

## مقاله علمی پژوهشی

**شناسایی مناطق تحت مخاطره مینوز گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) در استان یزد با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی**

سعیده السادات فاطمی\*، داود محمدی و ناصر عیوضیان کاری

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: saeideh.fatemi@yahoo.com

## چکیده

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، (*Tuta absoluta* (Meyrick)) یکی از مهم‌ترین آفات گوجه‌فرنگی در استان یزد می‌باشد. پیش‌بینی نوسانات جمعیت عوامل خسارت‌زای گیاهی یکی از جنبه‌های کلیدی برنامه‌های مدیریت آفات می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی در تعیین زیستگاه‌های فعلی و زیستگاه‌های مناسب برای آفات عملکرد بسیار موفقی دارد. در این بررسی مکان‌یابی مناطق پرخطر از نظر شیوع مینوز گوجه‌فرنگی بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و با استفاده از نرم‌افزارهای ArcMap و ArcCatalog انجام شد و زیر نرم‌افزار Arc GIS برای ایجاد پایگاه داده‌های مکانی و تحلیل جغرافیایی مناطق استفاده شد. پردازش و تحلیل داده‌ها با توجه به پراسنجه‌های ارتفاع، دما، بارندگی، میزبان‌های گیاهی و رطوبت انجام شد. در بین عوامل مورد بررسی، دما با وزن نهایی ۰/۴۳۱ مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در ایجاد شرایط بهینه برای زیست و شیوع آفت تشخیص داده شد. سطح زیر کشت، رطوبت، ارتفاع و بارندگی به ترتیب با وزن نهایی ۰/۱۰۷، ۰/۳۷۶ و ۰/۰۳۰ در رده‌های بعدی اهمیت قرار گرفتند. در این پژوهش شهرستان‌های یزد، خاتم، بهاباد، اشکذر، ندوشن و رباط در نقشه نهایی، از جمله مناطق پرخطر برای شیوع و گسترش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی معرفی شدند. **واژه‌های کلیدی:** دما، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، سامانه اطلاعات جغرافیایی

**Risk assessment of tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) in Yazd province, using Geographic information systems**

Saeideh Sadat Fatemi\*, Davoud Mohammadi &amp; Naser Eivazian Kary

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahaid Madani University, Tabriz, Iran.

\* Corresponding author, E-mail: saeideh.fatemi@yahoo.com

**Abstract**

The tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) is one of the main pests of tomato in Yazd province. Successful prediction of population fluctuations is one of the key aspects of pest management programs. Geographic information systems have been successfully used to determine actual and potential distribution areas of the pests. High-risk areas of pest prevalence were determined based on the Analytic Hierarchy Process (AHP) model using ArcMap and ArcCatalog softwares, and Arc GIS sub-software was used to create spatial databases and geographical analysis of the regions. Parameters of altitude, rainfall, temperature, plant hosts and humidity were used to analyses of the effective factors on pest distribution. The results showed temperature by a final weight of 0.431 is the most important factor affects pattern of the pest distribution. The cultivated area, humidity, height and rainfall had a final weight of 0.376, 0.107, 0.056 and 0.030, respectively. The results showed Yazd, Khatam, Bahabad, Ashkzar, Nodooshan and Robat are high risk areas of the pest.

**Key words:** Temperature, Analytic Hierarchy Process, GIS

Received: 8 January 2021, Accepted: 8 May 2021.

## مقدمه

طبق برآوردهای صورت گرفته در صورت عدم به کارگیری روش‌های کنترل، ۸۰ الی ۱۰۰ درصد محصول گوجه‌فرنگی توسط آفت مینوز گوجه‌فرنگی از بین خواهد رفت (Desneux *et al.*, 2010). مینوز گوجه‌فرنگی اولین بار در آبان ۱۳۸۹ توسط سازمان حفظ نباتات ارومیه، در شمال غرب ایران، روی گوجه‌فرنگی‌های جمع‌آوری شده از ارومیه و آذربایجان شناسایی شد (Baniameri & Cheraghian, 2012). این آفت با سرعت به سایر نقاط ایران گسترش پیدا کرد. در مهر ماه سال ۹۰ از استان‌های زنجان، کرمان، یزد و سمنان، گزارش شد (Cheraghian & Javadi-Emamzadeh, 2013). لاروهای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی هر چند به اندام‌های مختلف گیاه شامل برگ، ساقه و میوه در تمام مراحل رشدی گیاه خسارت می‌زنند، ولی برگ و ساقه را ترجیح می‌دهند و توده‌های کوچکی از فضولات در محل سوراخ ورودی لارو یافت می‌شود. بیشترین علائم مشخص آن، دالان‌های لکه تاولی روی برگ‌ها است. درون این دالان‌های لاروی توده‌های سیاه فضولات دیده می‌شوند. در آلودگی‌های زیاد، برگ‌ها به طور کامل پژمرده و خسارت دالان‌های ایجاد شده روی گیاه سبب بدشکلی می‌شود. همچنین خسارت روی میوه، زمینه را برای ورود قارچ‌های بیماری‌زا فراهم می‌کند و در نتیجه میوه‌ها پیش از برداشت پوسیده می‌شوند (Azimi *et al.*, 2011).

امروزه به کارگیری روش‌های مختلف برای پیش‌آگاهی در مورد ظهور و طغیان جمعیت عوامل خسارت‌زای گیاهی از جمله موارد مهم در مدیریت تلفیقی آفات می‌باشد. سامانه اطلاعات جغرافیایی در تشخیص و تعیین مکان‌های فعلی و زیستگاه‌های مناسب به عنوان زیستگاه آفات بسیار موفق عمل کرده است و می‌تواند به‌عنوان یک منبع قابل اتکاء عمل کند (Fatemi *et al.*, 2018). برای کنترل آفات و بیماری‌ها نیاز به آمادگی قبلی و الگوی از پیش تعیین شده برای یکپارچگی و گردش اطلاعات، سازماندهی، تصمیم‌گیری، برنامه‌ریزی و هماهنگی می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی، اطلاعات یکپارچه، درست و به موقع را فراهم می‌کند که مهم‌ترین بخش از هر برنامه مدیریتی می‌باشد و بدون در دست داشتن مدل‌های پیش‌بینی، پیش‌آگاهی و ردیابی، وقوع اشتباه در کاربرد روش‌های کنترل بسیار محتمل است (Oppenheim, 1980).

