پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۲ (۲): ۱۵۲–۱۴۳ (۱۴۰۲)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 12 (2): 143–152 (2023)-*Research Article*

https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.15651

کاربرد سه روش نزدیک‌ترین همسایه، تابع K رایپلی و روش کریجینگ در آشکارسازی الگوی پراکنش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* در شرایط گلخانه‌ای

سعیده السادات فاطمی، داود محمدی✉، ناصر عیوضیان کاری
گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران. ✉mohamadi@azaruniv.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۴/۰۳ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴

چکیده

شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی*Tuta absoluta*یکی از مهم‌ترین آفات گوجه‌فرنگی در استان یزد می‌باشد. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با اطلاعات یک‌پارچه، درست و به‌موقع که مهم‌ترین بخش از هر برنامه مدیریتی می‌باشد، می‌تواند بخش مهمی از چاره‌سازی برای مسایل مربوط به مدیریت آفات باشد. به‌منظور تعیین و ارزیابی الگوی پراکنش شب‌پره مینوز گوجه فرنگی یک گلخانه گوجه‌فرنگی به ابعاد یک هکتار در اطراف شهرستان یزد انتخاب شد. داده‌های مربوط به تراکم جمعیت شب‌پره مینوز گوجه فرنگی از طریق نمونه‌برداری تصادفی از سطح گلخانه به‌دست آمد. بر اساس نتایج روش نزدیک‌ترین همسایه، الگوی پراکنش در این جوامع در اوایل و اواسط کشت بصورت تجمعی و در آخر فصل بصورت یکنواخت بود. روش K رایپلی نیز نشان داد که الگوی پراکنش، در ابتدا و اواسط کشت تجمعی بوده که با افزایش فاصله به سمت پراکندگی بیشتر تمایل پیدا می‌کرد. این الگو در انتهای فصل کشت بصورت یکنواخت مشاهده شد. نتایج برآیند این دو روش نشان داد، این آفت در اوایل و اواسط فصل رشد، دارای توزیع تجمعی است، لذا امکان کنترل متناسب با مکان در گلخانه وجود دارد. نقشه توزیع مکانی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از طریق مدل کریجینگ در تمام نقاط گلخانه ترسیم شد.

کلمات کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، گلخانه، نمونه‌برداری، توزیع مکانی، مدیریت آفات

Using Nearest Neighbor, Ripley's K Function and Kriging methods to identify distribution pattern of tomato leafminer moth, *Tuta absoluta* in greenhouse conditions

Saeideh sadat Fatemi, Davoud Mohammadi✉, Naser Eivazian Kary

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz, Iran. ✉mohamadi@azaruniv.ac.ir

Received: 18 February 2022 Revised: 24 June 2022 Accepted: 25 June 2022

Abstract

Tuta absoluta is one of the most important tomato pests in Yazd province. Geographic Information System (GIS) with integrated, accurate and timely information, which is the most important part of any management program, can be used to solve pest management issues. In order to determine and evaluate the distribution pattern of tomato leaf miner, a 1-hectare tomato greenhouse was selected around Yazd city. Data on pest population density were obtained through random sampling from the greenhouse surface. Based on the results of the nearest neighbor method, the distribution pattern in these communities in the beginning and middle of the cultivation was cumulative and at the end of the season was uniform. The Ripley k method also showed that the dispersion pattern was cumulative at the beginning and middle of the culture, which tends to disperse more with increasing distance. This pattern was observed uniformly at the end of the growing season. As a result of these two methods, this pest has a cumulative distribution in the early and middle of the growing season, so it is possible to control it according to the location in the greenhouse. The spatial distribution map of the pest was drawn through Kriging model in all parts of the greenhouse.

Keywords: GIS, Greenhouse, Sampling, Spatial distribution, Pest management

How to cite:
Fatemi SA, Mohammadi D, Eivazian Kary N, 2023. Using nearest neighbor, ripley's k function and kriging methods to identify distribution pattern of Tomato Leafminer Moth, *Tuta absoluta* in greenhouse conditions. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (2): 143–152.

مقدمه

شب‌پره مینوز گوجه فرنگی با نام علمی *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.:Gelechiidae) یکی از آفات نسبتا جدید گیاهان تیره سولاناسه است که خصوصا به گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی خسارت بالایی بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد وارد می‌سازد و از نظر اقتصادی دارای اهمیت بالایی است (Pereyra & Sanchez 2006). شدت خسارت وارده توسط این شب‌پره به گونه و رقم‌های مختلف گیاه میزبان، شرایط آب و هوایی، تراکم آفت و طول دوره فعالیت آن بستگی دارد (Caparros *et al*. 2013). نوع پراکنش جمعیت‌ها علاوه بر آن‌که نوع برنامه نمونه‌برداری و روش تجزیه و تحلیل داده‌های جمعیتی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، در تخمین تراکم جمعیت‌ها نیز کاربرد دارد (Southwood 1978). همچنین این عامل در بررسی‌های اکولوژیکی، اطلاعات مهمی را در مورد زیست‌شناسی رفتاری حشرات فراهم می‌سازد که نتیجه اثرات متقابل بین افراد گونه و محیط زیست آن‌ها می‌باشد. تعیین زمان کنترل در مدیریت تلفیقی آفات نیازمند استفاده از روش مناسب نمونه‌برداری است (Hutchison *et al*. 1988). برای تعیین زمان کنترل آفات، ارایه روش‌های نمونه‌برداری سریع و دقیق مانند مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای برای پایش جمعیت در مزرعه و مقایسه آن با سطح زیان اقتصادی ضروری است (Ekbom 1985). 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). آگاهی از الگوی پراکنش آفات گیاهی در هر منطقه به منظور پیش‌بینی روند گسترش و توزیع فضایی جمعیت در نسل‌ها و فصل‌های مختلف از ضروریات و مقدمات عملیات مدیریت آفات به حساب می‌آید. الگوی پراکنش نشان دهنده موقعیت افراد یک جمعیت در محیط و نحوه آرایش آن‌ها نسبت به یکدیگر است (Dale 1999).

