



## Scientific article

## Determining the spatial distribution of the predatory ladybird *Coccinella septempunctata* using geostatistics in alfalfa fields in Dezful (Khuzestan) and Borujerd (Lorestan) Counties

IMAN SABOURI<sup>1</sup>✉, ARASH RASEKH<sup>2</sup>, AMIR MOHSENI AMIN<sup>3</sup>

1. Ph.D. student, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran; 2. Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran; 3. Associate Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(Received: October 2024; Accepted: March 2025)

### Abstract

*Coccinella septempunctata* is one of the most important natural enemies of alfalfa aphids. This research with the aim of investigating the geostatistical features of this ladybug species in alfalfa fields of Dezful and Borujerd cities, respectively, with an area of five and seven hectares (90 and 130 25x25 m grids). Sampling of ladybirds was performed using a 1x1 m quadrat, two quadrats were randomly placed in each grid and the number of ladybirds inside each quadrat was counted and recorded by direct observation. Data analysis was done using GS+. The variograms were calculated and presented by determination the model of spatial dependence changes with increasing distance between samples. The results of geostatistical analyzes for the above species of 21 sampling weekly datasets in Borujerd alfalfa field showed that, 13 and eight data were better fit with exponential and spherical models, respectively. In Dezful, 16 data was better fitted with spherical model and five data with exponential model. The degree of spatial dependence varied between 0.521 and 0.999 and  $r^2$  varied between 0.52 and 0.99. The distribution pattern of this species is aggregative and the effective range for this species was between 94.6 and 481.8 m. The results of this research showed that using geostatistical methods provided proper information on the ecology, distribution and distribution of this species in the field. Also the possibility of using this method can make research projects much easier instead of dense sampling methods.

**Keywords:** Alfalfa, spatial autocorrelation, effective range kriging, variography

---

DOI: <http://doi.org/10.22092/jaep.2025.366601.1525>

✉ [imansabouri900@gmail.com](mailto:imansabouri900@gmail.com)

©2025, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



## مقاله پژوهشی

## تعیین پراکنش مکانی کفشدوزک شکارگر *Coccinella septempunctata* با استفاده از زمین آمار در مزارع یونجه شهرستان های دزفول (خوزستان) و بروجرد (لرستان)

ایمان صبوری<sup>۱</sup> , آرش راسخ<sup>۲</sup>، امیر محسنی امین<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران؛ ۲- استاد گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران؛ ۳- دانشیار پژوهشی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
(تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۳)

## چکیده

کفشدوزک شکارگر *Coccinella septempunctata* از مهم ترین دشمنان طبیعی شته های یونجه محسوب می شود. این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ با هدف بررسی ویژگی های زمین آماری این گونه کفشدوزک در مزارع یونجه شهرستان های دزفول (خوزستان) و بروجرد (لرستان) به ترتیب با مساحت پنج و هفت هکتار (۹۰ و ۱۳۰ شبکه ۲۵×۲۵ متری) انجام شد. نمونه برداری از کفشدوزک ها با استفاده از یک کادر ۱×۱ متری انجام و در هر شبکه دو کادر به صورت تصادفی انداخته و تعداد کفشدوزک های داخل کادرها به صورت مشاهده مستقیم شمارش و ثبت گردید. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار GS<sup>+</sup> انجام و به منظور مدل سازی تغییرات وابستگی مکانی با افزایش فاصله بین نمونه ها، منحنی های واریوگرام محاسبه و ارائه گردید. نتایج تجزیه های زمین آماری برای گونه فوق نشان داد که در ۲۱ تاریخ نمونه برداری (هر هفته یک بار)، در مزرعه یونجه بروجرد، ۱۳ مورد با مدل نمایی و هشت مورد با مدل کروی و در دزفول ۱۶ مورد با مدل کروی و پنج مورد با مدل نمایی برازش بهتری نشان دادند. درجه وابستگی مکانی بین ۰/۵۲۱ تا ۰/۹۹۹ و ضریب تبیین بین ۰/۵۲ تا ۰/۹۹ متغیر بود. الگوی پراکنش این گونه از نوع تجمعی و دامنه مؤثر برای این گونه بین ۹۴/۶ تا ۴۸۱/۸ متر قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از روش های زمین آماری علاوه بر این که اطلاعات خوبی در زمینه بوم شناسی و نحوه پراکنش این گونه و پراکندگی آن در مزرعه در اختیار ما قرار می دهد، بررسی امکان استفاده از این روش به جای روش های نمونه برداری های متراکم می تواند انجام پروژه های تحقیقاتی را بسیار آسان تر کند.

**واژه های کلیدی:** دامنه مؤثر، کریجینگ، وابستگی مکانی، واریوگرام، یونجه

## مقدمه

یونجه *Medicago sativa* L گیاهی چندساله از تیره بقولات (Leguminosae) است که به علت غنی بودن از پروتئین، انواع ویتامین و خوش خوراکی و همچنین کمک به بهبود حاصلخیزی خاک یکی از محصولات علوفه‌ای مهم در بیشتر نقاط دنیا به شمار می‌آید (Ghanavati & Mozaffari, 2020). مزارع یونجه مشارکت مهمی در تنوع سیستم‌های کشاورزی دارند که فواید غنی از بندپایان را در بر می‌گیرند که بیش‌تر این گونه‌ها تأثیر چندانی روی میزان محصول ندارند (Putnam et al., 1996; Alsuhaibani, 2008; Kontodimas & Stathas, 2005; Afonin et al., 2001). شته‌های یونجه از آفات مهم و خسارت‌زا در مزارع یونجه به شمار می‌آیند که در انبوهی بالای جمعیت، خسارت زیادی به کشت وارد می‌کنند. در خسارت مستقیم با تغذیه از شیر گیاهی باعث ضعف، توقف رشد و همچنین خشک شدن بوته‌های گیاه میزبان می‌شوند. تغذیه‌ی آنها از شیر گیاهی همراه با ترشح عسلک و در نهایت رشد قارچ مولد دوده (فوماژین Sooty mold) می‌باشد. این آفات با انتقال ویروس‌های بیمارگر گیاهی به صورت غیر مستقیم سبب خسارت می‌شوند (Afonin et al., 2008; Ratcliffe et al., 2015; Canevari et al., 2014). کفشدوزک‌ها یکی از عمومی‌ترین و فراوان‌ترین شکارگرهای شته‌خوار با پراکنش گسترده در زیست‌بوم‌های کشاورزی محسوب می‌شوند که در ایجاد تعادل و تنظیم طبیعی جمعیت آن‌ها دخالت دارند. کفشدوزک *Coccinella septempunctata* (L.) به نقل از منابع مختلف، گونه مهم در مزارع یونجه و از شکارگرهای فعال و چندخوار بوده و حشرات بالغ و لارو آن از انواع آفات گیاه‌خوار که بدنی نرم دارند تغذیه می‌کنند و زمانی که این جیره غذایی در اختیارشان نباشد از اسپور قارچ‌ها، گرده و شهد گل‌ها تغذیه می‌کنند (Van et al., 2000; Sally et al., 2004; Kontodimas & Kavallieratos et al., 2002; Stathas, 2005; Ali & Rizvi, 2010; Soleimani & Madadi, 2015).