از دیرباز تغییرات مکانی آفات مورد توجه آفت‌شناسان بوده و امروزه نیز چگونگی دستیابی به اطلاعات کمی و دقیق این تغییرات به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های زیستی آفات و میزان آلودگی گیاه میزبان به‌عنوان جزئی از محیط زیست، چالش‌های نوینی را فراروی متخصصین گیاه‌پزشکی قرار داده است (Latifian, 2011). در این تحقیق مزارع شیوع بیماری تحت نظارت قرار گرفته و با به کارگیری دستگاه تعیین موقعیت جهانی (GPS)، مختصات هر نمونه ثبت شد، این نقشه‌برداری دقیق از بیماری و تجزیه و تحلیل فضایی، اجازه درک درستی از توزیع جغرافیایی بیماری و کنترل مؤثر را فراهم آورد. در پژوهشی دیگر (Everitt *et al.*, 2003) برای تشخیص و نقشه‌برداری از هجوم حشرات، سه نمونه از برنامه‌های تصویربرداری هوایی و ویدئوگرافی، GPS، و فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای آشکارسازی، نظارت و نقشه‌برداری هجوم حشرات در کشاورزی، جنگل‌داری و مراتع ارائه شد. در استان کردستان با استفاده از پراسنجه‌های اقلیمی و فنولوژیکی گندم و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، هم‌پوشانی نقشه‌های مورد نیاز در کشت گندم دیم طبقه‌بندی شد (Bazigar, 2000). علیچانی و همکاران در تحقیقی نواحی مستعد کشت زرشک در استان خراسان جنوبی را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از عناصر اقلیمی دما، بارش و رطوبت نسبی روزانه ۱۸ سال آماری استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقه مورد مطالعه، مساحت زمین‌های مستعد کشت زرشک، بسیار

بیشتر از مساحت کشت موجود است و بیشتر زمین‌های مستعد در نواحی مرکزی، شمالی، شمال غربی و قسمت‌های شمال شرقی استان قرار دارند (Alijani & Friens, 2006). تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی این امکان را فراهم می‌آورد تا برنامه‌ریزان و کارشناسان با شناسایی مناطق مستعد توسعه آفات مختلف نسبت به مدیریت اصولی و کاهش خسارات آنها اقدام نمایند.

در تحقیق حاضر، با توجه به ضرورت کاهش خسارات ناشی از آفت مینوز گوجه‌فرنگی تلاش شد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مناطق مستعد پراکنش این آفت، شناسایی و سپس الگوی مکانی گسترش آن ترسیم شود. نتایج این تحقیق و تحقیقات مشابه آتی می‌تواند برای شناسایی مناطق شیوع آفت و برنامه‌ریزی برای کاهش خسارات و جلوگیری از گسترش موثر باشد. برای این منظور روش‌های تحقیقاتی متنوعی وجود دارد. یکی از این روش‌ها که کاربردهای فراوانی دارد، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است که یک ابزار کمکی برای تصمیم‌گیری چند معیاره (Multiple Criteria Decision Making = MCDM) می‌باشد. این روش پیچیدگی‌های ناشی از تأثیر عوامل مختلف بر مسئله را با تمرکز مرحله به مرحله بر این عوامل و سپس ترکیب کردن نتایج این بررسی‌ها حل می‌کند (Saati et al., 2007). فرایند تحلیل سلسله مراتبی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است، زیرا این فناوری امکان فرموله کردن مسأله را به صورت سلسله مراتبی فراهم می‌کند و همچنین امکان در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی را در مسأله دارد. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داده و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد، علاوه بر این مبنای مقایسه زوجی بنا نهاده شده، که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌نماید. طبق این مقیاس عنصری که وزن بالایی را دریافت می‌کند در مقایسه با عنصر دیگری که نرخ پایینی را دریافت کرده، برتر (یا جذاب‌تر) می‌باشد. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی ابتدا عناصر به صورت زوجی مقایسه شده و ماتریس مقایسه‌ی زوجی تشکیل می‌گردد، سپس با استفاده از این ماتریس وزن نسبی عناصر محاسبه می‌گردد (Mahboob, 2012).

تاکنون از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین پراکنش و مکان‌سنجی عوامل جانوری زیان‌آور و مفید در کشاورزی استفاده شده است. کریجینگ مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش درون‌یابی است که بر پایه مدل‌ها و روابط آماری پایه‌ریزی شده است. لایه رستری تولید شده از این روش، سطحی بسیار دقیق را نمایش می‌دهد این روش به طور کلی تخمین زمین‌آماری فرایندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقطه‌ای معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به دست آورد. روش کریجینگ بر اساس میانگین متحرک وزن‌دار (Weighted Moving Average) بوده و می‌توان آن را بهترین تخمین‌گر خطی خواند (Maleki Gonadishi, 2008). روش کریجینگ، که یکی از روش‌های برآورد در ابعاد بالا با استفاده از اطلاعات نمونه است به تازگی مورد توجه واقع شده است. در مطالعات مختلف، بهینه‌سازی تقریبی با استفاده از برآورد کریجینگ گزارش شده است. دلهم از اولین کسانی بود که روش کریجینگ را در زمینه درون‌یابی مکانی و محاسبه میانگین منطقه‌ای به کار برد (Delhomme, 1978). از این روش برای انتخاب بهینه موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی ثبات در سطح ایران استفاده شده است (Ghahraman & Sepaskhah, 2001). تاکنون از سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تعیین پراکنش و مکان‌سنجی عوامل جانوری 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). تأثیر پوشش گیاهی مناطق مجاور تاکستان‌های شهرستان هوراند بر تراکم جمعیت و نحوه توزیع فضایی تخم‌ها و لاروهای کرم خوشه خوار انگور *Lobesia botrana* (Denis and Schiffermüller) با استفاده از سیستم اطلاعات

جغرافیایی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نقشه‌های پراکنش و مناطق پر خطر نشان دهنده معنی‌داری پراکنش زمانی و مکانی جمعیت و تاثیر پوشش گیاهی بر تراکم جمعیت و درصد بالای آلودگی در حواشی تاکستان‌ها بود (Panahi, 2013).

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

از نظر موقعیت جغرافیایی، استان یزد در 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 و در برگیرنده نامناسب‌ترین عوامل طبیعی غالب بر فلات مرکزی ایران است. از نظر پستی و بلندی این استان دارای تنوع است و ارتفاع نقاط مختلف آن متفاوت و از حدود ۶۶۰ متر از سطح دریای آزاد (در اطراف کویر ریگ زرین) تا ۴۰۵۵ متر (شیرکوه) تغییر می‌کند. بلندترین نقطه یعنی شیرکوه در جنوب غربی یزد قرار دارد که از نظر اقلیمی نیز بر منطقه تأثیر می‌گذارد و وجود این بلندی‌ها، استان را از نظر ژئومورفولوژیکی تنوع بخشیده و علیرغم کویری بودن، مناطق بیابانی قابل ملاحظه‌ای در بلندی‌های استان وجود دارند (Anonymous, 2007).