الگوی پراکنش فضایی افراد یک جمعیت در محیط، از مهم‌ترین ویژگی‌های اکولوژیکی آن جمعیت محسوب می‌شود و می‌تواند به‌عنوان شاخص در تمایز بین گونه‌ها در ارزیابی ریسک و مدیریت کنترل، مورد استفاده قرار گیرد (Taylor 1984). الگوی مکانی به‌صورت تصادفی یا غیرتصادفی است. الگوی غیرتصادفی خود به دو شکل یکنواخت و توده‌ای می‌باشد (Mitchell 2005; Wolf 2005; Wong 2005). در طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری، به‌ویژه نمونه‌برداری دنباله‌ای (Sequential sampling)، که به‌منظور کنترل یا مدیریت جمعیت آفات صورت می‌گیرند، تحلیل پراکنش فضایی از ارکان بسیار مهم تلقی می‌شود (Southwood 1978; Young & Young 1998). در مطالعات مختلف، الگوی مکانی را براساس شدت الگو (Sample Plot Indices) مورد بررسی قرار می‌دهند، مانند شاخص‌های قطعه نمونه، و یا براساس فواصل بین همه جفت نقاط موجود در عرصه مورد مطالعه، در مقیاس‌های مختلف (فواصل مختلف از هدف) تشریح می‌کنند (Wiegand & Moloney 2004). درون‌یابی مکانی شامل تخمین متغیرهایی مانند پراکندگی جمعیت مورد نظر، در نقاط نمونه‌برداری نشده با استفاده از داده‌های به‌دست آمده از نقاط نمونه‌برداری شده می‌باشد. به‌عبارتی یک روش درون‌یابی ایده‌آل قادر است تا با استفاده از اطلاعات مربوط به پراکندگی جمعیت در نقاط محدود نمونه‌برداری شده، تراکم حشره را در نقاط نمونه‌برداری نشده به درستی تخمین بزند (Shabaninejad & Tafaghodinia 2017a). از روش‌های درون‌یابی مورد استفاده در مطالعات حشره‌شناسی روش‌های کریجینگ (Kiriging) و شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network) را می‌توان نام برد (Shabaninejad & Tafaghodinia 2017a, b). روش کریجینگ بطور 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 بدست آورد (Maleki Gonadishi 2008).

هدف اصلی این پژوهش، تعیین پراکنش فضایی شب‌پره مینوز از طریق روش نزدیک‌ترین همسایه، الگوی K رایپلی و رسم الگوی پراکنش با روش کریجینگ می‌باشد. به‌دلیل اهمیت موضوع پراکنش فضایی و الگوی پراکنش فضایی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در مباحث مربوط به مدیریت این آفت و همچنین اهمیت نقشه پراکندگی در طول فصل رشد در گلخانه‌های استان یزد این موضوع مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مکان و روش نمونه‌برداری

استان یزد از نظر جایگاه سطح محصولات گلخانه‌ای در کشور با ۱۶/۵ درصد در رده سوم بعد از استان‌های تهران و کرمان قرار دارد. استان یزد با سطح کشت ۱۶۸/۵ هکتار و تولید ۵۴/۲۵۲ تن از جمله تولید کنندگان عمده محصول گوجه‌فرنگی در کشور می‌باشد (Anonymous 2019). به‌منظور انجام این پژوهش یک گلخانه گوجه‌فرنگی به ابعاد یک هکتار در اطراف شهرستان یزد

(دهستان فهرج، روستای ملاباشی) با مختصات ۳۱ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی انتخاب شد. در هر ردیف کاشت موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری بر اساس موقعیت جغرافیایی آن‌ها در تمام طول نمونه‌برداری ثابت در نظر گرفته شد. به منظور علامت‌گذاری موقعیت مکانی نقاط نمونه‌برداری پس از مشخص کردن جهت شمال زمین، نقطه‌ای در حاشیه جنوبی زمین به‌عنوان مبدا مختصات مشخص شد. مساحت اصلی به دو قطعه تقسیم شد که هر کدام ۰/۵ هکتار سطح داشتند. دو بخش فرعی به ۹ نوار ۴۰ متری تقسیم و در مجموع ۱۸ نقطه مشخص شد. در تمامی نقاط نمونه‌برداری یک بلوک ۲ × ۲ متر مربع انتخاب و درون آن تعداد ۴ بوته به‌صورت تصادفی به‌عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب و تعداد لاروهای موجود درقسمت‌های مختلف گیاه در طی مراحل رشد شمارش و ثبت شد. سپس به کمک نرم افزار ArcMap نقشه موقعیت مکانی آفت و الگوی پراکنش ترسیم شد.

