از مناطق استان، برای فعالیت کفشدوزک مورد بررسی بسیـــار نامناسب و نامناسب شناخته شدند که از دلایل آن می‌توان به دمای بسیار بالا و نبودن تغذیه کافی اشاره نمود.

مدیریت تلفیقی آفات، یکی از لازمه‌های مهم کشاورزی پایدار است و این امکان را فراهم می‌کند تا تولید محصولات کشاورزی با حداقل باقیمانده سموم کشاورزی، حفظ محیط زیست و تعادل طبیعی موجودات در بوم سامانهٔ کشـــاورزی صورت گیرد. به منظور مدیریت تلفیـــقی آفات، لازم است که اطلاعات کافی در مورد زیست‌شناسی و بوم‌شناسی آفت داشته باشیم، به ویژه در مورد توزیع فضایی و عوامل موثر بر توزیع فضایی

گونه‌های مورد نظر که همه آن‌ها توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل بررسی می‌باشند. سیستم اطلاعات جغرافیایی اغلب به عنوان یک فناوری مطرح می‌شود و امکان ذخیره، بازنگری، پردازش و نمایش داده‌های فضایی را به متخصصان می‌دهد. در پژوهش حاضر در رابطه با پنج متغیر اصلی در نظر گرفته شده می‌توان انطباق و همبستگی بالای آن‌ها با مناطق به دست آمده در نقشه نهایی را مشاهده نمود و به اهمیت بسیار بالای دما و تغذیه در به دست آمدن شرایط اقلیمی مناسب برای فعالیت کفشدوزک *E. nigripennis* اشاره داشت.

سپاسگزاری

از ریاست ایستگاه تحقیقات پسته اردکان آقای مهندس سلطانی به سبب راهنمایی‌های ارزنده و همکاری ایشان به منظور استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی صمیمانه تشکر می‌شود.

References

Aboi Ashkezari, A., Fatemi Dehaj, S. S., Samih, M. A. & Ramezani, I. (2013) Distribution of greenhouse cucumber root knot nematode *Meloidogyne javanica* in Yazd using GIS and its impact on the consumption of calcium fertilizers. In: *Proceeding of 6th congress on Agricultural Research Findings, 15-16 May, the University of Kurdistan, Iran*, 172-177pp. [In Persian].

Anonymous (2002) *The geographical culture of the abadis of Yazd province*, Volume one. [In Persian].

Anonymous (2011) *Weather Report of Synoptic Station in Yazd Province*. 25p. [In Persian].

Arbabi Sabzevari, A. (2010) Analysis of the effect of drought by interpolation of normal rainfall z index in GIS in Kashan region. *Journal of Natural Geography* 3(7), 105-124. [In Persian].

Bevilacqua, M. & Braglia, M. (2000) The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability engineering and system safety* 70(1), 71-83.

Biranvand, A., Nedvěd, O., Shakarami, J., Fekrat, L., Hamidi, E., Volf, M. & Hanley, G. A. (2017) The ladybeetle community (Coleoptera: Coccinellidae) in North East of Iran. *Baltic Journal of Coleopterology* 17, 49–67.

Cimren, E., Çatay, B. & Budak, E. (2007) Development of a machine tool selection system using AHP. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 35, 363-376.

Dehghan Banadaki, E. (2010) Comparative study spatial and temporal variability of drought, Yazd province. MSc thesis, Yazd University, Yazd, Iran. [In Persian].

Diminic, I., Kozina, A., Bazok, R. & Barcic, J. I. (2010) Geographic information systems (GIS) and entomological research. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 8(2), 1193-1198.

Duverger, C. (1983) Contribution à la connaissance des Coccinellidae d'Iran. *Nouvelle Revue d'Entomologie, Paris, Nouvelle Serie* 13(1), 73–93.

Ekhtesasi, M. R., Abdi Nejad, Gh. A., Kosari, M. R., Niazi, Y. & Tabatabaii, S. A. (1996) Climate change, desertification alarm (case study of Yazd plain). *Forest and Range Quarterly* 74, 42-45. [In Persian].