پژوهشگران مختلفی در سراسر دنیا، شناسایی و حفاظت از دشمنان طبیعی شته‌ها را بررسی و شکارگرهای مختلفی مانند کفشدوزک‌ها را به عنوان عامل زیستی مهم کاهش‌دهنده جمعیت شته‌ها معرفی کرده‌اند (Capinera, 2001; Collins et al., 2002; Sloggett, 2005). در ایران نیز فعالیت کفشدوزک‌های *C. septempunctata* روی شته‌ها در محصولات گوناگون گزارش شده است. سلیمانی و مددی (Soleimani & Madadi, 2015) در مزارع یونجه استان همدان، شایسته‌مهر (Shayestehmehr, 2014)، قهرمانی و همکاران (Ghahremani et al., 2023) در مزارع یونجه کرکج، شکاریان و رضوانی (Shekarian & Rezvani, 2002)، نظری و همکاران (Nazari et al., 2001) روی شته‌های گندم به ترتیب در مزارع گندم لرستان و کرج، فرهی و صادقی (Farahi & Sadaghi, 2008) در مزارع گندم مشهد، فعالیت این کفشدوزک‌ها را گزارش نموده‌اند. به منظور تدوین برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات، آگاهی از تغییرات جمعیت آن‌ها در مزرعه در طی زمان ضروری می‌باشد (Garzia et al., 2011). بررسی مشخصه‌های زمین‌آمار با ارائه درک درستی از پراکنش حشرات می‌تواند به عنوان روشی سازگار با محیط زیست شناخته شود و منجر به کاهش استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی شود و در اجرای صحیح مدیریت تلفیقی آفات در سطح منطقه، روشی مهم به شمار می‌آید (Milonas et al., 2001; Dionisio et al., 2016; Kathrine, 2016). در اجرای مدیریت تلفیقی آفات در سطح منطقه، استفاده از زمین‌آمار و ابزارهای مرتبط با آن بسیار مهم است (Milonas et al., 2016; Dionisio et al., 2016). روش زمین‌آمار رابطه مکانی بین نمونه‌های گرفته شده را در فواصل معین نشان می‌دهد. با استفاده از این روش علاوه بر تعیین توزیع فضایی، وضعیت پراکندگی و تراکم جمعیت در نقاط مختلف مزرعه نیز مشخص می‌گردد (Shabani Nejad & Tafaghodinia, 2017). زمین‌آمار شامل دو روش واریوگرافی (Variography) و کریجینگ (Kriging) است که در واریوگرافی،

تعمیم یافته برای همه روش‌های آماری تخمین و برآورد متغیرهای مکانی می‌باشد که در این روش‌ها، مقادیر برآوردی از مجموع حاصلضرب یک ضریب وزنی در مقادیر نقاط مشاهده‌ای حاصل می‌شود، به این معنی که هر چه متغیر به مبدأ نزدیکتر باشد، وزن آن بیشتر و هرچه فاصله نقاط دورتر، وزن آن کمتر است (Hassani, 2007).

پژوهشگران مختلفی با استفاده از روش زمین‌آمار الگوی پراکنش مکانی حشرات را مطالعه نموده‌اند از جمله محمدیان و همکاران (Mohammadian et al., 2024) که پراکنش فضایی کرم میوه گوجه‌فرنگی (*Helicoverpa armigera* (Hubner) را در کرمانشاه مطالعه نمودند. فهرمانی و همکاران (Ghahremani et al., 2023) پراکنش شته‌ها و کفشدوزک‌ها را در مزارع یونجه کرکج توسط زمین‌آمار تجزیه و میزان وابستگی آن‌ها را مورد بررسی قرار داد که مقادیر درجه وابستگی مکانی (DD (Degree of spatial dependence) در این مطالعه بزرگ‌تر از ۵۰ درصد بود که نشان‌دهنده توزیع تجمعی می‌باشد. همچنین شایسته‌مهر (Shayestehmehr, 2014) همبستگی مکانی-زمانی شته خالدار یونجه *Therioaphis maculata* Buckten و کفشدوزک *C. septempunctata* را در مزارع یونجه همدان مورد مطالعه قرار داد که بر اساس نتایج حاصل، هر دو حشره دارای پراکنش تجمعی بودند. در پژوهشی در ایالت متحده آمریکا، توزیع فضایی جمعیت و خسارت کرم ساقه‌خوار اروپایی ذرت *Ostrinia nubilalis* (Hübner) با استفاده از زمین‌آمار مطالعه و شاخص‌های اثر قطعه‌ای، دامنه و آستانه برای تاریخ‌های مختلف ارائه گردید (Wright et al., 2002). در پژوهشی دیگر

(Garcia et al., 2017) پراکنش مکانی گونه‌های *Anastrepha* spp. (Dip: Tephritidae) را در یک منطقه شهری با قطعات جنگل کاری شده مورد بررسی قرار دادند که ضمن تعیین نوع الگوی پراکنش آن‌ها، اظهار داشتند که استفاده از زمین‌آمار روش مناسبی برای مدیریت و نمونه‌برداری از مگس‌های میوه می‌باشد. همچنین

پراکنش مکانی حشرات توسط منحنی‌های واریوگرام بررسی می‌شود و در روش کریجینگ با توجه به ساختار مکانی حشرات، پراکندگی آن در مناطق مختلف مزرعه به صورت نقشه‌های پراکنش ارائه می‌گردد (Asakereh, 2008; Sarmadian et al., 2014). در زمین‌آمار نمونه‌های مجاور تا فاصله معینی به طور فضایی یا مکانی (spatial) به هم وابستگی دارند که این وابستگی بین نمونه‌ها را می‌توان به صورت مدل ریاضی با عنوان تغییرنما یا واریوگرام (Variogram) ارائه کرد (Goovaert, 1998; Hasani Pak, 2007). در زمین‌آمار ابتدا وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها بررسی می‌گردد و در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده‌ها انجام می‌گیرد. به متغیرهایی که دارای این گونه ساختار مکانی باشند، متغیرهای ناحیه‌ای (Regionalized variables) گفته می‌شود (Madani, 1994; Shoji & Kitaura, 2006). نیم‌تغییرنما یا سمی واریوگرام (Semi-variogram) ابزاری اساسی در زمین‌آمار به شمار می‌آید که نمودار واریانس بر اساس فاصله بین نمونه‌ها می‌باشد و همبستگی مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده را با توجه به فاصله و جهت آن‌ها نشان می‌دهد. برای محاسبه سمی واریانس، ابتدا باید مجذور اختلاف یک کمیت (میزان جمعیت) در دو نقطه (هر زوج نمونه) به فاصله معین  $h$  محاسبه گردد، سپس این محاسبه در مورد تمام نقاطی که به فاصله  $h$  از هم قرار دارند، انجام گیرد، سپس میانگین مجذور این اختلاف‌ها محاسبه شود. این میانگین، تغییرنما یا واریوگرام گفته می‌شود که برای محاسبه سمی واریوگرام، این مقدار تقسیم بر دو می‌شود که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Madani, 1994).