روش تابع K رایپلی (Ripleys K Function)

این روش تعیین می‌کند که توزیع گونه‌ها تصادفی است یا خیر و نیز نوع الگوی پراکنش آن‌ها چگونه است (Nouri *et al.* 2014) این تابع بر اساس تعداد نمونه موجود در یک شعاع مشخص (r) به بررسی الگوی مکانی می‌پردازد (Akhavan *et al.* 2011) یعنی فواصل بین تمام جفت نقاط موجود در سطح مورد بررسی، اندازه‌گیری می‌شود و مبتنی بر واریانس تمام فواصل موجود میان نمونه‌ها در یک فضای دوبعدی است. تابع K رایپلی، کاربردی‌ترین روشی است که برای توصیف الگوی نقطه‌ای در مطالعات اکولوژیک استفاده می‌شود (Schiffers *et al.* 2008)، زیرا این تابع اطلاعات زیادی که مبتنی بر واریانس تمام فاصله‌های بلوک‌ها است را استفاده کرده و حتی می‌تواند مقیاس‌های مختلف الگوی مکانی و همچنین حالت تجمعی یا یکنواختی را تشخیص دهد. رابطه معمول Ripley's K-function به صورت رابطه یک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ripley 1976):

رابطه ۱

$$K\hat{}(d) = A\sum_i^n \sum_j^n w_{ijId}\,(i.j)/n^2$$

در رابطه فوق، A مساحت منطقه یا قطعه مورد بررسی، n تعداد بوته‌های مورد نظر یا همه گونه‌ها، d فاصله‌ای است که در مقیاس آن الگو تعیین می‌شود و w_{ijId} (i,j) تعداد بوته‌های آلوده در فاصله d از بوته های مورد نظر است. همچنین Id مجموع نقاط و w عامل وزن‌دهی است چون K(d) = πd است. K(d) تعداد مورد انتظار آفت مورد نظر در یک فاصله d از حشره دیگر است که به طور تصادفی انتخاب شده است. رابطه مورد استفاده در نرم افزارArcGIS که در قسمتArc Toolbox وجود دارد مطابق رابطه ۲ می‌باشد:

رابطه ۲

$$L(d) = \sqrt{\frac{A\sum_{r-1}^{N}\sum_{r-1}^{N} k(i.j)}{\pi N(N-1)}}$$

از نظر ریاضی این روش فرم تغییر یافته رابطه اصلی است که در آن میانگین فاصله مورد انتظار حاصل از مجموعه‌ای از نقاط که به طور تصادفی پراکنده شده‌اند با فاصله مورد مشاهده تطبیق داده می‌شود. در این رابطه N تعداد نقاط آلوده، A مساحت منطقه مورد مطالعه K(I,j) عامل وزن است که اگر فاصله بین دو بوته iو j کوچک‌تر یا مساوی d باشد برابر یک و اگر بیشتر باشد برابر صفر است (Hou *et al.* 2004). در این پژوهش برای حذف اثرهای حاشیه‌ای در روش دوم از رابطه مخصوصRipley (رابطه۳) استفاده گردید (Dixon 2002). روش‌های مونت کارلو در واقع پلات‌های زیادی با همان ابعاد عملی تولید نموده و با تعداد نمونه زیادتر تجزیه و تحلیل را انجام می‌دهند. پس از آنالیز اگر K(t)محاسبه شده از مقادیر اطمینان محاسبه شده بزرگ‌تر، مساوی یا کوچک‌تر باشد، الگو به ترتیب تجمعی، تصادفی یا یکنواخت خواهد بود (Camarero *et al.* 2000).

رابطه ۳

$$K\hat{}(t) = \lambda\hat{}^{-1}\sum_i\sum_{j\neq i} w\,(l_i.l_j)\frac{-1l(d_{ij}<t)}{N}/n^2$$

روش نزدیک‌ترین همسایه

در روش نزدیک‌ترین همسایه اگر شاخص محاسبه شده کمتر از یک باشد الگو تجمعی است، اگر بیشتر از یک باشد یکنواخت و اگر برابر یک باشد الگو تصادفی است (رابطه ۴). در این روش متوسط فاصله تک تک بوته‌ها تا نزدیک‌ترین همسایه‌شان اندازه‌گیری و به متوسط فاصله مورد انتظار که در حالت تصادفی وجود دارد، تقسیم می‌شود.

رابطه ۴

$$R = \frac{\overline{rA}}{\overline{rE}}$$

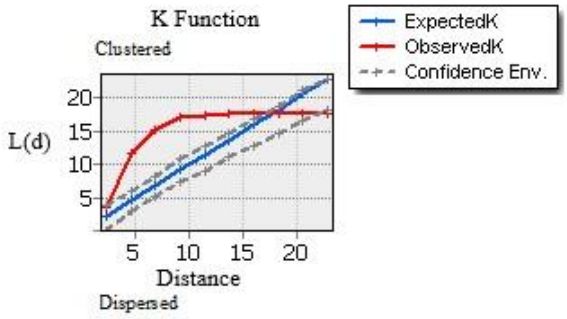
در رابطه فوق $\overline{rA}$: میانگین نزدیک‌ترین فاصله تا همسایه و $\overline{rE}$ فاصله مورد انتظار تا نزدیک‌ترین همسایه است (Krebs & Charles 2001).

تجزیه داده‌ها

بررسی نرمال بودن توزیع داده‌های مربوط به نمونه‌برداری به کمک نرم‌افزار SPSS 16 و با آزمون کولموگروف _ اسمیرنف، انجام شد. از نرم‌افزار ArcGIS برای تشکیل پایگاه داده مکانی و تجزیه و تحلیل‌های مربوط به مناطق شیوع و تعیین الگوی پراکنش استفاده شد.