### معیارهای انتخابی برای پهنه‌بندی مناطق بالقوه

مهم‌ترین عوامل اقلیمی تاثیرگذار در رشد و نمو، زادآوری و افزایش جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی بررسی شد و داده‌های مربوطه در بانک سامانه اطلاعات جغرافیایی وارد شد. ایستگاه‌های هوا و اقلیم‌شناسی (۲۷ ایستگاه) استان یزد به‌عنوان نقاط قابل تعمیم به کل استان در نظر گرفته شد. از عناصر دما، کمینه دما، بیشینه دما، میانگین دما، رطوبت نسبی، بارش و ارتفاع از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۸ استفاده شد. همچنین برای به دست آوردن نتایج مطمئن‌تر، آمار ۱۳ ایستگاه دیگر منطقه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین اطلاعات مراحل فنولوژی میزبان‌های مینوز گوجه‌فرنگی و همچنین سطح زیر کشت این محصولات در استان و به تفکیک در شهرستان‌ها از سازمان جهاد کشاورزی استان یزد دریافت شد. استفاده از نظرات افراد خبره، بررسی منابع موجود و مشابه و همچنین در نظر گرفتن شرایط استان یزد، در وزن‌دهی معیارها نقش مهمی را ایفا کرد. هر معیار نسبت به معیارهای دیگر به صورت دو دویی مورد مقایسه قرار گرفته و وزن‌دهی شدند، همچنین هر معیار به طبقات مختلف تقسیم‌بندی شد. در این روش ابتدا عناصر هر سطح نسبت به 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 (Hill & Braaten, 2005). برای وزن‌دهی، ابتدا از روش فرایند سلسله مراتبی AHP استفاده شده و بعد از مشخص شدن وزن هر کدام از معیارها و زیر معیارها، از نرم افزار Expert Choice برای بررسی درجه اهمیت و رجحان معیارها نسبت به یکدیگر استفاده شد. به کارگیری مقایسات زوج 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). پردازش و تحلیل داده‌ها در این پژوهش با توجه به پراسنجه‌های دما، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و سطح زیر کشت 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 شد. سپس مدل AHP بر روی وزن‌های ورودی اعمال شد و وزن هر یک از معیارهای پنج‌گانه و کلاس‌های آن‌ها از

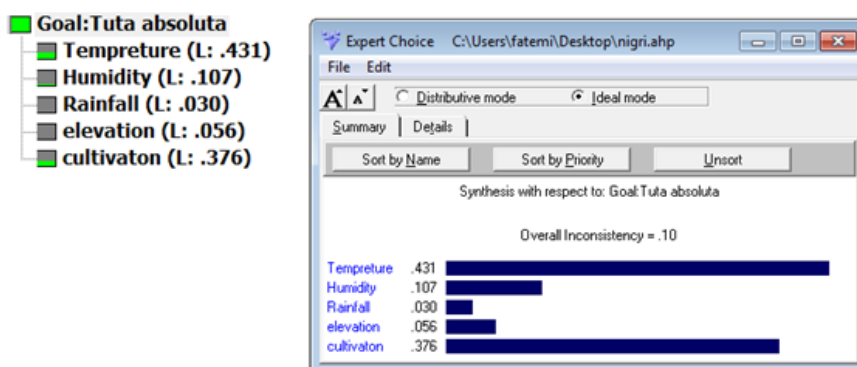
نرم افزار ذکر شده استخراج شد. در نهایت نقشه هر یک از معیارها بر اساس وزن‌های بدست آمده در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد.

### تجزیه داده‌ها

از نرم افزار ArcMap10.1، ArcCatalog و زیرنرم‌افزارهای Arc GIS برای تشکیل پایگاه داده مکانی و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به مناطق شیوع استفاده شد. همچنین از نرم افزار Expert Choice 11 برای تعیین وزن فاکتورهای موثر استفاده شد.

## نتایج و بحث

وزن‌های نهایی استخراج شده از نرم افزار Expert Choice در شکل ۱ نشان داده شده است. وزن‌های نهایی به‌دست آمده از مدل AHP در محیط نرم افزاری ArcGIS در هر یک از پنج لایه ضرب شده و سپس تلفیق لایه صورت گرفت. نقشه هر یک از معیارها بصورت جداگانه (شکل‌های ۲ الی ۶) و همچنین نقشه نهایی (شکل ۷) حاصل از فرایندهای فوق بعد از کلاس‌بندی به‌صورت رستری حاصل شد. مقایسه بین فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش نشان داد، دما با وزن نهایی ۰/۴۳۱ مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در ایجاد شرایط بهینه برای زیست و شیوع آفت می‌باشد. سطح زیر کشت با وزن نهایی ۰/۳۷۶، رطوبت با وزن نهایی ۰/۱۰۷، ارتفاع با وزن نهایی ۰/۰۵۶ و بارندگی با وزن نهایی ۰/۰۳۰ به‌ترتیب در رده‌های بعدی اهمیت قرار دارند (شکل ۱). نقشه نهایی (شکل ۷)، نشان می‌دهد استان یزد در برابر شیوع آفت مینوز گوجه‌فرنگی بسیار آسیب‌پذیر بوده و لزوم اطلاع‌رسانی و آگاهی بخشی به مزرعه‌داران و گلخانه‌داران در این مناطق را مشخص می‌نماید. میزان شیوع این آفت در نواحی حاشیه‌ای استان بسیار بالا بوده و بیانگر این مطلب است که نادیده گرفتن روش‌های قرنطینه‌ای قبل از ورود این آفت به استان، با توجه به سازگاری زیست‌محیطی منطقه، باعث پراکنش بالای این حشره در استان شده است.



شکل ۱- ارزش عوامل مؤثر روی پراکنش مینوز گوجه‌فرنگی در استان یزد در نرم افزار Expert Choice

Fig. 1. Value of effective factors in the distribution of *Tuta absoluta* in Yazd province based on Expert Choice software

در دهه‌های اخیر دانشمندان و متخصصان اقلیم‌شناسی و علوم کشاورزی تحقیقات گسترده‌ای را در زمینه اقلیم کشاورزی انجام داده و با ارائه روش‌های مختلف سعی در شناسایی و تبیین ارتباط عناصر و عوامل اقلیمی با کشت و مراحل رشد و نمو محصولات داشته‌اند. شهرستان یزد در مرکز استان یزد واقع شده و از شمال به شهرستان