$$y(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

کریجینگ یک روش زمین آماری است که می‌توان مقدار یک کمیت در نقطه‌ای نامعلوم را، با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به دست آورد (Kathrine, 2001; Karimzadeh et al., 2011) و بطور کلی روش کریجینگ یک نام

کردن موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری ابتدا چهار جهت اصلی را در مزارع مشخص و از منطقه جنوب غربی مزارع و به‌منظور حذف تأثیرات حاشیه‌ای مزرعه، از دو یا سه متری حاشیه مزارع، نقطه‌ای با مختصات (0,0) انتخاب شد. هر کدام از مزارع مورد نظر به شبکه‌های منظم ۲۵×۲۵ متری تقسیم گردید. در مزارع مورد مطالعه در منطقه دزفول و بروجرد به ترتیب تعداد ۹۰ و ۱۳۰ ایستگاه نمونه‌برداری توسط پلاک‌هایی مشخص و روی این پلاک‌ها مشخصات هر ایستگاه نوشته شد. جهت تعیین زمان مناسب نمونه‌برداری، نمونه‌گیری از اواسط اسفندماه شروع و بعد از آن، نمونه‌برداری بصورت منظم و هفتگی صورت گرفت. برای کاهش خطای نمونه‌برداری و ایجاد یکنواختی، نمونه‌برداری در کلیه تاریخ‌ها، در طول روز حدود ساعت ۸ صبح تا ۱۲ ظهر انجام می‌شد. همچنین بعد از برداشت چین‌ها، زمانی که طول ساقه به حدود ۱۵ سانتی‌متر رسید، نمونه‌گیری‌ها ادامه می‌یافت. نمونه‌برداری‌ها به دلیل یکسان بودن در تاریخ‌های نمونه‌برداری و تعداد دفعات نمونه‌برداری بطور همزمان در اسفندماه ۱۴۰۰ شروع و تا اواسط آبان ماه ۱۴۰۱ ادامه یافت. به‌منظور نمونه‌برداری از جمعیت کفشدوزک‌ها، از یک کادر ۱×۱ متری استفاده گردید که در هر شبکه مشخص شده تعداد دو کادر به‌صورت تصادفی انداخته و تعداد کفشدوزک‌ها به‌صورت مشاهده مستقیم شمارش و ثبت گردید. به‌دلیل دشواری تفکیک و شناسایی لاروهای گونه‌های مختلف کفشدوزک فعال در مزرعه، صرفاً شمارش حشرات کامل انجام گرفت. در کل تعداد ۲۵ مرحله نمونه‌برداری از تاریخ شروع تا پایان نمونه‌برداری انجام شد. به‌منظور تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای Exel 2010، spss ver. 26 و GS+ نسخه ۵/۱ استفاده گردید. نرمال بودن داده‌های مربوط به هر ایستگاه به‌کمک آزمون کولموگوروف - اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov test) بررسی گردید و در صورت نیاز به‌کمک یکی از روش‌های مناسب معکوس کردن (Inverse) تبدیل داده نرمال شده و در مختصات‌های

پراکنش فضایی کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* در سال ۲۰۲۱ بر روی گیاه نخود توسط (Seethalam et al., 2021) و در سال ۲۰۲۳ بر روی گیاه پنبه توسط (Jokar, 2023) در منطقه جنوب شرقی دریای خزر صورت گرفت که الگوی پراکنش آن را از نوع تجمعی برآورد کردند.

در این پژوهش با توجه به اهمیت شکارگرها در کاهش جمعیت شته‌های یونجه تلاش شد تا با بررسی مشخصات زمین‌آماري و ارائه نقشه‌های پراکنش این گونه به مدیریت بهتر جمعیت شته‌های یونجه کمک شود و با اجرای مدیریت تلفیقی مکان-ویژه‌ی آفت، جمعیت دشمنان طبیعی در سطح مزرعه حفظ گردد.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در طول سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در دو مزرعه یونجه سه ساله واقع در شهرستان دزفول (با مختصات جغرافیایی طول ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۸۷ متر) و بروجرد (با مختصات جغرافیایی طول ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه و عرض ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۰۰ متر) انجام شد. مساحت و ارقام مورد مطالعه مزارع یونجه در این مطالعه به‌ترتیب پنج (رقم بغدادی) و هفت هکتار (رقم همدانی) بوده و موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا توسط دستگاه موقعیت یاب جغرافیایی (Global positioning system) (GPS) مشخص گردید. مزارع انتخاب شده، مزارع استاندارد بودند که تمامی اقدامات زراعی مطابق روش معمول در منطقه در آن صورت می‌گرفت. جهت ثبت تراکم جمعیت حشره مورد نظر در نقاط مختلف مزارع انتخاب شده، تعداد و موقعیت مکانی هر ایستگاه نمونه‌برداری بر اساس مختصات طول و عرض آن‌ها (برحسب متر) مشخص و طی دوره نمونه‌برداری ثابت در نظر گرفته شد. بدین‌منظور برای مشخص

مدل‌های فوق بین ۰/۶۹۰ تا ۰/۹۹۹ متغیر بود که درجه وابستگی مکانی خوبی است که نشان می‌دهد بیش از حدود ۷۰ درصد از تغییرپذیری (واریانس) بین داده‌ها دارای ساختار مکانی هستند. مقادیر بالای ۷۵ درصد نشان‌دهنده وابستگی مکانی قوی است (Karimzadeh et al., 2011). دامنه مؤثر برای این گونه بین ۹۴/۶ تا ۳۷۵/۶ متر برآورد گردید و در تمام واریوگرام‌ها مقادیر ضریب تبیین بالا و بین ۰/۵۲ تا ۰/۹۸ متغیر بود.