نتایج و بحث

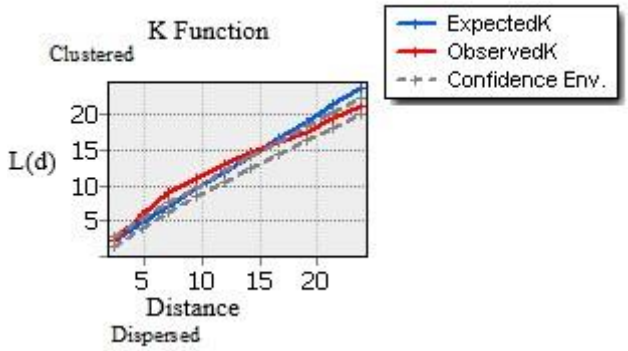
استفاده از تحلیل خوشه‌ای چند فاصله‌ای (Kolmogorov-Smirnov) در تحلیل الگوی مکانی به روش Ripley's K-function نشان داد که الگوی پراکنش بوته‌ها در نمونه‌برداری اول تجمعی بوده که با افزایش فاصله به سمت پراکندگی بیشتر تمایل پیدا می‌کند. در تابع K رایپلی چنانچه مقدار تابع محاسبه شده از مقادیر اطمینان مونت کارلو بزرگ‌تر، مساوی یا کوچک‌تر باشد الگوی مکانی گونه به‌ترتیب تجمعی، تصادفی یا یکنواخت خواهد بود. استفاده از این تابع نشان داد در مقیاس کمتر از ۱۵ متر تابع L(d) بالاتر از حدود مونت کارلو قرار دارد و بنابراین می‌توان بیان نمود که الگوی پراکنش این گونه در شعاع کمتر از ۱۵ متر، تجمعی می‌باشد. در فاصله‌های بیشتر از ۱۵ متر تابع L(d) در داخل محدوده مونت کارلو قرار دارد، از این‌رو برای فاصله‌های بیشتر از ۱۵ متر الگوی پراکنش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با الگوی پراکنش تصادفی اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۱).



شکل۱. منحنی ترسیم شده برای الگوی پراکنش به روشK رایپلی (ابتدای فصل کشت).

Figure 1. Drawn curve for the distribution pattern by K Ripley method (Beginning of growing season).

استفاده از این تابع در نمونه‌برداری اواسط فصل نشان داد الگوی پراکنش گونه در مقیاس کمتر از پنج متر تابع L(d) با الگوی پراکنش تصادفی اختلاف معنی‌داری ندارد و در داخل محدوده مونت کارلو قرار دارد. در مقیاس بین پنج تا ۱۵ متر بالاتر از حدود مونت کارلو قرار دارد و بنابراین می‌توان بیان نمود که الگوی پراکنش این گونه در این فاصله، تجمعی می‌باشد. در فاصله‌های بیشتر از ۱۵ متر تابع L(d) در داخل محدوده مونت کارلو قرار دارد، از این‌رو برای فاصله‌های بیشتر از ۱۵ متر الگوی پراکنش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی با الگوی پراکنش تصادفی اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۲).

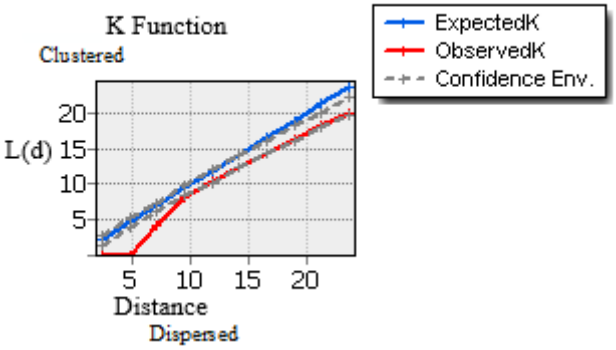


شکل۲. منحنی ترسیم شده برای الگوی پراکنش به روش رایپلی (اواسط فصل کشت).

Figure 2. Drawn curve for the distribution pattern by Ripley method (Mid-growing season).

تحلیل الگوی مکانی به روش رایپلی نشان داد که الگوی پراکنش بوته‌ها در اواخر فصل یکنواخت بوده که با افزایش فاصله به سمت پراکندگی بیشتر تمایل پیدا می‌کند (شکل ۳). بنابراین در طول فصل کشت الگوهای متفاوتی از پراکنش شب‌پره مینوز گوجه

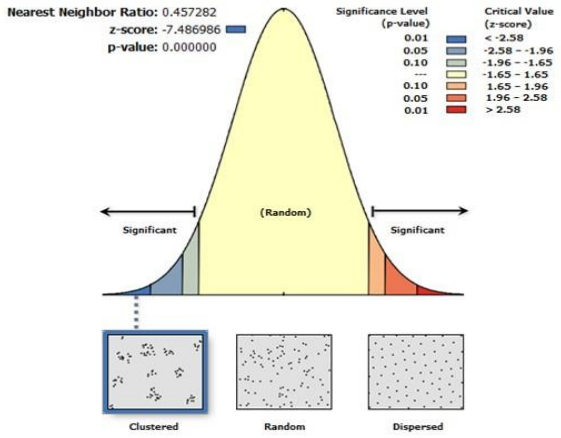
فرنگی در گلخانه مشاهده گردید.



شکل ۳. منحنی ترسیم شده برای الگوی پراکنش به روش رایپلی (اواخر فصل کشت).

Figure 3. Drawn curve for distribution pattern by Ripley method (end of growing season).