اردکان، از شرق به بافق، از جنوب به مهریز و تفت و از غرب به شهرستان صدوق منتهی می‌شود. شهرستان یزد (با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و خشک) به طور کامل در منطقه خشک اقلیمی قرار گرفته است. سامانه و شرایط آب و هوایی موجود و حاکم بر این منطقه از جمله نوسانات شدید دما، تبخیر شدید، بارش بسیار کم و نامنظم، پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی و تغییر شدید در کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی، نامساعد بودن اراضی به خصوص شوری خاک و فقر پوشش گیاهی و بالا رفتن میزان آسیب‌های ناشی از فرسایش از یک طرف و دخالت‌های ویران‌گر و استفاده‌های ناهماهنگ از پوشش گیاهی از طرف دیگر سبب تخریب و انهدام پوشش گیاهی در یزد شده است (Anonymous, 2007). امروزه نقش اقلیم در بخش کشاورزی، از طریق توزیع جغرافیایی محصول بر اساس شرایط اقلیمی، به منظور پیشگیری از آسیب‌های احتمالی بروز سرما و یخبندان، طوفان، خشکسالی و یا کاهش آب بر هیچ کس پوشیده نیست. خسارات ناشی از عناصر اقلیمی بر روی محصولات زراعی به دلیل عدم تناسب نوع محصول با شرایط محیطی، قابل توجه است. تمامی محصولات زراعی از نظر ویژگی‌های بیولوژیکی و نیازهای محیطی با یکدیگر متفاوتند، این در حالی است که خصوصیات طبیعی و محیطی زمین از یک منطقه به منطقه دیگر نیز دارای تغییرات شدید است. در حقیقت بدون درک صحیحی از وضعیت اقلیم، کشاورزی در آن ناحیه، اقتصادی نخواهد بود (Dastjerdi, 2011). استان یزد در اقلیم گرم و خشک قرار دارد، شهرستان‌های یزد، خاتم، بهاباد، اشکذر، ندوشن و رباط در نقشه نهایی از جمله مناطق پرخطر معرفی شدند. این مناطق به دلیل سطح کشت بالای گیاهان میزبان از جمله مناطق دارای امکان خطر بالای شیوع برای حمله شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی و ایجاد خسارت در سطح بالا می‌باشد. شهرستان یزد با سطح زیرکشت ۱۱۵ هکتار گوجه-فرنگی، بالاترین میزان را در بین مناطق مختلف استان یزد دارا می‌باشد. همچنین از نظر سطح زیر کشت سایر محصولات میزبان شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی (بادمجان، لوبیا و سیب‌زمینی) بعد از شهرستان ابرکوه بالاترین میزان را دارد. از نظر شرایط اقلیمی نیز وضعیت کشاورزی در این شهرستان مطلوب نیست و امکان بهره‌برداری از آب‌های سطحی در کشاورزی بسیار کم است. عوامل اقلیمی شامل؛ بارندگی، نور، دما و باد است که در بین آن‌ها عامل دما نقش بسیار مهمی در تولیدات کشاورزی ایفا می‌کند. دما مهم‌ترین عامل در تعیین الگوی کشت در مقیاس جهانی است (Dashtakian & Dehghan Tafti, 2007). بنابراین شرایط نامناسب و سخت کشاورزی، به همراه بالاترین سطح زیر کشت (شکل ۴) محصولات میزبان باعث شده است که شهرستان یزد در زمره مناطق با شیوع بالا و ایجاد خسارت توسط آفت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی قرار گیرد (شکل ۷). شهرستان خاتم سطح زیرکشت تا حدودی بالا (۱۹۱ هکتار) از نظر گیاهان میزبان شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی دارد و در رده مناطق پرخطر قرار دارد. در نقشه نهایی (شکل ۷) به دست آمده مناطق کم‌خطر، شامل مناطقی از استان یزد می‌باشد که از نظر وزن معیار دما، نسبت به سایر مناطق ارزش کمتری داشته است (شکل ۲). بخش عمده شهرستان خاتم زیر پوشش جنگلی قرار دارد. جنگل‌های پسته وحشی و جنگل‌های بادام کوهی از جمله پوشش گیاهی این منطقه به‌شمار می‌روند. این شهرستان در جنوبی‌ترین نقطه استان یزد و حد فاصل استان‌های فارس و کرمان و با ارتفاع ۱۶۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. این شهرستان مهم‌ترین قطب کشاورزی استان یزد محسوب می‌شود. بیشترین میانگین در این شهرستان‌ها متعلق به کشت محصولات باغی مانند انار، گردو و سایر درختان سردسیری می‌باشد. در پژوهش حاضر این منطقه در گروه مناطق پرخطر قرار گرفته است، در پژوهش فاطمی و همکاران شهرستان خاتم به‌عنوان منطقه مناسب برای رهاسازی کفشدوزک (*O. conglobata contaminata* (Menteries) تعیین شد (Fatemi et al., 2018). تفت با مجموع ۳۹ هکتار سطح زیر کشت و مهریز با ۱۶ هکتار سطح زیر کشت، کمترین میزان میزبان‌های گیاهی را دارا می‌باشد (شکل ۳). از نظر دما شهرستان‌هایی که دارای بالاترین ارزش وزن‌دهی دما بوده در گروه