نتایج پارامترهای زمین‌آماري کفشدوزک شکارگر *C. septempunctata* در مزرعه یونجه شهرستان دزفول نیز نشان داد که در همه موارد وابستگی مکانی وجود دارد، از مجموع ۲۱ تاریخ نمونه‌برداری ۱۶ مورد با مدل کروی و پنج مورد با مدل نمایی برازش داشتند (جدول ۲). درجه وابستگی مکانی برای این گونه بین ۰/۵۲۱ تا ۰/۹۹۹ نوسان داشت و الگوی پراکنش آن‌ها از نوع تجمعی بود. در هریک از واریوگرام‌ها ضریب تبیین بالا و بین ۰/۵۹ تا ۰/۹۹ قرار گرفت و دامنه مؤثر در مدل‌های فوق بین ۹۷/۱ تا ۴۸۱/۸ متر برآورد گردید. لیهولد و همکاران (Liebhold et al., 1993) در مطالعه‌ای روی توده‌های تخم شب پره ابریشم‌باف ناجور (*Lymantria dispar* L.) در جنگل‌های آمریکا علاوه بر مطالعه روی پراکندگی توده‌های تخم این گونه، مقادیر وابستگی مکانی را از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت و حدود نصف آستانه و در برخی سال‌ها و برخی مناطق، مقدار آن را کمتر از نصف آستانه عنوان نمودند و دامنه مؤثر را از ۲۵ متر تا ۱۰۰ کیلومتر گزارش کردند. کریم‌زاده و همکاران در تحقیقی روی سرخرطومی‌های ریشه‌خوار و برگ‌خوار یونجه در تبریز، مقدار درجه وابستگی مکانی برای این گونه‌ها در ۹۷ سری از ۱۱۶ سری داده را بیشتر از ۲۶ درصد عنوان نمودند و الگوی پراکنش آن‌ها را از نوع تجمعی و میزان وابستگی مکانی را متوسط تا قوی گزارش کردند (Karimzadeh et al., 2015).

تعیین شده قرار گرفتند. سپس منحنی‌های واریوگرام و همچنین نقشه‌های کریجینگ برای هر تاریخ نمونه‌برداری، در داده‌هایی که بالاترین ضریب تبیین و درجه وابستگی مکانی و همچنین مقادیر کمتر مجموع مربعات باقیمانده‌ها (Residual sum of squares) بود به‌عنوان بهترین مدل انتخاب شد. بعد از انتخاب مدل، از اجزای آن یعنی سقف، دامنه تأثیر و اثر قطعه‌ای برای تعیین درجه وابستگی مکانی داده‌ها استفاده شد. درجه وابستگی مکانی از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$DD = \left( \frac{C}{C_0 + C} \right) 100 \quad (2)$$

در رابطه بالا،  $(C_0)$  اثر قطعه‌ای،  $(C_0 + C)$  سقف تغییرنا می‌باشد. مقادیر DD کمتر از ۲۵ درصد نشان‌دهنده وابستگی مکانی ضعیف، مقادیر ۲۵ تا ۷۵٪ وابستگی مکانی متوسط و مقادیر بالای ۷۵ درصد نشان‌دهنده وابستگی مکانی قوی است (Karimzadeh et al., 2011).

## نتایج و بحث

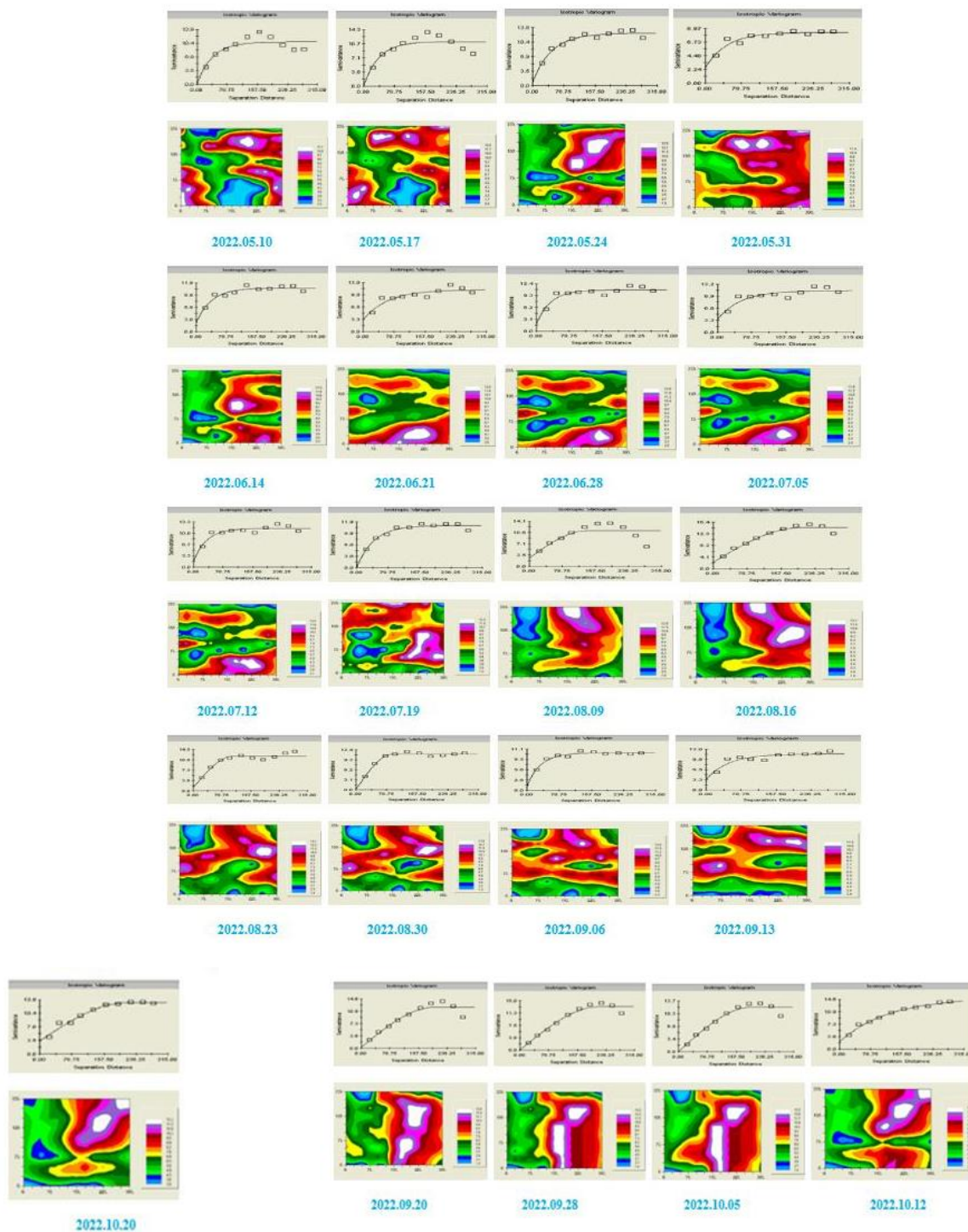
بررسی مشخصه‌های زمین‌آماري داده‌های مربوط به کفشدوزک شکارگر *C. septempunctata* در دو مزرعه یونجه شهرستان‌های بروجرد و دزفول، به‌صورت جداگانه در جدول‌های ۱ و ۲ و همچنین نقشه‌های کریجینگ مربوط به این واریوگرام‌ها در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده‌اند. در این پژوهش نتایج برازش داده‌ها نشان می‌دهد که در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد از مجموع ۲۱ تاریخ نمونه‌برداری، ۱۳ مورد با مدل نمایی و هشت مورد با مدل کروی مطابقت دارند. که در این دو مدل نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه بسیار پایین است که موجب بالا رفتن درجه وابستگی مکانی گردید. این موضوع نشان می‌دهد بین جمعیت این گونه کفشدوزک، وابستگی مکانی وجود دارد و الگوی پراکنش آن‌ها از نوع تجمعی می‌باشد. درجه وابستگی مکانی در

