

مطالعه امکان‌سنجی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک شش نقطه‌ای *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) با تغذیه از شته سبز انار *Aphis punicae* Pass. با استفاده از GIS در استان یزد

۱. سعیده السادات فاطمی؛ ۲. محمد امین سمیع*

۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۶/۲۳)

چکیده

کفشدوزک *Menochilus sexmaculatus* (Col.: Coccinellidae) یکی از شکارگرهای مهم آفات در باغ‌های ایران است. بر اساس نظرات کارشناسان خبره، مطالعات و منابع اطلاعات عواملی مانند درجه حرارت، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای تعیین‌کننده در پهنه‌بندی مناطق مناسب برای رهاسازی کفشدوزک شش نقطه‌ای در نظر گرفته شده‌اند. بر اساس مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP از نرم‌افزار ArcMap 10.1 و ArcCatalog 10.1 و از زیرنرم‌افزارهای Arc GIS برای تشکیل پایگاه داده مکانی و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک *M. sexmaculatus* استفاده شد. همچنین از افزونه‌های ET.Hawth's Analysis Tools، XTools و GeoWizards نیز برای ورود اطلاعات و داده‌ها به نحوه دقیق‌تر و مطمئن‌تر استفاده شد. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که نزدیک به ۳۵ درصد از مناطق استان یزد برای رهاسازی کفشدوزک شش نقطه‌ای از نظر پتانسیل درجه حرارت، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه کاملاً مناسب می‌باشند. دلایل آن می‌تواند قرارگیری این بخش‌ها در حد فاصل ارتفاعات و دشت تلقی گردد که موجب تشدید اختلاف فشار و ایجاد جریان‌های هوایی از کوه به دشت و برعکس می‌شود. همچنین نزدیک به ۶۰ درصد از مناطق استان کاملاً نامناسب برای رهاسازی کفشدوزک شناخته شدند که از دلایل آن می‌توان به درجه حرارت بسیار بالا و نبودن تغذیه کافی اشاره نمود.

کلیدواژه‌گان: آفات انار، زیست‌شناسی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کفشدوزک زیگزاگی.

Feasibility study of suitable regions for release of *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) by feeding on pomegranate green aphid *Aphis punicae* Pass with using Geographic Information Systems in Yazd province

Saeideh Sadat Fatemi¹ and Mohammad Amin Samih^{2*}

1, 2. Former M.Sc. Student and Professor, Department of Plant Protection, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
(Received: Dec. 13, 2015 - Accepted: Sep. 13, 2016)

ABSTRACT

Ladybird, *Menochilus sexmaculatus* (Col.: Coccinellidae) is an important predator of pests in Iran's gardens. Based on the expert's comments, many studies and information resources, the factors such as temperature, humidity, rainfall, altitude and nutrition are considered as the most important criteria determining the zone which are suitable for six spot ladybird's release. According to the Analytic Hierarchy Process (AHP) and 10.1 ArcCatalog ArcMap 10.1 software, the Arc GIS sub software was used for establishment of a spatial database and analysis related to the areas which are appropriate for the release of predator *M. sexmaculatus*. Moreover, the extensions of ET Geo Wizards, Hawth's Analysis Tools, and Xtools2 were applied for accurate data and information entrance. The results of this study show that approximately 35 percent of Yazd province considering to the potentials of temperature, humidity, rainfall, altitude and nutrition requirements are quite suitable for the release of six spot ladybirds. A likely explanation is that these areas are situated between mountains and plains where cause to intensify pressure difference and create air stream from the mountain to the plains and vice versa. Also, about 60 percent of the areas were completely unsuitable for release of predator. A likely reason for this might be attributed to very high temperatures and lack of adequate prey for nutrition.

Keywords: Biology, GIS, Pomegranate pastes, zigzag ladybird beetle.

* Corresponding author E-mail: samia_aminir@yahoo.com

تازه‌های تحقیق

آینده‌پژوهی و بررسی احتمالات مربوط به ظهور و طغیان عوامل خسارت‌زای کشاورزی از جمله موارد مهم دخیل در مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها می‌باشد. در راستای اجرایی شدن این هدف، سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS یک منبع قابل اتکا است که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از GIS مناطق مناسب برای رهاسازی عامل کنترل بیولوژیک با توجه به شرایط زیست محیطی مناسب کفشدوزک و شته سبز انار و همچنین شرایط اقلیمی درخت انار مورد بررسی قرار گرفت. این روش می‌تواند در سطح وسیع برای سایر عوامل کنترل بیولوژیک و آفات گیاهی به کار رود.

مقدمه

انار، *Punica granatum* L. (Punicaceae) از جمله درختان میوه گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است که با شرایط سخت حاشیه کویر مانند گرمای طاقت‌فرسا، کم‌آبی، خشکی هوا و تا حدی شوری سازگاری دارد (Shakeri and Daneshvar 2004). از میان عوامل زبان‌آور شایع این محصول می‌توان به شته انار *Aphis punicae* Pass. (Hem.: Aphididae) (Rezvani 2004). کفشدوزک زیگزاگی شش لکه‌ای *M. sexmaculatus* از عمومی‌ترین کفشدوزک‌ها به‌شمار می‌رود که در دامنه شکار این کفشدوزک ۵۷ گونه شته از جمله شته انار قرار می‌گیرد (Agarwala and Yasuda 2000, Fatemi and Samih 2015). شناخت مکان‌های مناسب برای بهره‌برداری از کنترل بیولوژیک مسأله‌ای است که نیاز به در نظر گرفتن عوامل بسیاری دارد که تجزیه و تحلیل را مشکل می‌سازد؛ از آنجا که انتخاب عرصه‌های مناسب برای شناخت مناطق مناسب برای بهره‌برداری از این کنترل پاک مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی می‌باشد و با توجه به گستردگی و پیچیدگی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی، ضرورت استفاده از GIS و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح می‌گردد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information Systems) یا GIS یک سیستم کامپیوتری برای مدیریت و تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی بوده که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره،