در مدیریت سنتی آفات و بیماری‌های گیاهی، تفاوت‌هایی که در مقیاس کوچک در مزارع وجود دارند نادیده گرفته می‌شود. در مدیریت مکان ویژه، در مزارع با استفاده از فناوری‌های مربوط به کشاورزی دقیق نظیر GPS، GIS و سنجش از دور جمعیت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در نقاط مختلف مزرعه در مقیاس کوچک مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفته و نقشه تراکم جمعیت هر کدام تهیه می‌شود. در این نقشه و در نقاطی که جمعیت آفت بالاتر از حد آستانه اقتصادی است مشخص می‌شود و کشاورز می‌تواند فقط در این نقاط ویژه آفت یا بیماری را کنترل نماید (Banderi *et al.* 2011). در پژوهش‌های متعددی که در مورد مدیریت مکان ویژه آفات مختلف انجام شده، به این نکته تاکید شده است که برای گیاهان با ارزش اقتصادی کم در طی فصل زراعی چنانچه نیاز به کاربرد یک‌بار آفت‌کش باشد، مدیریت مکان ویژه آفت مقرون به صرفه نیست. در یک پژوهش، Aboi Ashkezari *et al.* (2013) ۴۰ هکتار از گلخانه‌های یزد را به منظور تعیین و بررسی مدل پراکنش آفت کنه تار عنکبوتی *Tetranychus urticae* Koch انتخاب و در قالب ۱۵۰ کوادرات ۵۰ × ۵۰ مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج روش نزدیک‌ترین همسایه، الگوی پراکنش کنه‌ها در این جوامع پراکنده می‌باشد. در این پژوهش استفاده از روش k رایپلی نشان داده است که الگوی پراکنش، پراکنده و با افزایش فاصله پراکندگی بیشتر می‌شود. در پژوهش حاضر نمونه‌گیری اول با توجه به این‌که مقدار شاخص در روش نزدیک‌ترین همسایه (Nearest Neighbor Ratio) برابر با ۰/۴۵ (NNR = 0.45) بدست آمد، الگوی پراکنش به صورت تجمعی می‌باشد. مقدار Z برابر با ۷/۴۸- و مقدار p-value کمتر از ۰/۰۵ بود که نشان دهنده این است که الگوی فوق بصورت معنی‌داری با الگوی پراکنش تصادفی اختلاف دارد (شکل ۴). برای بررسی بیشتر، روش تابع K رایپلی مورد استفاده قرارگرفت که تایید کننده‌ی نتیجه فوق می‌باشد (شکل ۱).

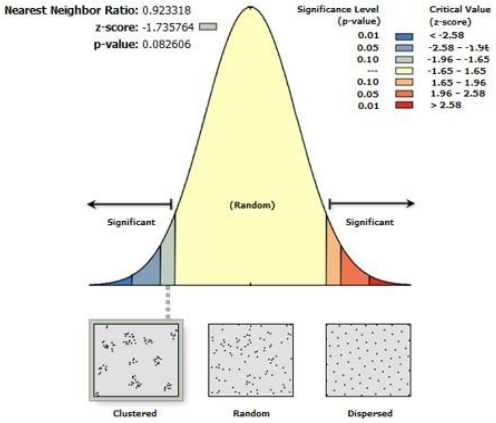


شکل ۴. نتیجه تجزیه و تحلیل الگوی پراکنش به روش نزدیک‌ترین همسایه در اوایل فصل رشد.

Figure 4. The result of the analysis of the distribution pattern by the nearest neighbor method at the beginning of the growing season.

در نمونه‌گیری دوم با توجه به این‌که مقدار شاخص در روش نزدیک‌ترین همسایه برابر با ۰/۹۲ بدست آمد، الگوی پراکنش

به‌صورت تجمعی می‌باشد. مقدار Z برابر با ۱/۷۳- و مقدار p-value کمتر از ۰/۰۵ بود که نشان دهنده این است که الگوی فوق بصورت معنی‌داری با الگوی پراکنش تصادفی اختلاف دارد (شکل ۵). استفاده از روش تابع K رایپلی نتیجه‌ی مشابهی در برداشت.



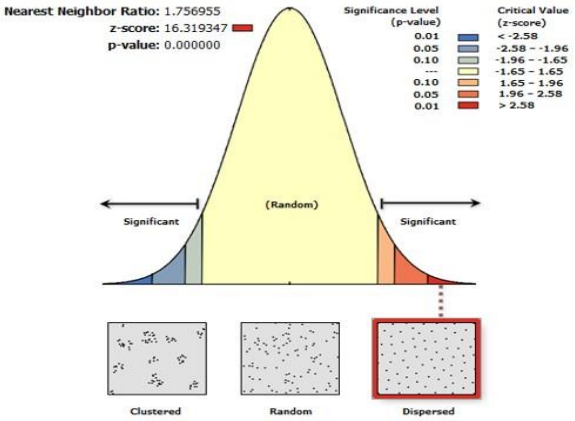
شکل۵. نتیجه تجزیه و تحلیل الگوی پراکنش به روش نزدیک‌ترین همسایه در اواسط فصل رشد.

Figure 5. The result of the analysis of the distribution pattern by the nearest neighbor method in the middle of the growing season.

در نمونه‌برداری آخر، با توجه به این‌که مقدار شاخص در روش نزدیک‌ترین همسایه برابر با ۱/۷۵ بدست آمد، الگوی پراکنش به‌صورت یکنواخت می‌باشد. مقدار Z برابر با ۱۶/۳۱ و مقدار p-value کمتر از ۰/۰۵ بود که نشان دهنده این است که الگوی فوق بصورت معنی‌داری با الگوی پراکنش تصادفی اختلاف دارد.