ESRI. (2008) ArcGIS 10.3, Environmental Systems Research Institute. *Redlands, CA, USA*.

Fatemi Ghiri, S. & Yazdan Panah, H. A. (2012) Evaluation of different interpolation methods to estimate precipitation data in Isfahan province. *Journal of Geographical Space* 12(40), 46-63. [In Persian].

Fatemi, S. S. & Samih, M. A. (2017) Feasibility study of suitable regions for release of *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) by feeding on pomegranate green aphid *Aphis punicae* Pass with using GIS in Yazd province. *Biological Control of Pest and Plant Diseases* 6(1), 1-10. [In Persian].

Fatemi, S. S., Aboi Ashkezari, A., Mohammadi, D. & Samih, M. A. (2018) Feasibility of suitable regions for release of *Oenopia conglobata* contaminata (Menteries) against pomegranate green aphid *Aphis punicae* Pass by using GIS in Yazd province. *Journal of Entomological Society of Iran* 38(1), 31-45. [In Persian].

Fattahi, M. & Mehrshahi, D. (2017) Geomorphology and dating of the sand ramp (Kouh Rig) in Farashah, Taft, on the purpose of determining the last quaternary features of the northern slopes of Shirkouh. *Geographical Exploration of Desert Areas* 6(1), 91-117. [In Persian].

Google Inc (2016). Google Earth (Version 7.1.1.1871). [Cited 26 July 2016] Available from URL: *http://www.google.com/earth/index.html*.

Govindasamy, M. & Khursheed, S. (2018) A new host and distribution record for the black coccinellid, *Stethorus aptus* Kapur (Coccinellidae: Coleoptera). *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 28, 53.

Hadidi, M., Naderi, K., Meraati, E. & Soozani, B. (2017) Review and analysis of optimum pattern for distribution of educational centers by using multi criteria decision making (MADM) in GIS environment case study: Education and training center of district no. 1 of Kermanshah. *Geography and Regional Urban Planning* 7(22), 159-178. [In Persian].

Hasanpour, M., Talebi, A. A., Rakhshani, E. & Ameri–Siahouei, A. (2009) Identification of natural enemies of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) in Hormozgan province. *Journal of Entomological Research* 3, 185–195. [In Persian].

Hashemi, M. (2012) Geomorphological differences of desert landscapes case study: Yazd province. MSc thesis, Isfahan University, Esfahan, Iran. [In Persian].

Hayat, A. & Khan, M. R. (2013) Biodiversity and species composition of ladybird beetles (Coccinellidae: Coleoptera) from Mirpur division of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture* 30, 341–350.

Heydari Alamdarloo, A., Khosravi, H. & Nasabpour Molaei, S. (2019) The study of tourism comfort climate index in desert area (Case study: Yazd province). *Researches in Geographical Sciences* 19(54), 205-217. **[**In Persian].

Hill, M. J. & Braaten, R. (2005) Multi-criteria decision analysis in spatial decision support: the ASSESS analytic hierarchy process and the role of quantitative methods and spatially explicit analysis. *Environmental Modeling and Software* 20, 955–976.

Hochmair, H. H., Tonini, F. & Scheffrahn, R. H. (2013) The role of geographic information systems for analyzing infestations and spread of invasive termites (Isoptera: Rhinotermitidae and Termitidae) in urban South Florida. *Florida Entomologist* 96(3), 746-755.

Jalaeian, M., Golizadeh, A. & Sarafrazi, A. (2017) The geographical distribution of moth stem borers (Lepidoptera: Crambidae & Noctuidae) in paddy fields of Iran. *Plant Pest Research* 7(2), 11-24. [In Persian].

Jalali, M. A., Mehrnejad, M. R. & Ellsworth, P. C. (2019) Inferring biological control potential of adult predatory coccinellids using life history traits and putative habitat preference. *Journal of Economic Entomology* 112(5), 2116–2120.