تجزیه و تحلیل و نمایش اطلاعات جغرافیایی (مکانی) را دارد. به جمع‌آوری، تولید، نگهداری، بازیابی، تجزیه و تحلیل داده‌هایی می‌پردازد که در دنیای واقعی فضایی را اشغال نموده‌اند (Harmon and Anderson 2003). بنابراین کلیه رشته‌هایی که بخشی از داده‌های خود را از زمین به دست می‌آورند از کاربران GIS محسوب می‌شوند. جغرافیا به دلیل یکپارچگی و جامع‌نگری در داده‌های جغرافیایی و استفاده از نگرش سیستمی، استفاده از GIS در تحلیل‌های مکانی، به غنای این سیستم می‌افزاید بنابراین روشی نیرومند برای پاسخ به سؤالات پیچیده طبیعت می‌داند (Huxhol 1991). این تجزیه و تحلیل‌ها می‌تواند از یک پرسش ساده از پایگاه داده (نظیر نمایش باغات کاشت انار) تا انجام پیش‌بینی‌های مختلف به کمک مدل‌سازی (ارزیابی آسیب‌پذیری محصولات در برابر آفات) پدیده‌ها را شامل شود. معمولاً درصد عمده‌ای از اطلاعاتی که حرفه‌هایی نظیر مدیریت آفات با آن‌ها در ارتباط هستند اطلاعات مربوط به مکان می‌باشد. عنوان جغرافیایی GIS نیز اشاره به بعد مکانی اطلاعات دارد، به طوری که برخی اوقات در متون مربوطه، حتی به عبارت سیستم اطلاعات مکانی در مقابل GIS اشاره شده است. از جنبه روش‌شناسی، GIS به‌عنوان یکی از دقیق‌ترین و جدیدترین روش‌های تحلیل اطلاعات مکانی تلقی می‌شود (Huxhol 1991)؛ که در بسیاری از زمینه‌ها از جمله مدیریت آفات کاربرد دارد.

مدیریت آفات شامل فرایندهای مختلفی است که نه تنها در مراحل اولیه، بلکه حتی در مرحله اجرایی برنامه‌ها، پیگیری و ارزیابی فعالیت‌ها به شدت محتاج اطلاعات به‌هنگام است (Tabibian 2000). سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با اطلاعات یکپارچه، درست و به‌موقع که مهم‌ترین بخش از هر برنامه مدیریتی مهم و اضطراری موفق می‌باشد، می‌تواند بخش مهمی از چاره‌سازی برای مسایل مربوط به مدیریت آفات باشد (Tabibia, 2000). تاکنون از GIS برای تعیین پراکنش و مکان‌سنجی عوامل جانوری زیان‌آور و مفید در کشاورزی نیز استفاده شده است.

لشکری و همکاران مدل اکولوژیکی زیست‌خوان پسیل آسیایی مرکبات، *Diaphorina citri* Kuwayama

تحلیل سلسله مراتبی AHP^۱ در محیط GIS استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

معیارهای انتخابی برای تحلیل پهنه‌بندی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک

در پهنه‌بندی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک زیگزاگی شش‌لکه‌ای معیارهای متعددی دخالت داده شد. معمولاً هر چقدر عوامل بیشتری در مدل دخالت کنند، خروجی دقیق‌تری خواهند داشت. اما با توجه به عدم دسترسی به کلیه اطلاعات دخیل در بحث مکان‌یابی این مناطق در ناحیه مورد مطالعه، سعی شد که مؤثرترین و ضروری‌ترین عوامل محیطی در نظر گرفته شود. بر اساس نظرات کارشناسان خبره، مطالعات و منابع اطلاعاتی عملی مانند درجه حرارت، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای تعیین‌کننده در پهنه‌بندی مناطق مناسب برای رهاسازی کفشدوزک شش‌نقطه‌ای در نظر گرفته شده‌اند.

تشکیل پایگاه داده‌های مبتنی بر GIS برای هر یک از لایه‌های اطلاعاتی مکانی

با توجه به عوامل جغرافیایی تأثیرگذار در رهاسازی کفشدوزک داده‌های مربوط به درجه حرارت، ارتفاع، زمان حضور شته‌ها و بارندگی، جمع‌آوری شده و سپس در بانک اطلاعات GIS وارد شدند اما بازدید از تمام موقعیت‌های موجود در منطقه مورد مطالعه برای اندازه‌گیری میزان تمرکز یک پدیده معمولاً سخت یا هزینه‌بر است. به‌جای این‌کار از اطلاعات نقاط نمونه‌برداری شده از پدیده مورد نظر استفاده شد و برای سایر موقعیت‌ها بر اساس ارزش‌های موقعیت‌های معلوم، ارزش موقعیت‌های مجهول برآورد و پیش‌بینی شد و به سلول‌های مورد نظر در لایه رستر خروجی اختصاص یافت. نقاط ورودی می‌توانند به‌صورت تصادفی (اتفاقی) یا به‌صورت قاعده‌مند و با فواصلی منظم، نمونه‌برداری شده باشند. با توجه به گستردگی منطقه مورد نظر کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی (۲۷ ایستگاه) استان یزد به‌عنوان نقاط قابل تعمیم به کل استان در نظر