جدول ۱- مشخصات زمین آماری جمعیت کفشدوزک *Coccinella septempunctata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجردTable 1. Geostatistical characteristics of *Coccinella septempunctata* population in the alfalfa field in Boroujerd County

| Sampling date | Model       | nugget | Sill  | Range (m) | Effective range (m) | DD (%) | R <sup>2</sup> | RSS  |
|---------------|-------------|--------|-------|-----------|---------------------|--------|----------------|------|
| 2022.05.10    | Exponential | 0.01   | 10.73 | 37.7      | 119.1               | 0.999  | 0.66           | 20.2 |
| 2022.05.17    | Exponential | 0.01   | 11.22 | 38.3      | 114.9               | 0.999  | 0.62           | 24.4 |
| 2022.05.24    | Exponential | 0.74   | 12.45 | 47.3      | 141.9               | 0.941  | 0.93           | 3.37 |
| 2022.05.31    | Exponential | 2.43   | 8.32  | 46.3      | 18.9                | 0.708  | 0.87           | 1.79 |
| 2022.06.14    | Exponential | 2.1    | 10.65 | 39.3      | 117.9               | 0.803  | 0.85           | 3.62 |
| 2022.06.21    | Exponential | 3.16   | 11.14 | 63.1      | 189.3               | 0.716  | 0.78           | 7.97 |
| 2022.06.28    | Exponential | 1.79   | 10.72 | 33.7      | 101.1               | 0.833  | 0.77           | 5.92 |
| 2022.07.05    | Exponential | 3.53   | 11.39 | 52.8      | 158.4               | 0.690  | 0.73           | 9.01 |
| 2022.07.12    | Exponential | 1.6    | 11.36 | 33.9      | 101.7               | 0.859  | 0.77           | 6.79 |
| 2022.07.19    | Exponential | 0.01   | 10.99 | 42.4      | 127.2               | 0.999  | 0.93           | 2.87 |
| 2022.08.09    | Spherical   | 2.64   | 11.14 | 136.9     | 136.9               | 0.763  | 0.52           | 41   |
| 2022.08.16    | Spherical   | 2.24   | 14.44 | 200.8     | 200.8               | 0.845  | 0.94           | 7.25 |
| 2022.08.23    | Spherical   | 1.09   | 12.19 | 110.7     | 110.7               | 0.911  | 0.90           | 6.33 |
| 2022.08.30    | Spherical   | 0.14   | 11.12 | 94.6      | 94.6                | 0.987  | 0.96           | 1.57 |
| 2022.09.06    | Exponential | 1.09   | 10.05 | 32.9      | 98.7                | 0.892  | 0.92           | 1.57 |
| 2022.09.13    | Exponential | 3.39   | 11.53 | 50.4      | 151.2               | 0.706  | 0.78           | 7.22 |
| 2022.09.20    | Spherical   | 0.29   | 12.16 | 203.1     | 203.1               | 0.976  | 0.89           | 13.9 |
| 2022.09.28    | Spherical   | 0.01   | 13.24 | 218.5     | 218.5               | 0.999  | 0.96           | 6.78 |
| 2022.10.05    | Spherical   | 0.01   | 12.03 | 199.9     | 199.9               | 0.999  | 0.93           | 8.53 |
| 2022.10.12    | Exponential | 2.16   | 15.06 | 125.2     | 375.6               | 0.857  | 0.98           | 1.36 |
| 2022.10.20    | Spherical   | 3.32   | 13.7  | 211.6     | 211.6               | 0.746  | 0.97           | 2.49 |

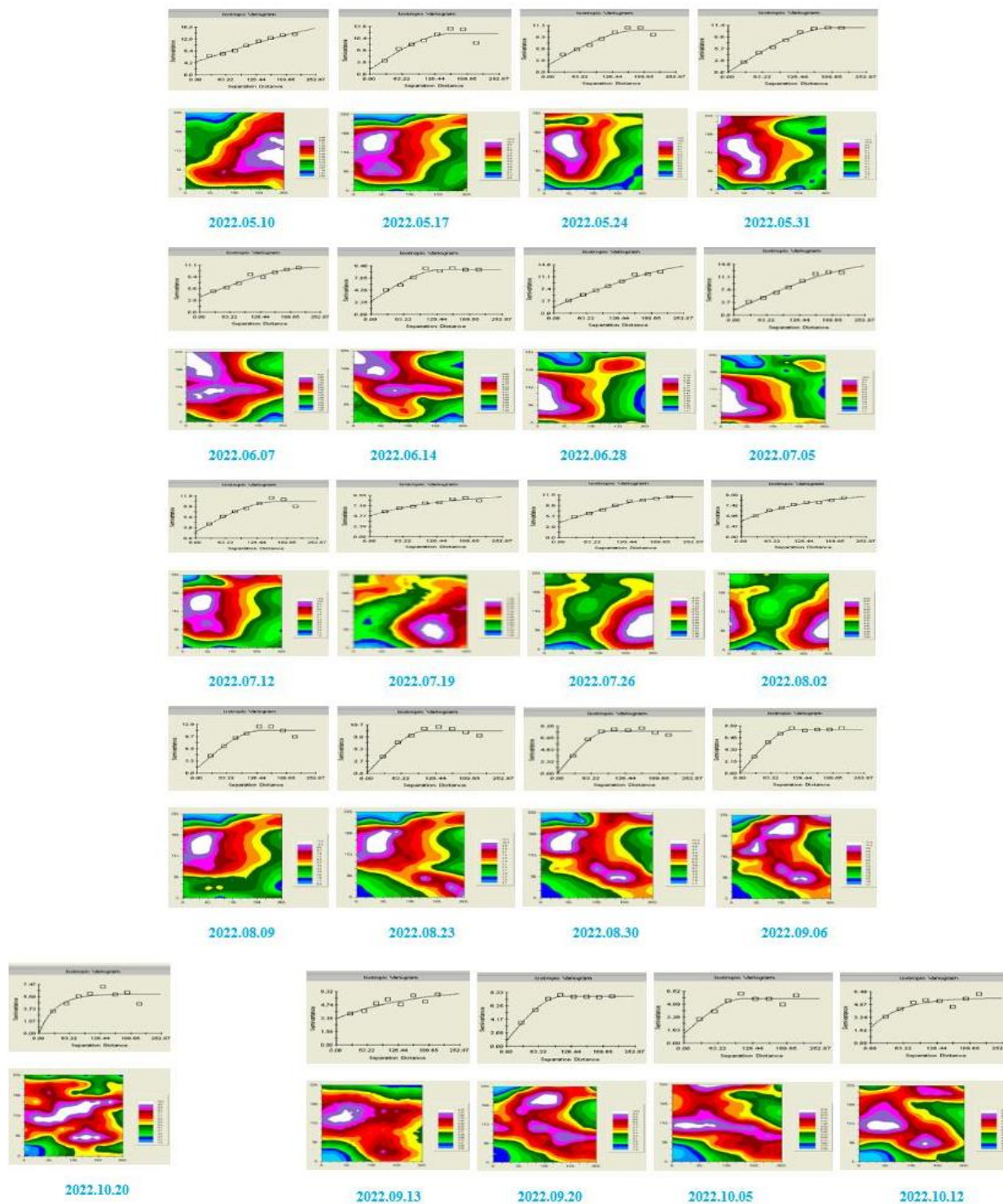
جدول ۲- مشخصات زمین آماری جمعیت کفشدوزک *Coccinella septempunctata* در مزرعه یونجه شهرستان دزفولTable 2. Geostatistical characteristics of *Coccinella septempunctata* population in the alfalfa field in Dezful County