مناطق پرخطر پراکنش حشره قرار گرفته‌اند (شکل ۲) که این به دلیل ایجاد شرایط رشد بهینه برای شب‌پره مینوز می‌باشد. بسته به شرایط محیطی، این آفت در هر سال می‌تواند تا ۱۲ نسل تولید کند. مدت زمان هر نسل به شرایط محیطی بستگی دارد. به طور میانگین یک نسل این آفت در دماهای ۱۴، ۱۹/۷، ۲۷/۱ درجه سلسیوس به ترتیب در حدود ۷۶/۳، ۳۹/۸ و ۲۳/۸ روز می‌باشد. آستانه دمایی برایش در ۱۴، ۱۹/۷ و ۲۷/۱ درجه سلسیوس به ترتیب در حدود ۶/۹، ۷/۶ و ۹/۲ درجه سلسیوس و به طور کلی میانگین آستانه دمایی برای کلیه مراحل در حدود ۸/۱ درجه سلسیوس تخمین زده شده است (Desneux, 2010). در پژوهش حاضر بالاترین وزن دما در شهرستان‌های خاتم، بهاباد و اشکذر (۰/۴۳۱) و کمترین وزن در شهرستان‌های نیر و تفت (۰/۰۴۳) مشاهده شد (شکل ۲). شهرستان مهریز با ارزش وزنی برابر با ۰/۲۱۶ از نظر معیار دما در جایگاه حد واسط مناطق مورد مطالعه قرار گرفت. مادامی که غذای کافی در اختیار لاروها باشد، این حشرات وارد دیابوز نمی‌شوند و در شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای این آفت در تمام طول سال فعال است (Desneux, 2010). در بررسی امکان‌سنجی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک *O. conglobate contaminata* با تغذیه از *A. punicae* Parsserini در استان یزد، دما و پوشش گیاهی به عنوان فاکتورهای اصلی و تاثیرگذار بدست آمدند (Fatemi et al., 2018). در این پژوهش ۳۲/۷۴ درصد از مناطق استان کاملاً مناسب و مناسب تعیین شدند و همچنین ۵۹/۷۷ درصد کاملاً نامناسب و نامناسب تعیین شدند که با بررسی نقشه های بدست آمده از عوامل مختلف، دما و پوشش گیاهی از تاثیرگذارترین آنها محسوب شدند. پژوهشی جهت بررسی امکان‌سنجی مناطق مناسب رهاسازی کفشدوزک *Menochilus sexmaculatus* (Fabricius) با تغذیه از *Aphis punicae* در استان یزد انجام شد، در پژوهش انجام گرفته، دما و پوشش گیاهی به عنوان عوامل اصلی و تاثیرگذار بودند و بالاترین وزن را (به ترتیب ۰/۵۴۱ و ۰/۲۱۹) به خود اختصاص دادند (Fatemi & Samih, 2017)، در پژوهش حاضر نیز دما و سطح کشت گیاهان میزبان (به ترتیب ۰/۴۳۱ و ۰/۳۷۶) به عنوان عوامل تاثیرگذار به دست آمد (شکل ۱). همچنین در پژوهش فوق نزدیک به ۳۵ درصد استان یزد کاملاً مناسب و مناسب و نزدیک به ۶۰ درصد کاملاً نامناسب و نامناسب تعیین شدند. قسمت‌هایی از شهرستان‌های مهریز، تفت و ابرکوه کاملاً مناسب و مناسب تعیین شدند که نشان می‌دهد گونه‌های مختلف دارای ترجیحات زیستگاهی متفاوتی هستند که مرتبط با دما، پوشش گیاهی و سایر عوامل زیست‌محیطی می‌باشد. در بررسی مناطق پراکنش کفشدوزک *Exochomus nigripennis* (Erichson) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در استان یزد، نزدیک به ۲۶/۹۴ درصد از مناطق استان کاملاً مناسب و مناسب برای رهاسازی کفشدوزک *E. nigripennis* از نظر پتانسیل دما، میزان رطوبت، میزان بارندگی، ارتفاع و میزان تغذیه می‌باشند، بر همین اساس دما با وزن نهایی ۰/۵۲۹ مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در رهاسازی کفشدوزک می‌باشد، همچنین نزدیک به ۴۷/۳۸ درصد از مناطق استان کاملاً نامناسب و نامناسب برای رهاسازی کفشدوزک فوق شناخته شدند که از دلایل آن می‌توان به دما بسیار بالا و نبودن تغذیه کافی اشاره نمود (Ronagh Ardakani, 2021).

مروست (جنوب شهرستان خاتم)، عقدا (غرب شهرستان اردکان) و اردکان، میبد در گروه مناطق با شیوع متوسط قرار گرفتند (شکل ۷). هوای گرم در روز به طرف بالا صعود می‌کند و هوای سرد در شب‌های صاف اگر زمین مسطح باشد، در همان جا جمع می‌شود ولی اگر زمین شیب‌دار باشد، این هوای سرد چون سنگین‌تر از هوای گرم می‌باشد، در اثر وزن خود در جهت شیب به اراضی پست جریان پیدا می‌کند ولی در دامنه‌ها جریان برعکس است. از یک طرف در اثر شیب، هوای سرد و سنگین ناشی از تشعشع را به اراضی پست می‌فرستند و از طرف دیگر هوای گرم بالا آمده از اراضی پست مجاور در این محدوده جمع می‌شوند و بدان جهت است که باغات و مزارع واقع در دامنه‌ها از سرمازدگی در امان هستند ولی آن‌هایی که در اراضی پایین‌تر قرار دارند صدمه

می‌بینند (Tavakoli *et al.*, 2006) در ارتفاعات خرائق تا بافق در میانه استان، ندوشن در غرب، نای بند در شرق و ارتفاعات دیهوک، بن لخت و باجگون نسبت به ارتفاعات شیرکوه بر میزان متوسط دما افزوده شده و از میزان بارندگی کاسته می‌شود، پوشش این ارتفاعات اغلب نیمه متراکم و یا کم تراکم می‌باشد (Anonymous, 2007). در پژوهش حاضر مناطق ندوشن، بهاباد در شمال غربی بافق در نقشه نهایی به دست آمده، در گروه مناطق پرخطر با شیوع بالا قرار گرفته‌اند (شکل ۷). در مطالعه کشاورزی مروست جهت تعیین کشت مناسب (موردی پسته) با استفاده از عناصر مختلف اقلیمی در دوره آماری ۱۹۸۸-۲۰۰۵ مشخص شد که مروست نه تنها شرایط لازم اقلیمی و نیازهای آب و هوایی پسته را دارا بوده بلکه نسبت به دو منطقه کرمان و رفسنجان دارای شرایط مطلوب‌تری می‌باشد (Bafghizadeh, 2005).