را به منظور پیش‌بینی پراکنش جغرافیایی بالقوه و تعیین عوامل کلیدی تأثیرگذار در پراکنش آن در ایران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را مورد بررسی قرار دادند (Lashkari et al. 2013). ابویی اشکذری و همکاران پراکنش نماتد مولد گره ریشه *Meloidogyne javanica* (TREUB) در گلخانه‌های خیار یزد با استفاده از GIS و تأثیر آن بر میزان مصرف کودهای کلسیم را بررسی کردند (Aboi Ashkezari et al. 2013a). در استان خوزستان پراکنش کرم میوه‌خوار خرما این‌روش مورد بررسی قرار گرفت (Soleymanejadian 2009). ابویی اشکذری و همکاران از دو روش نزدیک‌ترین همسایه و تابع K رایلی در تعیین الگوی پراکنش کنه تارنکبوتی *Tetranychus urticae* Koch در گلخانه‌های خیار نیز استفاده کردند (Aboi Ashkezari et al. 2013b). توزیع فضایی تخم‌ها و لاروهای کرم خوشه‌خوار انگور *Lobesia botrana* Den. and Schiff. (Lep., Tortricidae) هوراند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بررسی شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نقشه‌های پراکنش و مناطق پرخطر تهیه شده برای مراحل تخم و لاروی این پروانه نشان‌دهنده معنی‌دار پراکنش زمانی و مکانی جمعیت، تأثیر پوشش گیاهی مناطق مجاور تاکستان‌ها بر تراکم جمعیت و همچنین حضور درصد بالای آلودگی در پیرامون تاکستان‌ها به‌ویژه تاکستان‌های مجاور مراتع بود (Pahnai 2013). با توجه به اینکه در دماهای مختلف میزان رشد و نمو یک گونه حشره متفاوت است و عواملی از جمله تغییرات محیطی می‌تواند در آن مؤثر باشد و با عنایت به این مطلب که درباره امکان‌سنجی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک شش‌نقطه‌ای با استفاده از GIS تحقیقاتی وجود ندارد، در این پژوهش از داده‌های دمایی، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه برای امکان‌سنجی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک *M. Sexmaculatus* در استان یزد با استفاده از GIS استفاده شد. هر چند که کاربرد GIS در مکان‌گزینی مناطق رهاسازی کفشدوزک در ایران در ابتدای راه خود است. از این‌رو، در این پژوهش از سیستم‌های

دوئی است. به‌عبارتی، این روش مسائل پیچیده را بر اساس آثار متقابل آنها مورد بررسی قرار می‌دهد و آنها را به شکلی ساده تبدیل کرده به حل آن می‌پردازد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه رقیب و معیار تصمیم‌گیری روبروست می‌تواند استفاده گردد. معیارهای مطرح شده می‌تواند کمی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسات زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده با فراهم آوردن درخت سلسله مراتبی تصمیم آغاز می‌کند. درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. سپس مقایسات زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسات وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را نشان می‌دهد. در نهایت منطق فرایند تحلیل سلسله مراتبی به گونه‌ای ماتریس‌های حاصل از مقایسات زوجی را با یکدیگر تلفیق می‌سازد که تصمیم بهینه حاصل آید.

وزن‌دهی به فاکتورهای تأثیرگذار در مکان‌یابی مناطق رهاسازی کفشدوزک

هر معیار بر اساس نتایج آزمایشگاهی پژوهش فاطمی و سمیع (Fatemi and Samih 2015) و پژوهش‌های مرتبط (Lashkari et al. 2013, Latifian 2015)، همچنین نتایج حاصل از بررسی داده‌های بیست ساله هواشناسی استان یزد به طبقات مختلف تقسیم‌بندی شد (شکل ۱). در این تحقیق با استفاده از روش AHP، ابتدا درجه اهمیت هر یک از معیارها نسبت به یکدیگر و همچنین طبقات مختلف (گزینه‌ها) یک معیار نسبت به هم تعیین گردید، بدین منظور معیارها و گزینه‌ها به‌صورت دو دوئی با بهره‌گیری از نظرات افراد خبره، مطالعه و مقایسه کارهای مشابه قبلی و درنظر گرفتن شرایط منطقه مطالعاتی، با استفاده از نرم‌افزار ExpertChoice مورد بررسی گرفت، در نهایت نقشه هر یک از معیارها بر اساس وزن‌های به‌دست آمده در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. پردازش و تحلیل داده‌ها در این پژوهش با توجه به پارامترهای درجه حرارت، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه صورت گرفته است. پس از آماده‌سازی و تهیه لایه‌های اطلاعاتی بر اساس چارت از روش AHP برای تعیین وزن کلاس‌های هر لایه و وزن نهایی معیارها استفاده گردید. در روش AHP ابتدا با

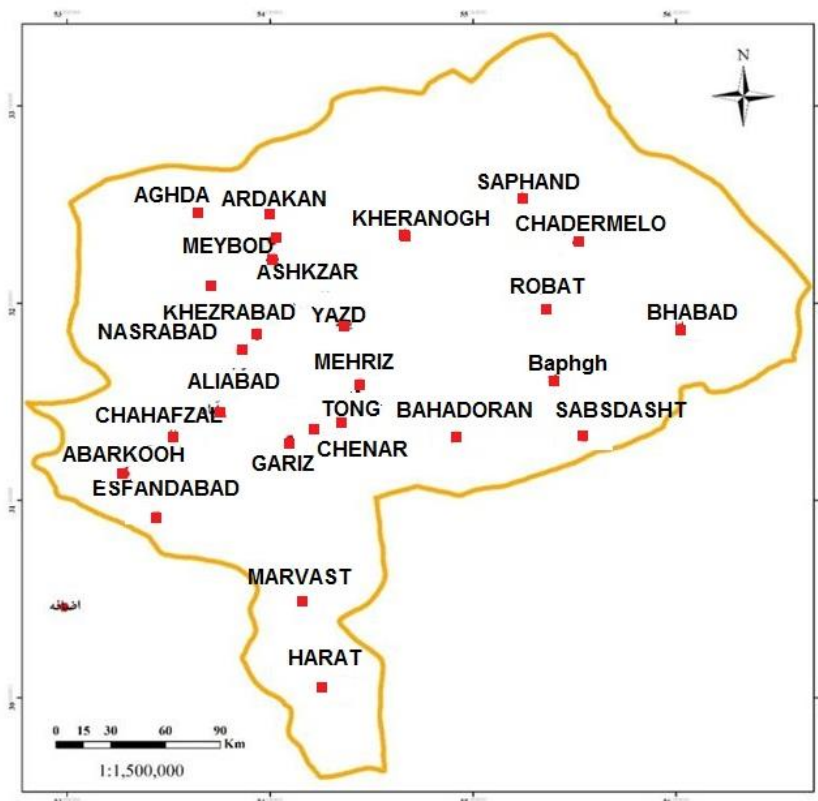
گرفته شد. بدین منظور از داده‌های بیست ساله هواشناسی استفاده شد.