| Sampling date | Model       | nugget | Sill  | Rang  | Effective range (m) | DD    | R <sup>2</sup> | RSS   |
|---------------|-------------|--------|-------|-------|---------------------|-------|----------------|-------|
| 2022.05.10    | Spherical   | 4.57   | 19.42 | 418.3 | 418.3               | 0.765 | 0.98           | 1.01  |
| 2022.05.17    | Spherical   | 1.28   | 11.69 | 158.8 | 158.8               | 0.891 | 0.83           | 11.4  |
| 2022.05.24    | Spherical   | 1.71   | 10.01 | 182.1 | 182.1               | 0.829 | 0.93           | 2.85  |
| 2022.05.31    | Spherical   | 0.01   | 10.89 | 196.2 | 196.2               | 0.999 | 0.99           | 0.514 |
| 2022.06.07    | Spherical   | 3.59   | 10.61 | 240.4 | 240.4               | 0.662 | 0.95           | 1.46  |
| 2022.06.14    | Spherical   | 2.5    | 8.731 | 141   | 141                 | 0.714 | 0.95           | 0.963 |
| 2022.06.28    | Spherical   | 2.02   | 15.2  | 318.8 | 318.8               | 0.867 | 0.98           | 0.890 |
| 2022.07.05    | Spherical   | 1.44   | 14.84 | 297.9 | 297.9               | 0.903 | 0.97           | 1.98  |
| 2022.07.12    | Spherical   | 1.78   | 10.33 | 170.4 | 170.4               | 0.828 | 0.91           | 3.61  |
| 2022.07.19    | Exponential | 4.8    | 10.02 | 139.9 | 419.7               | 0.521 | 0.93           | 0.549 |
| 2022.07.26    | Spherical   | 3.99   | 10.91 | 226.3 | 226.3               | 0.634 | 0.99           | 0.244 |
| 2022.08.02    | Exponential | 3.74   | 10.63 | 138.3 | 414.9               | 0.648 | 0.96           | 0.228 |
| 2022.08.09    | Spherical   | 1.29   | 11.29 | 136.9 | 136.9               | 0.886 | 0.90           | 4.91  |
| 2022.08.23    | Spherical   | 0.1    | 9.37  | 111.3 | 111.3               | 0.989 | 0.92           | 2.37  |
| 2022.08.30    | Spherical   | 0.01   | 8.29  | 97.1  | 97.1                | 0.999 | 0.94           | 1.24  |
| 2022.09.06    | Spherical   | 0.01   | 7.97  | 112.6 | 112.6               | 0.999 | 0.99           | 0.192 |
| 2022.09.13    | Exponential | 3.11   | 6.85  | 160.6 | 481.8               | 0.546 | 0.78           | 0.963 |
| 2022.09.20    | Spherical   | 0.89   | 7.64  | 109.3 | 109.3               | 0.884 | 0.99           | 0.180 |
| 2022.10.05    | Spherical   | 1.18   | 5.606 | 111.2 | 111.2               | 0.790 | 0.84           | 1.31  |
| 2022.10.12    | Exponential | 1.93   | 5.75  | 59.5  | 178.5               | 0.664 | 0.75           | 1.41  |
| 2022.10.20    | Exponential | 0.01   | 6.01  | 34.3  | 102.9               | 0.998 | 0.59           | 4.27  |



شکل ۱- سمی‌واریوگرام و نقشه‌های کریجینگ جمعیت کفشدوزک *Coccinella septempunctata* در تاریخ‌های مختلف در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد

Fig. 1. Semivariogram and contour maps of the *Coccinella septempunctata* population on different dates in the alfalfa field of Boroujerd County



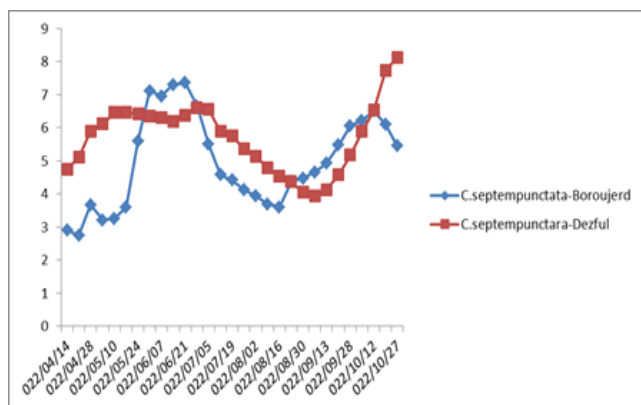
شکل ۲. سمی‌واریوگرام و نقشه‌های کریجینگ جمعیت کفشدوزک *Coccinella septempunctata* در تاریخ‌های مختلف در مزرعه یونجه شهرستان دزفول