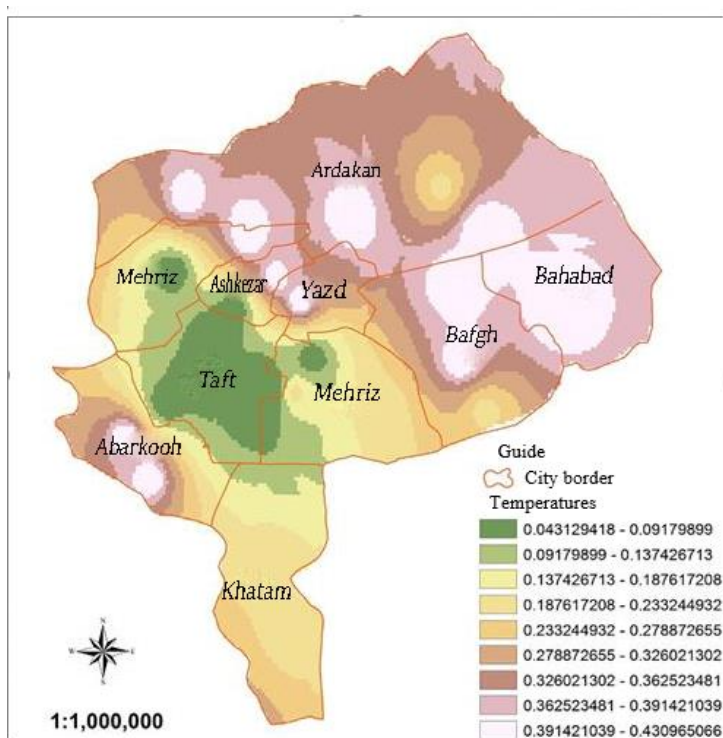
در پژوهش حاضر بدلیل تراکم کشت بالا، دما مناسب مروست (واقع در جنوب شهرستان خاتم) در زمره مناطق پرخطر قرار گرفته است (شکل ۲). شیرکوه در جنوب غرب استان، بعنوان مرتفع‌ترین بخش استان با قله شاخص ۴۰۷۵ متری شیرکوه باعث ایجاد جزیره‌ای اقلیمی در استان یزد شده است. این بخش پایین‌ترین دما و بیشترین میزان بارندگی در سطح استان را دارد. پوشش گیاهی در این ارتفاعات اغلب شامل نیمه متراکم و بندرت متراکم است (Anonymous, 2007). در محدوده ارتفاعات استان، نظیر ارتفاعات شیرکوه و خرائق به سبب استقرار رژیم اقلیمی نواحی کوهستانی، ریزش‌های جوی و رطوبت نسبی هوا نسبت به سایر مناطق استان بیشتر و دما هم در حد پایین‌تری قرار دارد. در نواحی جلگه‌ای و هموار استان که عموماً در معرض تابش شدید خورشید قرار داشته و اقلیم فراخشک و خشک در آن‌ها غلبه دارند، دمای هوا در حد بالایی بوده و همسانی ملموسی در رژیم دمایی این مناطق ملاحظه می‌شود (Mobin, 2010). در پژوهش حاضر بخش کوهستانی علی‌آباد، نصرآباد از توابع شهرستان تفت، تنگ چنار و خورمیز از توابع شهرستان مهریز در گروه مناطق با شیوع کم قرار می‌گیرند (شکل ۶و۷). همچنین ابراهیم‌آباد و خضرآباد از توابع شهرستان اشکذر نیز در این گروه قرار گرفتند. فقدان منابع رطوبتی مانند دریا، دریاچه در سطح استان، فقدان پوشش گیاهی قابل ملاحظه، وجود دشت‌ها و شوره زارهای کویری گسترده در مناطق وسیعی از استان و کمبود ریزش‌های جوی تقریباً تمام مناطق استان در تاثیر ترکیبی با یکدیگر موجب گردیده‌اند تا استان یزد به عنوان خشک‌ترین استان کشور مورد ارزیابی قرار گیرد (Mobin, 2010).

کویر کاراکال (بافق)، کویر سیاه کوه که در کنار کویرهای اردستان و زردین قرار دارد، کویر ریگ زرین (در روستای ساغند از توابع اردکان)، کویر دره انجیر (بافق) و کویر ابرکوه قسمت‌هایی هستند که در گروه مناطق کم خطر قرار گرفته‌اند، زیرا پوشش گیاهی داخل کویر بسیار فقیر می‌باشد، گیاهان شورپسندی مثل گز و اشنان در حاشیه کویر دیده می‌شوند بنابراین میزان مناسب برای شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی وجود ندارد و لذا خطری این منطقه را تهدید نمی‌کند (شکل ۷). ارتفاعات حلوان تا حسینی در شمال استان، ساغند و دره انجیر در میانه و اعلا در شمال غرب ابرکوه است، که این گروه شامل کم ارتفاع‌ترین ارتفاعات استان بوده و تاثیرات ناچیزی را بر اقلیم محدوده استان دارد. پوشش گیاهی این محدوده را اغلب مراتع فقیر و کم تراکم تشکیل می‌دهد (شکل ۶) (Anonymous, 2007).

اطلاعات آب و هوایی مربوط به نقطه‌ها (ایستگاه‌های هواشناسی) همیشه معرف تمام مناطق کشاورزی نیستند، روش‌های ردیابی با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با زمین آمار (ژئواستاتستیک) که شامل شبکه بندی ردیابی مناطق پیوسته از نظر شرایط بوم شناسی کشاورزی می‌باشد، به بهبود زنجیره تصمیم‌گیری کمک می‌کند (Gommes, 1996). ارزیابی خطر احتمال شیوع آفت و تهیه نقشه‌های الگویی منطقه‌ای، در مناطق کشاورزی می‌تواند منجر به ارائه راهکارهای مناسبی از جمله ایجاد پست‌های قرنطینه، بازدیدهای مستمر، عدم کشت گیاهان

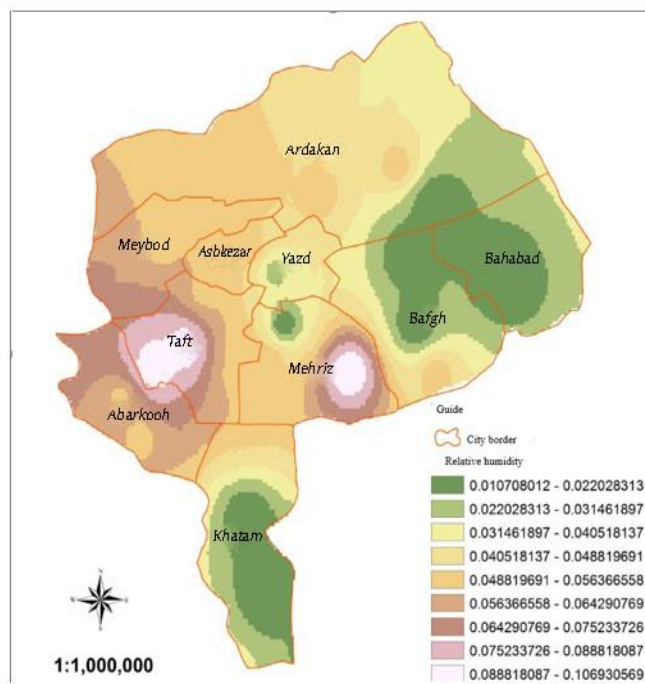


میزبان در طی سال‌های شیوع، استفاده از راهکارهای مهار زیستی و شیمیایی در زمان مناسب، معدوم سازی بقایای گیاهی ناشی از کشت‌های فصول قبل و غیره شود. یکی از خصوصیات مشترک علوم محیطی ماهیت داده‌های آن‌ها است. اغلب ویژگی‌های محیطی دارای پراکنشی پیوسته در مکان بوده و از سوی دیگر نمونه‌برداری و اندازه‌گیری آن‌ها در تمامی نقاط واقع در محدوده مطالعاتی غیر ممکن است. بدین ترتیب جهت توصیف و نمایش تغییرات مکانی متغیرهای مورد نظر، مقادیر آن‌ها را می‌توان در نقاطی که نمونه‌برداری نشده‌اند، با در نظر گرفتن اطلاعات موجود از محل‌های نمونه‌برداری شده برآورد نمود. تغییرات مکانی شدت آسیب آفات، به‌عنوان یکی از متغیرهای محیطی، عبارت از تغییر در یک خصوصیت آفت به‌عنوان تابعی از موقعیت جغرافیایی است. علاوه بر تغییرات مکانی، بسیاری از خصوصیات شیوع آفات دارای تغییرات زمانی نیز می‌باشند، اگر چه بعضی از خصوصیات شیوع آفات گیاهی دارای ماهیتی نسبتاً ثابت است، لیکن پویایی در مکان و زمان به‌عنوان یک ویژگی آفات گیاهی شناخته شده است (Latifian, 2001). با توجه به مطالعات در این زمینه و شرایط محلی منطقه، دما و سطح زیر کشت گیاهان میزبان از تأثیرگذارترین و با اهمیت‌ترین عوامل جهت تعیین مکان‌های با شیوع بالا تعیین شد. نتایج این پژوهش می‌تواند برای انجام روش‌های کنترل در زمان مناسب، آموزش و فرهنگ‌سازی و ارائه روش‌های پیش‌گیرانه کاربرد فراوانی داشته باشد.