برای تعیین مجموعه‌ای از معیارها برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری و سپس وزن‌دهی لایه‌ها برای بیان کردن اهمیت هر معیار نسبت به معیارهای دیگر و برای دستیابی به اهداف مورد نظر در این پژوهش، شناخت متغیرها و تجزیه و تحلیل آن‌ها از روش توصیفی استفاده شده است به‌طوری‌که ابتدا به شناسایی و تعریف معیارها و زیر معیارهای تأثیرگذار در مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک شش نقطه‌ای پرداخته شد، سپس با توجه به اینکه هر کدام از معیارها و زیر معیارهای مورد بررسی تأثیر متفاوتی در مناطق مناسب رهاسازی دارند، ضریب اهمیت تمامی آن‌ها مشخص شده و در نهایت امتیاز نهایی هر کدام از گزینه‌ها مشخص شد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP که اولین بار توسط ساتی مطرح شد (Saaty 1997) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. زیرا این تکنیک امکان فرموله کردن مسأله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند. همچنین امکان درنظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران در بررسی مسأله می‌دهد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت بر روی معیارها و زیرمعیارها را دارد. علاوه بر این بر مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده است. مهمترین فاکتور در MCDM اختصاص چگونگی وزن برای برخی معیارها بر اساس اهمیت آنهاست (Bennui et al. 2007). بر اساس این روش به هر گزینه با توجه به امتیازهای تخصیص یافته در مقایسه با هم (مقایسه دوتایی) و نیز با توجه به امتیاز اهمیتی شاخص‌ها نسبت به هم، امتیازی داده شد، که نشان‌دهنده قابلیت بهتر آن گزینه با توجه به معیارهای تعریف شده است، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. همچنین این تکنیک میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد، که از مزایای ممتاز این تکنیک در تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. به‌علاوه از یک مبنای تئوریک قوی برخوردار بوده و بر اساس اصول بدیهی بنا شده است. (Parhizkar and Ghaffari GilanDeh 2006). ویژگی اصلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر اساس قضاوت دو

وزن‌های ورودی اعمال گردیده و وزن هر یک از معیارهای پنج‌گانه و کلاس‌های آن‌ها از نرم‌افزار ذکر شده استخراج شد.

استفاده از نظر کارشناسان و متخصصین وزن هر کدام از معیارها و زیر معیارها مشخص شده و به نرم‌افزار ExpertChoice وارد گردید. سپس مدل AHP بر روی



شکل ۱. ایستگاه‌های هواشناسی استان یزد
Figure 1. Weather stations in Yazd province

انعطاف‌پذیری آن و همچنین محاسبه سازگاری در قضاوت‌ها، می‌تواند برای تعیین وزن لایه‌ها در بررسی موضوعات مربوط به مکان‌یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد (Hill and Braaten 2005, Omkarprasad and Sushil 2004). مقایسه معیارها و گزینه‌های مورد مقایسه برای پهنه‌بندی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک شش نقطه‌ای در یک نظام سلسله‌مراتبی در مدل AHP با اختصاص وزنی در مقیاس ۱ تا ۹ به صورت زوجی در جدول ۱ آمده است. سپس ارزش نهایی آن‌ها از طریق استاندارد سازی براساس یکی از روش‌های موجود تعیین شد. استفاده از مقایسات زوجی برای تعیین اهمیت نسبی مؤلفه‌های 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 ArcMap 10.1، ArcCatalog 10.1 و زیرنرم‌افزارهای Arc GIS برای تشکیل پایگاه داده مکانی^۱ و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک *M. sexmaculatus* استفاده شد. همچنین از افزونه‌های^۲ XTools، Hawth's Analysis Tools، ET، GeoWizards نیز برای ورود اطلاعات و داده‌ها^۳ به نحوه دقیق‌تر و مطمئن‌تر استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مدل AHP (فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی) روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با توجه به سادگی و

1. Geodatabase
2. Extension
3. Data Entry

۲ تا ۴ نشان داده شده است. در پایان نقشه نهایی حاصل از فرآیندهای فوق‌نرمال شده و پس از کلاس‌بندی به ۵ کلاس از کاملاً نامناسب تا کاملاً مناسب تقسیم شده و مناطق مناسب برای رهاسازی کفشدوزک شش‌نقطه‌ای تعیین گردیده است.