Fig. 2. Semivariogram and contour maps of the *Coccinella septempunctata* population on different dates in the alfalfa field of Dezful County

در انجام این پژوهش با توجه به این که در ارتباط با مقیاس وابستگی مکانی کفشدوزک‌ها در مزارع یونجه مناطق مورد مطالعه، اطلاعی در دسترس نبود به‌همین منظور برای نمونه‌برداری از روش شبکه‌بندی منظم استفاده گردید که کارآمدترین الگوی نمونه‌برداری از نظر کاهش پراکندگی نمونه و همچنین پوشش دادن منطقه مورد نظر می‌باشد. نمونه‌برداری در این شبکه‌های منظم، حداکثر اطلاعات را از آن منطقه در اختیار ما قرار می‌دهد و انتخاب نمونه در هر شبکه به‌صورت تصادفی می‌باشد (McBratney et al., 1981). پژوهشگران مختلفی از جمله (Park & Telfson, 2005) به‌منظور تعیین نحوه پراکنش مکانی کرم‌های ریشه‌ذرت *Diabrotica* spp (Schotzk & Keffe 1989) پراکنش مکانی سن *Lygus hesperus knight*، (Wright et al., 2002) توزیع مکانی و خسارت کرم ساقه‌خوار اروپایی *O. nubilalis* از زمین‌آمار استفاده نمودند. استفاده از پارامترهای زمین‌آمار می‌تواند اطلاعات بسیاری در ارتباط با الگوی پراکنش جمعیت‌ها، در اختیار ما قرار دهد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در تمام تاریخ‌های نمونه‌برداری نسبت ناگت (Nugget) به سقف واریوگرام بسیار پایین و درجه وابستگی مکانی بین داده‌ها بالا بود و همچنین ضریب تبیین در اکثر موارد بسیار بالا و بین ۰/۵۲ تا ۰/۹۹ حاصل شد، که بیانگر الگوی پراکنش تجمعی گونه‌ی مورد مطالعه بوده و وابستگی مکانی قوی بین جمعیت این گونه وجود داشت. همچنین جمعیت کفشدوزک‌ها بهترین برازش را با مدل کروی و نمایی نشان دادند. الگوی پراکنش مکانی تجمعی برای حشرات دیگری از جمله سوسک برگ‌خوار غلات *Oulema. melanopus* توسط (Reay-Jones, 2012)، مگس اصطل *Stomoxys calcitrans* توسط (Taylor et al., 2013)، کرم ریشه‌خوار انگور *Vitacea polistiformis* توسط (Rijal et al., 2014) نیز گزارش گردیده است. مقادیر دامنه یا شعاع تأثیر تغییرنا در انتخاب فاصله بین نمونه‌ها، حائز اهمیت است به‌طوری‌که با افزایش دامنه، فاصله بین نمونه‌ها افزایش می‌یابد و در یک مزرعه با مساحت معین، تعداد نمونه کمتری نیاز می‌باشد که در نتیجه هزینه نمونه‌برداری

کاهش می‌یابد. در این ارتباط در پژوهشی توسط (Ellsburly et al., 1998) ویژگی‌های زمین‌آمار دو گونه کرم ریشه‌ذرت (*Diabrotica virgifera*, *D. barberi*) شامل منحنی‌های واریوگرام و نقشه‌های کریجینگ طی سال‌های ۱۹۹۵-۱۹۹۶ بررسی و منحنی واریوگرام آن‌ها با استفاده از مدل کروی برازش شد که نشانگر توزیع تجمعی این جمعیت بوده و دامنه مکانی آن برای گونه *D. Virgifera* از ۱۸۰ تا ۵۵۰ متر و برای گونه *D. barberi* از ۱۷۰ تا ۲۸۱ متر گزارش گردید. در پژوهشی دیگر مشخصه‌های زمین‌آمار شته‌های مهم گندم *Schizaphis graminum*، *Sitobion avenae* و *Rhopalosiphum padi* در مزارع گندم دیم بروجرد توسط (Mohiseni et al., 2007) بررسی و دامنه وابستگی مکانی را برای این سه گونه به‌ترتیب ۱۳۸، ۱۱۹ و ۹۰ متر برآورد شد. در این تحقیق حداقل دامنه مؤثر برای گونه *C. septempunctata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد ۹۴/۶ متر و در مزرعه یونجه دزفول ۹۷/۱ متر برآورد گردید، به‌منظور طراحی شبکه‌های نمونه‌برداری سیستماتیک در زمین‌آمار، فاصله بین نمونه‌ها را می‌توان تا ۷۵ درصد مقادیر دامنه مؤثر افزایش داد (Hasani Pak, 2007). در نتیجه با افزایش مقادیر دامنه مؤثر در یک مزرعه با مساحت مشخص جهت برآورد تراکم جمعیت‌ها، به تعداد نمونه کمتری نیاز خواهد بود و می‌توان هزینه‌های نمونه‌برداری را کاهش داد. البته این به‌شرطی است که مقدار ناگت در حدود صفر باشد. با توجه به این‌که مقدار ناگت در این تحقیق بالا بود، بنابراین دستیابی به نقشه‌های کریجینگ کاملاً نا‌اریب تا حدودی غیرممکن است. اندازه ناگت با اندازه واحد نمونه رابطه عکس دارد و اندازه یا تعداد نمونه می‌تواند در بزرگی ناگت مؤثر باشد (Liebhold et al., 1993). در نتیجه برای افزایش دقت در محاسبه واریوگرام‌ها و همچنین نقشه کریجینگ، می‌بایست فاصله بین نمونه‌ها را کاهش و اندازه نمونه را افزایش داد (Rendu, 1981). در این پژوهش با انتخاب شبکه‌های کوچک‌تر احتمال کاهش مقادیر ناگت وجود داشت ولی از طرفی با توجه به وسعت مناطق نمونه‌برداری، امکان انتخاب شبکه‌های کوچک‌تر نبود چرا که

به ترتیب در برکلی (کالیفرنیا) و ایتاكا (نیویورک) در ماه‌های می و سپتامبر بسیار بالا بود. در پژوهشی دیگر عنوان شد که تعداد این گونه کفشدوزک در مزارع یونجه در ژاپن در اواخر ماه می و اوایل ماه ژوئن به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد (Nakashima & Akashi, 2005). حضور کفشدوزک‌ها تعداد شته‌های یونجه را به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر قرار داده و به عنوان یکی از عوامل مهم تنظیم کننده جمعیت شته‌ها محسوب می‌شوند. روند تغییرات جمعیتی کفشدوزک‌های شکارگر تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله برداشت هر چین و منابع غذایی (Elliott *et al.*, 1999) و حضور سایر دشمنان طبیعی و شدت فعالیت آن‌ها (Schellhorn & Andow, 2005) و شرایط اقلیمی مانند دما و رطوبت (Nakashima & Akashi, 2005) می‌باشد. همچنین در مناطقی از مزرعه که معمولاً تراکم بالایی از شکار وجود دارد، اغلب فعالیت شکارگرها در آن نقاط نیز بیشتر است (Lang, 2003; Park & Obrycki, 2004; Moser & Obrycki, 2009).