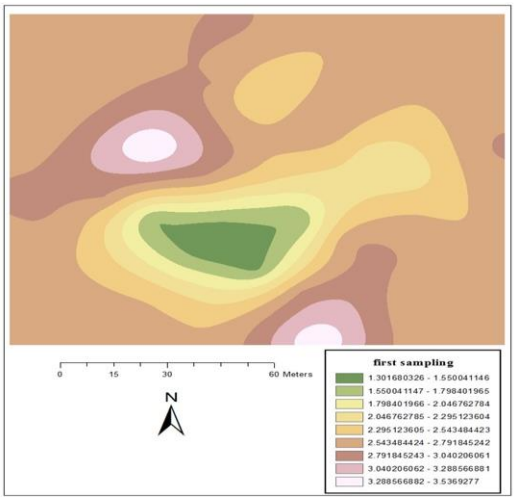
می‌توان نتیجه گرفت که در اوایل فصل، وقتی منابع غذایی به‌صورت متراکم وجود دارد و همزمان جمعیت کم است پراکنش حالت تجمعی دارد و با افزایش آن همچنان حالت تجمعی به خود گرفته است و دوباره در انتهای فصل کاشت و کاهش منابع غذایی، پراکنش از حالت تجمعی به یکنواخت تغییر یافته است و از حالت تصادفی و تجمعی فاصله گرفته است. بنابراین، آلودگی اولیه توسط شب‌پره مینوز به‌صورت توده‌ای صورت می‌گیرد و به سرعت با افزایش جمعیت در بوته‌های مجاور باعث ایجاد آلودگی و پراکنش آفت می‌شود. بدلیل در دسترس بودن مواد غذایی در کمترین فاصله از منبع اولیه آلودگی، جمعیت در نقاط استقرار افزایش یافته و منجر به وقوع تجمع می‌شود این موضوع طی فصل دوم کشت نیز، ادامه پیدا کرده است. کاهش منبع غذایی مطلوب در انتهای فصل رشد، منجر به انتخاب میزبان‌های جدید شده و پراکنش به حالت یکنواخت تبدیل شد. در استان خوزستان نقشه پراکندگی کرم میوه‌خوار خرما *Batrachedra amydraula* Meryrick (Lep: Batrachedridae) با استفاده از مدل ژئواستاتیستیک مورد بررسی قرار گرفت Latifian & SoleymanNejadian. (2009) در این پژوهش چهار گروه منطقه‌ای آلودگی بدست آمد که شامل مناطق کم خطر، مناطق با خطر متوسط، مناطق با خطر زیاد و کانون اصلی آلودگی در خوزستان می‌باشد که به تنظیم دقیق برنامه ردیابی و پیش‌آگاهی در این منطقه کمک می‌کند. از مثال‌های موفقیت آمیز در درون‌یابی کریجینگ می‌توان به پیش‌بینی جمعیت پروانه ابریشم باف ناجور *Lymantria dispar* L. اشاره نمود که با کمک این روش می‌توان مسیر مهاجرت این آفت را در مناطق جنگلی پیش‌بینی نمود (Liebhold *et al*. 1991). از موارد دیگر بررسی پراکندگی حشرات کامل سوسک ساقه‌خوار ذرت *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Crambidae) در مزارع شمال آمریکا به کمک روش‌های زمین‌آماری را می‌توان نام برد که به دنبال آن ردیابی و پیش‌بینی شروع فعالیت آن در ابتدای فصل بررسی شده است (Wright *et al*. 2002).

در پژوهش حاضر الگوی پراکنش شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در اوایل فصل رشد بصورت تجمعی بود و در انتهای دوره کشت شاهد پراکنش یکنواخت بودیم (شکل ۶). سطح جمعیت این آفت در گلخانه در فصل بهار بالا بود و در تابستان به اوج خود رسید. میزان آلودگی در برگ و میوه تا ۸۵ درصد افزایش یافت. در پژوهش حاضر روش کریجینگ نشان داد در اولین نمونه‌برداری که شروع آلودگی می‌باشد (شکل ۷)، قسمت شمال شرقی و ضلع غربی گلخانه بیشترین آلودگی را نشان داد.



شکل۶. نتیجه تجزیه و تحلیل الگوی پراکنش به روش نزدیک‌ترین همسایه در اواخر فصل رشد.

Figure 6. The result of the analysis of the distribution pattern by the nearest neighbor method at the end of the growing season.

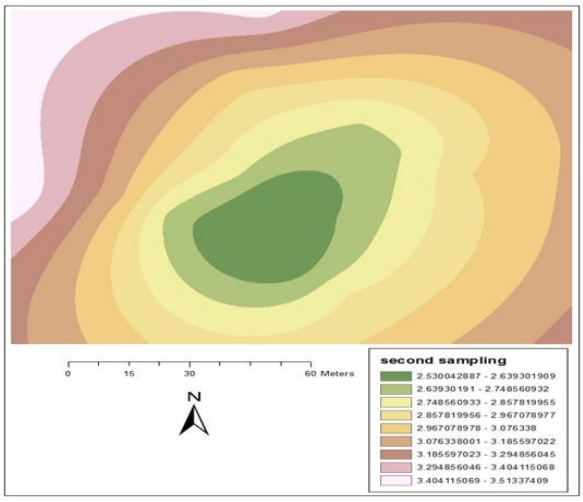


شکل۷. نقشه پراکنش به روش کریجینگ در اوایل فصل رشد.

Figure 7. Kriging distribution map in the beginning of the growing season.