پهنه‌بندی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک

زون‌بندی نهایی نقشه حاصل از روش AHP، به پنج طبقه مرسوم شامل بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و بسیار نامناسب طبقه‌بندی شد. در جدول ۳ مساحت پنج کلاس حاصل از مدل AHP برحسب هکتار و درصد نشان داده شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که نزدیک به ۳۵ درصد از مناطق استان کاملاً مناسب و مناسب برای رهاسازی کفشدوزک شش‌نقطه‌ای از نظر پتانسیل درجه حرارت، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه می‌باشند. دلایل آن می‌تواند قرارگیری این بخش‌ها در حد فاصل ارتفاعات و دشت تعلق گردد که موجب تشدید اختلاف فشار و ایجاد جریان‌های هوایی از کوه به دشت و برعکس می‌شود. همچنین نزدیک به ۶۰ درصد از مناطق استان کاملاً نامناسب و نامناسب برای رهاسازی کفشدوزک شناخته شدند که از دلایل آن می‌توان به درجه حرارت بسیار بالا و نبودن تغذیه کافی اشاره نمود. شکل ۴ اولویت‌بندی بخش‌های مختلف منطقه مطالعاتی را از نظر تناسب برای رهاسازی کفشدوزک شش نقطه‌ای نشان می‌دهد. زارع خورمیزی کفشدوزک شش نقطه‌ای را برای اولین بار در استان یزد از دهستان خورمیز با مختصات جغرافیایی $31^{\circ}31'N$ و $54^{\circ}25'97.0''E$ از روی شته خالدار یونجه *Therioaphis maculata* Buckton گزارش کرده‌اند که با نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر برای رهاسازی مطابقت دارد (Zare Khormizi 2011).

جدول ۱. مقیاس کمی و کیفی مورد استفاده جهت مقایسه

زوجی معیارها در روش AHP

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

The amount of Score	The importance compared two by two
1	Same preferences ¹
2	The same or relatively little ²
3	Relatively little ³
4	Relatively to strong preference ⁴
5	Strong preference ⁵
6	Strong to very Strong preference ⁶
7	Very Strong preference ⁷
8	So much so infinitely preferable ⁸
9	Infinitely preferable ⁹

۱- ترجیح یکسان، ۲- یکسان یا نسبتاً مرجح، ۳- نسبتاً مرجح، ۴- نسبتاً تا قویاً مرجح، ۵- قویاً تا بسیار قوی، ۶- قویاً تا بسیار قوی، ۷- مرجح ترجیح بسیار قوی، ۸- بسیار تا بی‌اندازه مرجح، ۹- بی‌اندازه مرجح

مقایسه زوجی کلاس‌های شیب و معیارهای پنج‌گانه

اصلی به همراه وزن‌های نهایی استخراج شده از نرم‌افزار ExpertChoice در جدول ۲ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که به دلیل فراوانی جدول‌های وزن کلاس‌های هر معیار و تشابه موضوعی این جداول از نمایش جداول مقایسه زوجی همه این معیارها خودداری به‌عمل آمد. با توجه به پژوهش حاضر ارتفاع نقش مؤثری در مناسب بودن زیستگاه برای کفشدوزک شش نقطه‌ای دارد. وزن نهایی ارتفاع حاصل از AHP برابر با ۰/۰۳۸ است. مقایسه بین فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش نشان می‌دهد درجه حرارت با وزن نهایی ۰/۵۴۱ مهم‌ترین فاکتور تأثیرگذار در رهاسازی این کفشدوزک می‌باشد. میزان تغذیه، رطوبت، بارندگی و ارتفاع به ترتیب در رده‌های بعدی اهمیت قرار دارند.

دماهای مورد استفاده در جداول مطابق دماهای مورد استفاده برای انجام مراحل آزمایشگاهی در نظر گرفته شد (Fatemi and Samih 2015). وزن‌های به‌دست آمده از مدل AHP در محیط GIS در هر یک از پنج لایه ضرب شده و همراه با آن تلفیق لایه‌ها صورت گرفت. سپس نقشه نهایی به‌صورت رستری حاصل گردید و نتایج در شکل‌های

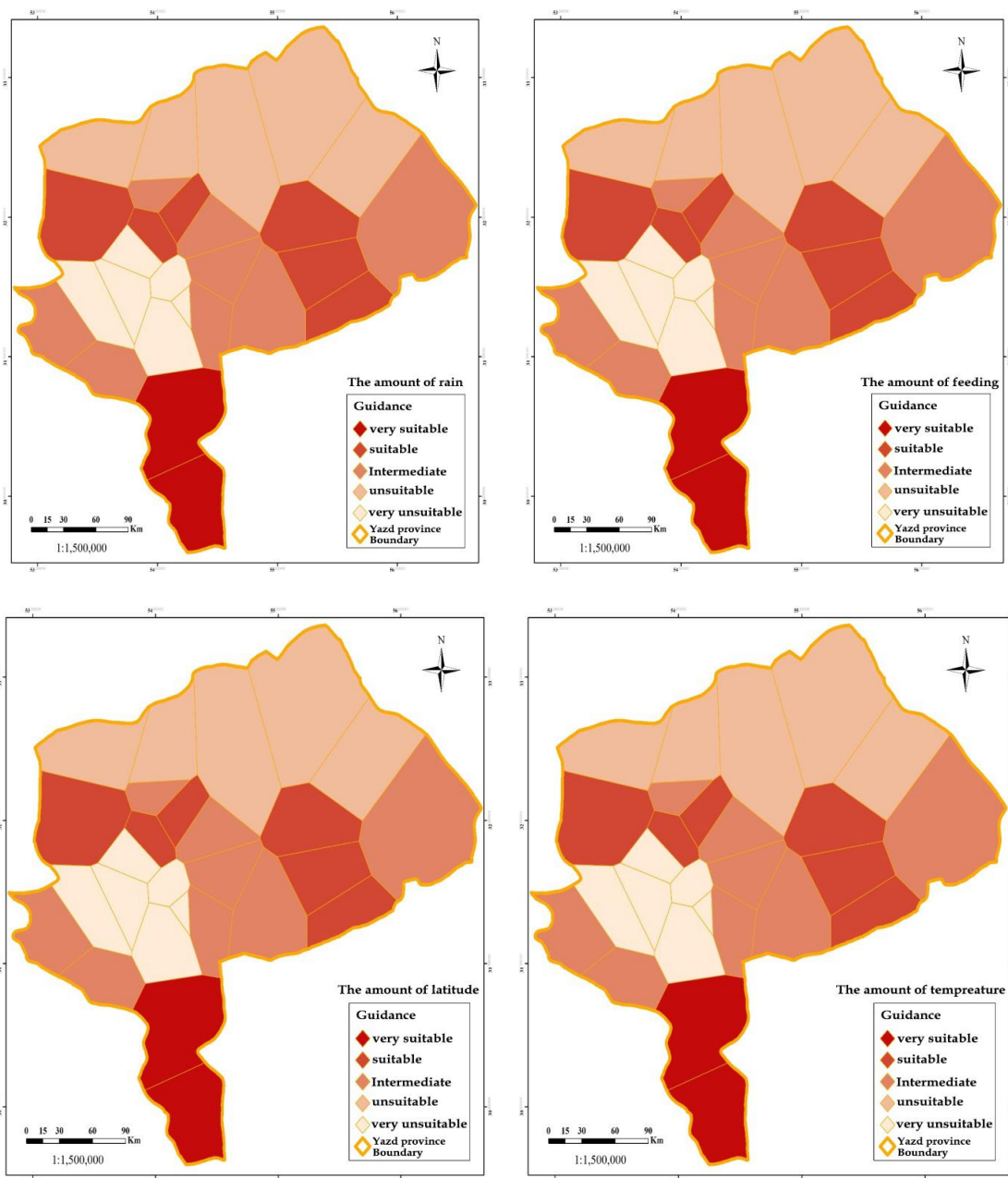
جدول ۲. مقایسه زوجی معیارهای اصلی و وزن استاندارد شده آنها در AHP