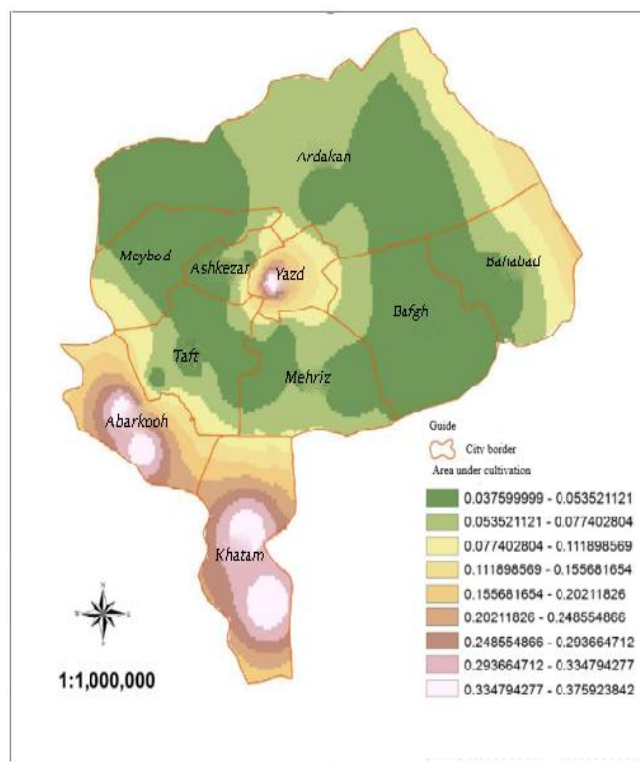
شکل ۲- نقشه حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر دما

Fig. 2. The Maps resulting from studying the areas, suitable according to the temperature



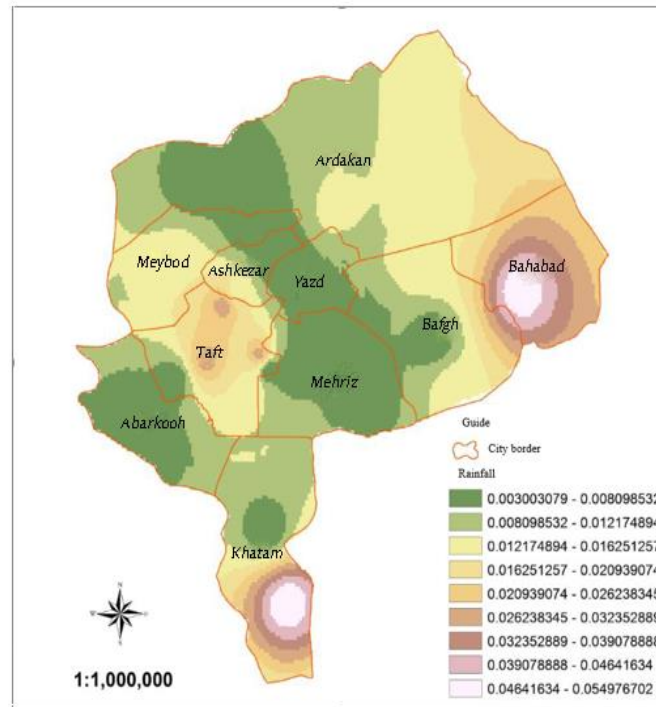
شکل ۳- نقشه حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر رطوبت

Fig. 3. The Maps resulting from studying the areas, suitable according to the humidity



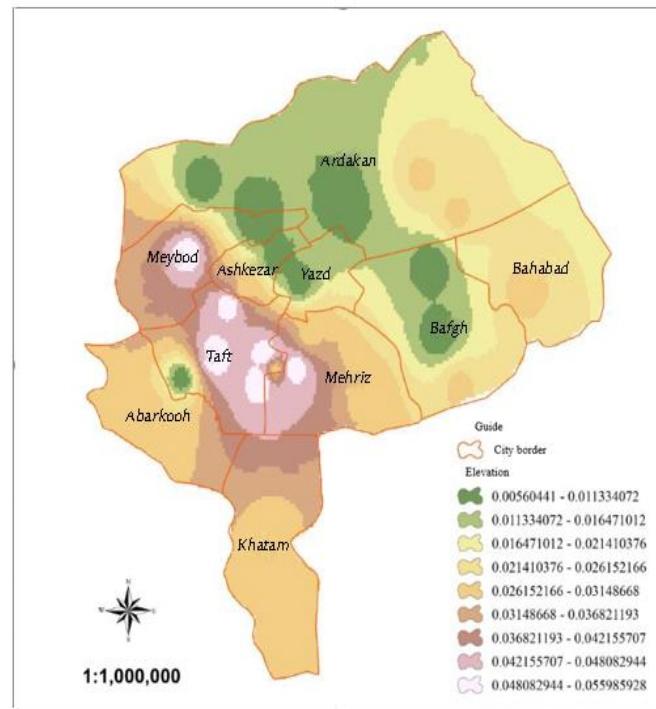
شکل ۴- نقشه حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر سطح زیرکشت

Fig. 4. The Maps resulting from studying the areas, suitable according to the cultivation



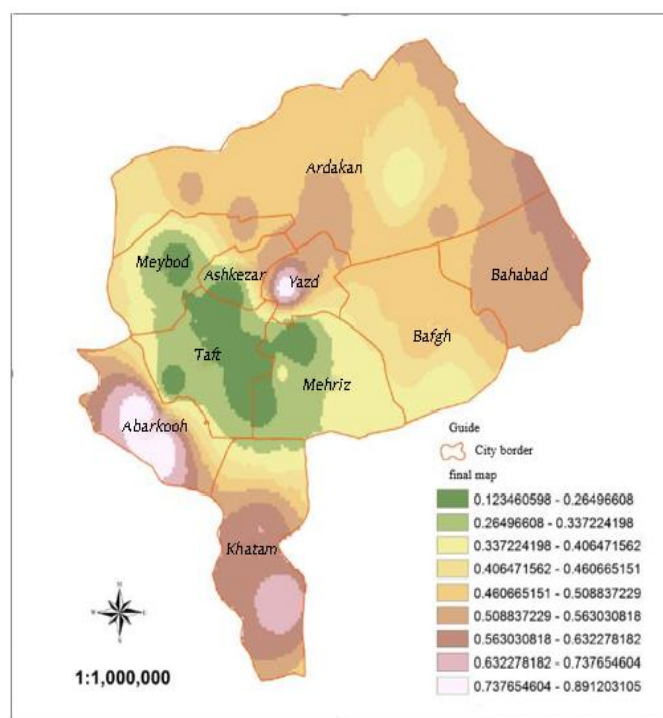
شکل ۵- نقشه حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر بارندگی