Khezri, M., Salman Roghani, M. & Sarkargar Ardakani, A. (2019) Spatio-Temporal analysis of morphology distribution and monitoring of land use change in Yazd. *Journal of Radar and Optical Remote Sensing* 2, 19-33. [In Persian].

Lakhal, M. A., Ghezali, D., Nedvěd, O. & Doumandji, S. (2018) Checklist of ladybirds of Algeria with two new recorded species (Coleoptera: Coccinellidae). *ZooKeys* 774, 41–52.

Lashkari, M., Sahragard, A., Manzari, Sh., Hosseini, R. & Erfanfar, D. (2013) Niche modeling of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in Iran. *Plant Pests Research* 3(1), 45-58. [In Persian].

Lee, A. H. I., Chen, H. H. & Kang, H. Y. (2009) Multi- criteria decision making on strategic selection of wind farms. *Renewable Energy* 34(1), 120-126.

Lin, W. T. & Pennings, S. C. (2018) Predator–prey interactions in a ladybeetle–aphid system depends on spatial scale. *Ecology and Evolution* 8, 6537–6546.

Maveety, S. A., Browne, R. A. & Erwin, T. L. (2014) Carabid beetle diversity and community composition as related to altitude and seasonality in Andean forests. *Neotropical Funa and Environment* 48(3), 165-174.

Mehrnejad, M. R. (2010) Potential biological control agents of the common pistachio psylla, *Agonoscena pistaciae*. *Review of the Entomofauna* 31, 249-272.

Milonas, P., Gocou, C., Papadopoulou, A., Fountas, S., Liakos, V. & Papadopoulou, N. T. (2016) Spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) in a cotton production area. *Neotropical Entomology* 45(3), 240-251.

Motamed, A. (1990) Investigating the origin of sands in region Yazd-Ardakan. Scientific Information Center, *Desert Magazine* 30 1(1), 155-169. [In Persian].

Omkarprasad, V. & Sushil, K. (2004) Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research* 169, 1–29.

Parhizkar, A. & Ghaffari Gilan Deh, A. (2006) Multi-criteria decision analysis and geographic information, Publication of the study, designing books Humanities University (samt) 597. [In Persian].

Qin, Z., Wu, J., Qiu, B., Ali, S. & Cuthbertson, A. G. S. (2019) The impact of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) on control of *Dysmicoccus neobrevipes* Beardsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Insects* 10, 131.

Rajabi, Gh. (2003) Ecology of insects in accordance with Iranian conditions and with emphasis on practical points. Agricultural Research and Education Organization. 1th ed 622 PP. [In Persian].

Rounagh-Ardakani, H., Samih, M. A., Ravan, S. & Mokhtari, A. (2019) Different preys affecting biology and life table parameters of *Exochomus nigripennis* (Erichson) (Coleoptera: Coccinellidae): prospects for augmentative biological control of sucking pests. *International Journal of Tropical Insect Science* 40, 21-26.

Rounagh-Ardakani, H., Samih, M. A., Ravan, S. & Mokhtari, A. (2020) Effect of temperature on the development and predatory potential of *Exochomus nigripennis* (Erichson) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Gossyparia spuria* (Modeer) (Hemiptera: Eriococcidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 40, 723-728.

Solhjouy-Fard, S., Sarafrazi, A., Minbashi Moeini, M. & Ahadiyat, A. (2013) Predicting habitat distribution of five heteropteran pest species in Iran. *Journal of Insect Science*, 13(116), 1-17.

Yazdani, N. (2012) Investigating the role of climate fluctuations on droughts in Yazd-Ardakan plain. M.Sc. thesis, Yazd university, Yazd, Iran. pp. 108. [In Persian].

Zare Khormizi, M., Biranvand, A. & Shakarami, J. (2013) The faunistic survey of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in the Mehriz region (Yazd province), Iran. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum* 12(4), 43-51.