Table 2. Comparison of test criteria and standardized weight in AHP

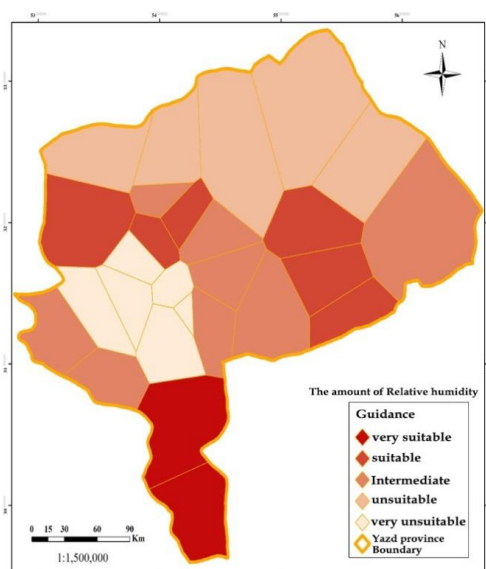
Factor	Temperature	Feed rate	Humidity rate	Rainfall	Height	The final weight
Temperature	1					0.541
Feed rate		1				0.219
Humidity rate			1			0.147
Rainfall				1		0.058
Height					1	0.038

جدول ۳. مساحت کلاس‌ها بر حسب کیلومتر مربع و درصد در دو مدل مورد استفاده
 Table 3. Area in square kilometers and the percentage of classes in two models

Classes	Area (%)	Area (Hektar)
Very good	17.05	1254850
Good	17.75	1304813
Average	5.42	399148
Unsuitable	13.98	1028572
Very Unsuitable	45.8	3368709
Sum	100	7356192

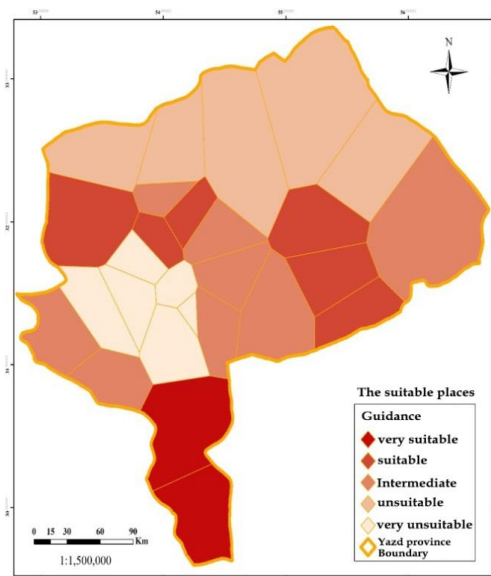


شکل ۲. نقشه‌های حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر میزان تغذیه، بارش، دما و ارتفاع
 Figure 2. Maps of the study areas suitable in terms of nutrition, precipitation, temperature and altitude



شکل ۳. نقشه‌های نهایی حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر معیارهای مورد نظر

Figure 3. The final maps of the study areas appropriate measures to



شکل ۴. نقشه‌های حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر رطوبت نسبی

Figure 4. Maps of the study areas suitable for relative humidity

فعالیت‌های بدنی به دمای محیط وابسته است. اگرچه برخی از حشرات مثل زنبورها یا شب‌پره‌ها می‌توانند دمای ماهیچه‌های پروازیشان را با حرکت‌های سریع قبل از پرواز افزایش دهند، اما متابولیسم پایه بدن آنها تحت تأثیر دمای محیط قرار دارد، برای مثال، هر چه دما بیشتر باشد، واکنش‌های متابولیکی سریع‌تر انجام می‌گیرد. شته سبز انار در اوایل بهار به‌خصوص در نیمه دوم فروردین و نیمه اول اردیبهشت به‌وفور در کلنی‌های پرتراکم مشاهده می‌شوند. با افزایش درجه حرارت