Fig. 5. The Maps resulting from studying the areas, suitable according to the rainfall



شکل ۶- نقشه حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر ارتفاع

Fig. 6. The Maps resulting from studying the areas, suitable according to the elevation



شکل ۷- نقشه‌های نهایی حاصل از بررسی مناطق مناسب از نظر معیارهای مورد نظر

Fig. 7. Final maps of distribution areas in terms of desired criteria

## References

- Abol Ashkezari, A., Fatemi, 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. *The sixth congress of the Agricultural Research Findings*, 15-16 May, The University of Kurdistan, Iran. 172-177. [In Persian].
- Alijani, B. & Friends, R.** (2006) Determining areas prone to barberry cultivation in South Khorasan province using GIS. *Journal of Geography and Development* 4, 13-33. [In Persian].
- Anonymous.** (2007) Yazd Province Planning projection, Analysis of Natural Resources and Environment, Hamoon One Company, Yazd Province Management and Planning Organization. [In Persian].
- Azimi, A. Omidbakhsh, M. Mozaffari, M. Hassani, M.** (2011) Instructions for tracking, identifying and controlling Tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) Povolny. *Agricultural Extension Management* 377, 3-6.
- Bafghizadeh, M.** (2005) Study of Marvast agricultural climate to determine suitable cultivation (case of pistachio), M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Branch. [In Persian].

- Baniameri, V. & Cheraghian, A.** (2012) The first report and control strategies of *Tuta absoluta* in Iran. *EPPO bulletin* 42(2), 322-324.
- Bazgir, S.** (2000) Investigation of Climatic Potential of Dryland Wheat Cultivation (A Case Study of Kurdistan Province). M.Sc. thesis on Agricultural Meteorology, Faculty of Agriculture, University of Tehran. 100 pp. [In Persian].
- Cheraghian, A. & Javadi-Emamzadeh, P.** (2013) Report of Tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran* 33, 87-88. [In Persian with English summary].
- Cimren, E., Catay, E. & Budak, E.** (2007) Development of a machine tool selection system using AHP. *The International Journal of Advanced Manufacturing Tehnology* 35(3), 363-76.
- Dashtakian, K. & Dehghan Tafti, M.** (2007) Survey of land surface temperature in relation to vegetation and urban development using Remote Sensing and Geographic Information Systems in desert areas, Case study: Yazd-Ashkzar region. *Journal of Research and Construction* 20 (4), 169-179.
- Dastjerdi, F.** (2011) Study and analysis of the effect of climate on pomegranate crop in Yazd. M.Sc. thesis on Natural Geography Climatic, Department of Geography, Faculty of Humanities, Yazd University. 108 pp. [In Persian].
- Delhomme, J. P.** (1978) Kriging in the Hydrosociences. *Journal of Advances in Water Resources* 1(5), 251-266.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, G. A. K, Burgio, G., Arpaia, S., Narvaez-Vasquez, C. A., Gonzalez-Cabrera, J., Ruesscas, C. D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. & Urbaneja, A.** (2010) Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science* 83, 197-215.
- Everitt, J. H., Escobar, D. E. & Davis, M. R.** (2003) Application of Remote Sensing and Spatial Information Technologies for Detecting and Mapping Insect Infestations, *Journal of Subtropical Plant Science* 55, 59-67.
- 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 Geographic Information Systems in Yazd province. *Journal of Biological control of pests and plant diseases* 6(1), 1-10. [In Persian with English summary].
- 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 with English summary].
- Ghahraman, B. & Sepaskhah, A. R.** (2001) Autographic Rainage Network Design For Iran by Kriging. *Iranian Journal of Science and Technology* 25(B4), 653-660.

- Gommes, R.** (1996) Crops, weather and satellites: interfacing in the jungle. In: *Proceedings of COST 77 Workshop on the Use of Remote Sensing Techniques in Agricultural Meteorology Practice*. Budapest, 19–20 September 1995. EU Directorate-General Science, Research and Development. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities. 289 pages.
- 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.
- Latifian, M.** (2001) *Models used in integrated pest management*. Research Institute of Tropical Dates and Fruits. 25pp. [In Persian].
- Latifian M.** (2011) *Biology of Insect Population*. Publications of the Research Institute of Tropical Dates and Fruits. 25 pp. [In Persian].
- Mahboob, F.** (2012) Study and comparison of weighting methods in AHP. M.Sc. thesis in Applied Mathematics (Operations Research), Faculty of Mathematics and Computer Science, Kharazmi University. 110 pp. [In Persian].
- Maleki Gonadishi, F.** (2008) Investigation of groundwater quality changes in Zarand plain using kriging method and GS+ software. M.Sc. Thesis in Water Structures in Department of Water Engineering Group. Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. 164 pp. [In Persian].
- Mobin, M. H.** (2010) Research project on the study and evaluation of natural phenomena attracting tourism (ecotourism) in Yazd province, Research Institute of Arid and Desert Areas. [In Persian].
- Oppenheim, N.** (1980) *Applied models in urban and regional problems analysis*. 1<sup>th</sup> ed Prentice-Hall publishing. 356 pp.
- 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. Thesis, Department of plant protection, College of Agriculture, Maragheh, Iran, 115 pp. [In Persian].
- Ronagh Ardakani, H.** (2021) Investigation of biological characteristics of *Exochomus nigripennis* by feeding on *Gossyparia spuria* in vitro and determining its distribution pattern using GIS in Yazd province. Ph.D. thesis on entomology, Faculty of Agricultural Science, Zabol University, 162 pp. [In Persian with English summary].
- Saati, S., Hatim Marbini A. & Makoei A.** (2007) Group decision making with the help of fuzzy TOPSIS. *Journal of Applied Mathematics* (Lahijan) 4(13), 21-344. [In Persian with English summary].
- Tavakoli, M., Bari. A. H., Froudi, M. & Golriz, B.** (2006) Forecast of Frost and Frost in Yazd Province, General Meteorological Office of Yazd Province, Applied Meteorological Fact Center. [In Persian].