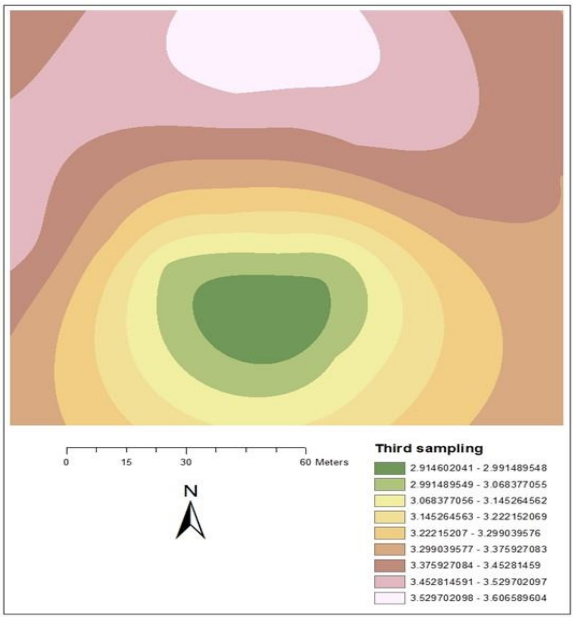
این آلودگی در نمونه‌برداری دوم نیز مشاهده شد (شکل ۸)، بطور کلی تراکم این آفت در قسمت‌های جانبی و قسمت مرکزی بیشتر بود که به مرور در انتهای فصل رشد آلودگی به سایر نقاط گسترش پیدا کرد و به قسمت‌های عمده گلخانه منتقل شد.

دریچه‌های سقفی و جانبی گلخانه به‌منظور تهویه مناسب گلخانه با توجه به میانگین درجه حرارت بالا در یزد، طراحی می‌گردد. این دریچه‌ها مکانی برای نفوذ و ورود حشرات به داخل سالن‌های گلخانه می‌باشد و شروع آلودگی از این منطقه و درب اصلی می‌باشد. بنابراین اولین مناطقی که برای رصد و ردیابی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد مناطق مجاور دریچه‌ها و درب ورودی باشد و سم‌پاشی در صورت لزوم در این مناطق آغاز گردد. اطراف بخاری‌ها در سالن، بدلیل ایجاد دمای بالاتر، شرایط مناسب‌تری برای رشد و نمو حشرات فراهم می‌کند و افزایش جمعیت به مرور در این مناطق رخ می‌دهد (شکل ۶).



شکل۸. نقشه پراکنش به روش کریجینگ در فصل دوم کشت.

Figure 8. Kriging distribution map in the middle of the growing season.



شکل۹. نقشه پراکنش به روش کریجینگ در اواخر فصل کشت.

Figure 9. Kriging distribution map in the end of the growing season.

استفاده از مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای اندازه نمونه، هزینه نمونه‌برداری و به‌طور متوسط ۵۰ درصد زمان نمونه‌برداری را کاهش می‌دهد (Wald 1947). بالا بودن شیوع آفات و بیماری‌های قارچی در محیط‌های گلخانه‌ای به دلیل، تراکم و متوالی بودن کاشت و وجود محیط مناسب، می‌باشد، کاربرد ترکیبات شیمیایی را می‌توان با استفاده از روش‌های جایگزین مانند کنترل زیستی و استفاده از عصاره گیاهان مرتعی به منظور کنترل این بیماری‌ها و آفات توصیه نمود (Shakermi *et al.* 2007) که مستلزم اگاهی دقیق از نحوه الگوی پراکنش آفات می‌باشد. به‌منظور کنترل آفات، ضروری‌ترین راه، شناخت دقیق آن‌ها است. بدین معنی که با شناخت و مدیریت کنترل این عوامل، می‌توان عملکرد واقعی را افزایش داد و آن را به حداکثر عملکرد قابل دسترس که در شرایط مطلوب ذکرشده است، نزدیک‌تر ساخت (Firoozi 2011).

با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی، که بسیار وقت گیر و هزینه‌بر بوده و اغلب با خطا همراه می‌باشند، استفاده از GIS و روش‌های درون‌یابی، می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند مکان‌یابی این مناطق و تسریع در روند برنامه‌ریزی و بهره برداری مناسب از اقدامات مدیریتی در کشور ایفا نمایند. یافته‌های این تحقیق، نشان‌دهنده توانایی GIS در تعیین الگوی پراکنش آفت،

در مدل‌های مختلف می‌باشد. با توجه به درک مناسب از الگوی پراکنش آفات در مراحل مختلف، قدرت تصمیم‌گیری جهت مبارزه بالاتر برده و می‌توان با نتایج حاصل شده در جهت کاهش هزینه‌ها اعم از هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی (کاهش سم‌پاشی و یا محدود کردن سم‌پاشی در کانون‌های اولیه آلودگی)، اقدامات مناسبی را اعمال نمود. این مطالعه می‌تواند به عنوان گامی مؤثر برای تحقیقات آتی، جهت کاربرد بیشتر و استفاده عملی از این روش‌ها برای بررسی الگوی پراکنش سایر آفات در گلخانه بکار رود. آگاهی از الگوی پراکنش آفت و با استفاده از نقشه‌های کریجینگ به‌دست آمده می‌توان برای کاهش خسارت آفت، به ردیابی در مناطق پرخطر گلخانه مانند مناطق مجاور درب ورودی، دریچه‌های جانبی و بخاری پرداخت.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از رساله دکتری در رشته حشره شناسی کشاورزی است که با حمایت معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه شهید مدنی آذربایجان اجرا شده است، بدینوسیله از معاونت محترم تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

Aboi Ashkezari A, Fatemi SS, Samih MA, Ramezani I, 2013. Use nearest neighbor method and the K Rayply the distribution pattern spider mite *Tetranychus urticae* in greenhouse cucumber. *6th Congress of the Agricultural Research Findings*, May 15–16, Iran, Kurdistan. P. 178 (In Persian).

Akhavan R, Sagheb Talebi KH, Hassani M, Parhizkar P, 2011. Investigation of spatial pattern of trees during forest transformation stages in intact beech stands (Fagus orientalis Lipsky) in Kelardasht. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* 18 (2): 322–333.