مفیدی و همکاران تنوع زیستی ملخ‌های شاخک کوتاه استان اردبیل و هرمزگان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد عرض جغرافیایی بیشتر باعث کاهش شاخص تنوع زیستی می‌شود در منطقه‌ای با عرض جغرافیایی کمتر، متناسب با کاهش ارتفاع، غنای گونه‌ای افزایش می‌یابد درحالی‌که این روند در منطقه‌ای با عرض جغرافیایی بیشتر برعکس است و غنای گونه‌ای با کاهش ارتفاع کاهش یافت (Mofidi-Neyestanak *et al.* 2012). تمام فرایندها در حشرات مثل رشد و نمو یا

بین ۶۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا نشان می‌دهند. بی‌شک تفسیر علت این مشاهدات بسیار پیچیده است و به این منظور به داده‌های خرد اقلیم‌ها و مقدار رویش گیاهان سبز نیاز داریم. شرایط آب و هوایی می‌تواند بر تنوع گونه‌های حشرات تأثیر بگذارد. در فنلاند کوکی و همکاران نشان دادند که افزایش تنوع گونه‌های زنبورهای تخم‌ریز ارهای (Hymenoptera: Symphyta) برخلاف عرض جغرافیایی است، از این‌رو غنای گونه‌های آن در شمال بیشتر از جنوب بوده است (Kouki *et al.* 1994). ممکن است تأثیر باران بر حشرات مستقیم یا غیرمستقیم باشد. باران سنگین و شدید ممکن است شته‌ها را به زیر برگ‌های گیاه میزبان براند یا سوسک‌ها و سن‌ها با توفان‌های تندی شدید از بین بروند. کمبود باران نیز موجب قحطی و مرگ می‌شود. باران بر رطوبت نیز تأثیر می‌گذارد و همراه با دما و باد شرایط اقلیمی ویژه‌ای را در منطقه به‌وجود می‌آورد. فراوانی حشره نیز به تغییرات فصلی و مقدار بارش وابسته است. برخی حشرات در فصل‌های خشک فراوان‌ترند، در حالی‌که برخی دیگر فقط فصول بارانی را ترجیح می‌دهند، از بارندگی‌های طولانی مدت در کنیا برای پیش‌بینی اندازه و شیوع جمعیت پروانه برگ‌خوار چغندر (*Spodoptera exempta* (walker)) استفاده می‌شود و مشاهده شده که شیوع جمعیت هر ۶ تا ۸ ماه یک‌بار همزمان با تقارن باران با آغاز فصل رشد این حشره رخ می‌دهد. با توجه به مطالعات در این زمینه و شرایط محلی منطقه دما و تغذیه از تأثیرگذارترین و با اهمیت‌ترین عوامل جهت تعیین مکان‌های مناسب برای رهاسازی کفشدوزک تعیین شد. نتایج این پژوهش برای انجام روش‌های کنترل در زمان مناسب در قالب مدیریت تلفیقی کاربرد فراوانی خواهد داشت.

سپاسگزاری

از کوشش‌های بی‌دریغ آقای ابویی اشکذری کارشناس ارشد GIS برای کمک در تجزیه و تحلیل داده‌ای این پژوهش و آقای دکتر اردوان کمالی عضو هیئت علمی گروه علوم خاک دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان و متخصص زمین آمار برای مرور مطالب و ارائه نقطه نظرات سودمندشان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

محیط و کاهش رطوبت نسبی هوا که در مناطق کویری معمولاً سریع و طی چند روز اتفاق می‌افتد از تراکم جمعیت شته‌ها به‌سرعت کاسته می‌شود به همین دلیل تا حدود نیمه اردیبهشت کلنی‌های بسیاری از شته انار روی اندام‌های سبز درختان انار به‌خصوص پاجوش‌ها دیده می‌شوند. ولی در اواخر اردیبهشت تنها آثار کلنی‌ها بر روی شاخه‌ها باقیمانده و پیدا کردن کلنی‌های فعال شته در این زمان معمولاً به جستجوی زیادی نیاز دارد. کوتاه‌ترین دوره نسل شته انار در شرایط مساعد طبیعی و حداکثر زادوولد بین ۶ تا ۸ روز می‌باشد. در طول دوره گرم سال شته انار به‌صورت حشره کامل بال‌دار و بدون بال در حالت رکود در پناهگاه‌های مختلفی مشاهده می‌شود. متوسط دما و رطوبت نسبی برای فعالیت تولیدمثلی کفشدوزک زیگزاگی شش لکه‌ای به ترتیب $31/7 \pm 0/5$ درجه سلسیوس و $4/3 \pm 53/1$ است (Maisin 1997). فاطمی و سمیع در مطالعه تأثیر شش دمای ثابت $17/5$ ، 20 ، $22/5$ ، 25 ، $27/5$ و 30 درجه سلسیوس بر دوره رشد این کفشدوزک با تغذیه از شته سبز انار *Aphis punicae* (Hem.:Aphididae) دمای بهینه برای رشد این کفشدوزک را 25 تا $27/5$ درجه سلسیوس گزارش کردند (Fatemi and Samih 2015). نتایج آزمایش‌های راج نشان داد این کفشدوزک با دما و رطوبت بعدازظهر دارای رابطه عکس است. رشد و نمو در حشرات در محدوده مشخصی از دما انجام می‌گیرد (Raj 1991). به دلیل خونسرد بودن حشرات از میان عوامل محیطی درجه حرارت بیش‌ترین تأثیر را در نرخ رشد حشرات دارد (Pedigo 1999). وزن نهایی بالای درجه حرارت در این پژوهش بیانگر اهمیت زیاد آن می‌باشد. ارتفاع در کشاورزی مؤثر است. این قاعده کلی که با افزایش ارتفاع امکان کشاورزی با مشکل مواجه می‌شود در اینجا نیز صادق است. همچنین نوع گیاهان نیز روی تراکم کفشدوزک‌ها مؤثر است (Iperti 1978). ممکن است در یک قالب منطقه‌ای، با وجود ثابت بودن ناهمگنی، فراوانی یا ابعاد زیستگاه، تنوع گونه‌های حشرات تفاوت‌هایی نشان دهد. این گوناگونی تحت تأثیر عوامل طبیعی مانند طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع قرار می‌گیرد که مسئول ایجاد فعل و انفعالات اقلیمی‌اند. جوامع نیم‌بالپوشان بیش‌ترین تنوع گونه‌ای را در ارتفاعات