Anonymous, 2019. Yazd Province Planning projection, Analysis of Natural Resources and Environment, Hamoon One Company, Yazd Province Management and Planning Organization. (In Persian).

Banderi A, Gharineh MH, Kardoni F, Bahamin S, 2011. The need for accurate agricultural application in sustainable development. 1th National Conference on Strategies for Achieving Sustainable Agriculture, May 2627, Ahvaz, Iran. P. 8.

Camarero JJ, Gutierrrez E, Fortin, MJ, 2000. Spatial pattern of sub alpine grassland ecotones in the Spanish central Pyrenees. *Forest Ecology & Management* 134: 116.

Caparros MR, Brostaux Y, Haubruge E, Verheggen FJ, 2013. Propensity of the tomato leafminer, Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae), to develop on four potato plant varieties. *American Journal of Potato Research* 90(3): 255260.

Dale MRT, 1999. Spatial Pattern Analysis in Plant Ecology. First Ed, Cambridge University Press, 326 pp.

Dixon PM, 2002. Ripley's *K*-function. In: El-Shaarawi AH, Piegorsch WW. Encyclopedia of Environmetrics. John Wiley and Sons Press, New Jersey. Pp. 17961803.

Ekbom BS, 1985. Spatial distribution of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera: Aphidi-dae) in spring cereals in Sweden and its importance for sampling. *Journal of Environmental Entomology* 14: 312–316.

Firoozi R, 2011. Tomato Minus Butterfly. Agricultural Jihad Organization Publications. 8 Pp (In Persian).

Hou JH, Mi XC, Liu CR, Ma KP, 2004. Spatial patterns and associations in a *Quercus- Betula* forest in northern China. *Journal of Vegetation Science* 15: 407414.

Hutchison WD, Hogg DB, Poswal MA, Berberet RC, Cuperus GW, 1988. Implications of the stochastic nature of Kuno's and Green's fixed- precision stop lines: sampling plans for the pea aphid (Homoptera: Aphididae) in alfalfa as an example. *Journal of Economic Entomology* 81: 749758.

Krebs CJ, Charles J. 2001. Program for Ecological Methodology. 2th edition, Department of Zoology, University of British Colombia, Canada. 41 pp.

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): 4355 (In Persian with English abstract).

Liebhold AM, Zhang X, Hohn ME, Elkinton JS, Ticehurst M, *et al*., 1991. Geostatistical analysis of Gypsy moth (Lepidoptera: Lymantridae) egg mass population. *Environmental Entomology* 20: 1407–1417.

Maleki Gonadishi F, 2008. Investigation of groundwater

quality changes in Zarand plain using kriging method and GS + software. Master's Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman. (In Persian with English abstract).

Mitchell A, 2005. The ESRI Guide to GIS Analysis. 2th edition ESRI Press, USA. 288 Pp.

Nouri Z, Zubeyri M, Feqhhi J, Marvi Mohajer MH, 2014. Investigation of Spatial Distribution Pattern of Trees and Structure in Natural Residences of Northern Iran (Case Study: Boar Section of Khirud Forest), Natural Environment, *Iranian Journal of Natural Resources* 66 (1): 113125 (In Persian with English abstract).

Oppenheim N, 1980. Applied models in urban and regional problems analysis. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 356 pp.

Pereyra PC, Sanchez NE, 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology* 35(5): 671676.

Ripley BD, 1976. The Second-order Analysis of Stationary Point Processes. *Journal of Applied Probability* 13: 255266.

Schiffers K, Schurr FM, Tielbörger K, Urbach C, Moloney K, *et al*., 2008. Dealing with virtual aggregation–a new index for analysing heterogeneous point patterns. *Ecography* 31(5): 545-555.

Shabaninejad A, Tafaghodinia B, 2017a. Evaluation of the ability of LVQ4 artificialneural network model to predict the spatial distribution pattern of *Tuta absoluta* in the tomato field in Ramhormoz. *Journal of Entomolological Society of Iran* 36: 195204. (In Persian with English abstract).

Shabaninejad AR, Tafaghodinia B, 2017b. Evaluation of the Geostatistical and Artificial Neural Network Methods to estimate the Spatial Distribution of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Ramhormoz Cucumber fields. *Journal of Applied Entomology and Pathology* 85 (1): 2129. (In Persian with English abstract).

Shakermi J, Bazgir A, Faizian M, 2007. Preliminary study of the inhibitory effect of essential oils of five plant species on mycelial growth of four species of plant pathogenic fungi in vitro. *Agricultural Science and Technology and Natural Resources* 10 (3): 497-503 (In Persian with English abstract).

Southwood TR, 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 2th edition, The English Language Book Society and Chopan-Hall, London. 524 pp.

Taylor LR, 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology* 29: 321–357.

Young LJ, Young LH, 1998. Statistical Ecology. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA. 565 pp

Wald A, 1947. *Sequential analysis*. First Ed, John Wiley and sons, USA. 212 pp.

Wolf A, 2005. Fifty year record of change in tree spatial patterns within a mixed deciduous forest. *Forest Ecology and Management* 215(1–3): 212223.

Wong DWS, Lee J, 2005. Statistical analysis of geographic information with ArcView GIS and ArcGIS. First Ed, John Wiley and Sons, USA. 464 pp.

Wiegand T, Moloney KA, 2004. Rings, circles, and null–models for point pattern analysis in ecology. *Journal of OIKOS* 104: 209229 pp.

Wright RJ, Devries TA, Young LJ, Jarvi KJ, Seymout RC, 2002. Geostatistical analysis of smallscale distribution of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. *Environmental Entomology* 31: 160–167.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons .org/licenses/by-nc/2.0/)