REFERENCES

- Aboi Ashkezari A, Fatemi Dehaj SS, Samih MA, Ramezani I** (2013a) Distribution of greenhouse cucumber root knot nematode *Meloidogyne javanica* in Yazd using GIS and its impact on the consumption of calcium fertilizers. The sixth congress of the Agricultural Research Findings, 15-16 May, the University of Kurdistan, Iran. 172-177. (in Persian)
- Aboi Ashkezari A, Fatemi Dehaj SS, Samih MA, Ramezani I** (2013b) Use nearest neighbor method and the K Rayply the distribution pattern spider mite *Tetranychus urticae* in greenhouse cucumber. The sixth congress of the agricultural research findings, 15-16 May, the University of Kurdistan, Iran. 178-186. (in Persian)
- Agarwala BK, Yasuda H** (2000) Competitive ability of ladybird predators of aphids a review of *Cheilomenes sexmaculata* Fabricus (Col.: Coccinellidae) with a worldwide checklist of preys. Journal of the Aphidology 14: 1-20.
- Bennui A, Pattanamane P, Puetpaiboon U, Phukpattaranon P, Chetpattananondh K** (2007) Site selection for large wind turbine using GIS. PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment. 10-11 May. Prince of Songkla University, Faculty of Engineering Hat Yai, Songkhla, Thailand. 561-566.
- Çimren E, Çatay B, Budak E** (2007) Development of a machine tool selection system using AHP. International Journal of Advanced Manufacturing Technology 35: 363-376.
- Fatemi Ss, Samih MA** (2015) Effect of temperature on some biological parameters of *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) by feeding on pomegranate green aphid, *Aphis punicae* Pass. Journal of Applied Research in Plant Protection 4(1): 67-81
- Harmon JE, Anderson SJ** (2003) The design and implementation of geographic information systems. 272 PP.
- Hill MJ, 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.
- Huxhold WE** (1991) An introduction to urban geographic information systems New York, Oxford University Press.
- Iperti G** (1978) Coincidence spatial des coccinellid et des puceron. Annales de Zoologie Ecologie Animale 10: 373-75.
- Kouki J, Niemela P, Viitasaari M** (1994) Reversed latitudinal gradient in species richness of sawflies (Hym: Symphyta). Annali Zoologici Fennici 31: 83-88
- Lashkari M, Sahragard A, Manzari Sh, Hosseini R, Erfanfar D** (2013) Niche modeling of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hem.: Psyllidae). Plant Pests Research 3 (1) : 45-58. (in Persian)
- Latifian M, SoleymanNejadian E** (2009) Study of the Lesser moth *Batrachedra amydraula* (Lep.: Batrachedridae) distribution based on geostatistical models in Khuzestan province. Journal of Entomological Research 1(1): 43-55
- Omkarprasad V, Sushil K** (2004) Analytic hierarchy process: An overview of applications, European Journal of Operational Research 169: 1-29
- Oppenheim N** (1980) Applied models in urban and regional problems analysis. Prentice-Hall, Political Science, 356 pages. (Translate: Tabibian M (2000) Tehran University.)
- Maisin, N.** (1997) Reproductive morphology and behaviour of *Menochilus sexmaculatus* Fabricius. (Col.: Coccinellidae) Master of Science Thesis. Department of Biology. University of Putra Malaysia.
- Mofidi-Neyestanak M, Karimzadeh J, Taghizadeh M, Askari-Seyahooei M** (2012) A preliminary study on the biodiversity of Acridinae (Orthoptera) in Ardebil and Hormozgan provinces, Iran. 20th Iranian Plant Protection Congress, 25–28 August. 229.
- Pahnai L** (2013) Using Geographic Information System (GIS) to study the spatial distribution of eggs and larvae *Lobesia botrana* in the city-province of East Azerbaijan Horand. M. Sc., Department of plant protection, College of Agriculture, Maraghe, Iran. (in Persian)
- 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)
- Pedigo LP** (1999) Entomology and pest management. Prentice Hall. USA, 691.
- Raj BT** (1991) Seasonal abundance of natural enemies of aphids infesting potato crop. Journal of Aphidology 3: 157-161.
- Rezvani A** (2004) Aphids of trees and shrubs of Iran. Plant Pests and Diseases Research Institute pp, 270. (in Persian)
- Saaty TL** (1997) That is not the analytic hierarchy process: What the AHP is and what it is not., Journal of Multicriteria Decision Analysis. 6: 324-335.
- Shakeri M, Daneshvar M** (2004) Conference report on the achievements and problems of management Carob, *Ectomyeloides ceratoniae*. Research Center for Agriculture and Natural Resources of Yazd, p. 13. (in Persian)
- Zare Khormizi M** (2011) study the faunistic of lady beetles (*Coleoptera, Coccinellidae*) was studied in Mehriz region (Yazd province). M. Sc., Department of Entomology, Fars Science and Research Branch, Islamic Azad University, Fars Province. (in Persian)