شکل ۳- تغییرات جمعیت کفشدوزک *Coccinella septempunctata* در

مزارع یونجه شهرستان‌های بروجرد و دزفول

Fig. 3. Population dynamic of *Coccinella septempunctata* in alfalfa fields Borujard and Dezful County

مزارع یونجه از جمله اکوسیستم‌های غنی از فون‌های بندپایان به شمار می‌آید. در سال‌های اخیر استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی علیه آفات می‌مانند شته‌ها، علاوه بر

تعداد نمونه و هزینه نمونه‌برداری به میزان قابل توجهی افزایش می‌یافت. پژوهشگران مختلفی از جمله (Blom & Fleischer, 2001; Rong *et al.*, 2006; Grego *et al.*, 2006; Bressan *et al.*, 2010) مقادیر غیر صفر و حتی بالای ناگت را در مطالعات زمین‌آماري مربوط به حشرات با توجه به متحرک بودن حشرات و اثر عوامل مختلف گزارش نموده‌اند. نتایج به دست آمده از تجزیه وابستگی مکانی، به منظور تهیه نقشه پراکنش کفشدوزک گونه *C. septempunctata* در مزارع مورد مطالعه و تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌های کریجینگ (شکل ۱ و ۲) و نمودار پراکنش زمانی (شکل ۳)، نقاط تراکم جمعیت این گونه کفشدوزک شکارگر را در تاریخ‌های مختلف نشان می‌دهد. در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد این گونه از نواحی جنوب شرقی و شرقی مزرعه وارد شده و در تاریخ‌های بعدی نمونه‌برداری در سطح مزرعه پراکنده می‌شوند. در مزرعه یونجه شهرستان دزفول نیز کفشدوزک شکارگر *C. septempunctata* با تراکم بیشتر از نواحی غربی مزرعه وارد می‌شود و با تراکم کمتر در مناطق دیگر مزرعه مشاهده می‌شوند.

روند تغییرات زمانی میانگین جمعیت کفشدوزک *C. septempunctata* در هر دو مزرعه تا حد زیادی مشابه بوده و در ماه‌های فروردین تا اواخر خرداد جمعیت بالایی داشت و در خرداد ماه به اوج خود رسید. با بالا رفتن دما و کاهش جمعیت شته‌های یونجه در ماه‌های تیر تا اواسط شهریور، جمعیت این گونه کفشدوزک شکارگر کاهش یافت (شکل ۳). اوج جمعیت گونه کفشدوزک شکارگر *C. septempunctata* در مناطق مختلف دنیا در زمان‌های مختلفی گزارش شده است. رخشانی و همکاران در پژوهشی روی شته‌های یونجه و شکارگران آن‌ها در مزارع یونجه اصفهان، اوج جمعیت این کفشدوزک را در پاییز و منطبق با جمعیت شته‌های یونجه عنوان نمودند (Rakhshani *et al.*, 2009). سامر (Summer, 1976) و ویلر (Wheeler, 1977) در تحقیقات خود اظهار داشتند که جمعیت کفشدوزک‌های شکارگر *C. septempunctata* در مزارع یونجه

طبیعی و شکارها نیز این امکان را فراهم می‌کند تا جمعیت دشمنان طبیعی در سطح مزرعه با اجرای مدیریت تلفیقی مکان-ویژه‌ی آفات حفظ گردد. هم‌چنین می‌توان از الگوی پراکنش مکانی-زمانی در تهیه برنامه‌های نمونه‌برداری استفاده نمود و تعیین کرد که نمونه‌برداری در چه زمانی انجام پذیرد که بهترین تخمین از جمعیت حشرات امکان‌پذیر گردد. در پایان میتوان گفت که بررسی امکان استفاده از این روش به‌جای روش‌های نمونه‌برداری‌های مکرر می‌تواند انجام پروژه‌های تحقیقاتی را بسیار آسان‌تر کند.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز (گرت شماره (SCU.AP.1401.437) قدردانی می‌شود.

هزینه‌های سم‌پاشی و آلودگی محیط زیست موجب از بین رفتن حشرات مفید و غیر هدف در این زیستگاه‌ها می‌گردد. کفشدوزک‌های شکارگر *C. septempunctata* از مهم‌ترین دشمنان طبیعی شته‌ها در مزارع یونجه محسوب می‌شود. حضور آن‌ها، تعداد شته‌های یونجه را به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار داده و به‌عنوان یکی از عوامل مهم تنظیم‌کننده جمعیت شته‌ها به‌شمار می‌آیند. مدیریت زیستگاه و تنوع آن می‌تواند نقش مهمی در افزایش تأثیر دشمنان طبیعی در کنترل زیستی آفات در بوم‌سامانه‌های کشاورزی ایفا کند، که در نتیجه علاوه بر کنترل آفات و کاهش مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی، منافع اقتصادی و زیست محیطی بسیاری را به‌همراه خواهد داشت. نقشه‌های کریجینگ براساس منحنی‌های سمی‌واریانس به‌عنوان نتایج این پژوهش، به‌خوبی تغییرات الگوی مکانی جمعیت آن‌ها را در طول فصل زراعی نشان می‌دهد. تهیه این نقشه‌های پراکنش و تعیین اندازه و موقعیت پچ‌ها و گپ‌های دشمنان

### References

- AFONIN, A.N., GREENE, S.L., DZYUBENKO, N.I. and A.N. FROLOV. 2008. Interactive agricultural ecological atlas of Russia and neighboring countries. Economic plants and their diseases, pests and weeds. Retrieved December 14, 2018. <http://www.agroatlas.ru>
- Ali, A. and P.Q. RIZVI. 2010. Age and stage specific life table of *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) at varying temperatures. World Journal of Agricultural Sciences. No. 6(3): 268-273. <https://www.researchgate.net/publication/239596914>
- ALSUHAIBANI, A.M. 1996. Entomofauna of Alfalfa in Riyadh, Saudi Arabia. Journal of King Saud University, Agricultural Sciences. No. 8(2): 269-277.
- ASAKEREH, H. 2008 Application of Kriging method for rainfall interpolation, case study, rainfall interpolation 17.3.1998 in Iran. Geography and Development Magazine, 42, 12-25 (in Persian).
- BLOM, P.E. and S.J. FLEISCHER. 2001. Dynamics in the spatial structure of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environmental Entomology. No. 30: 350-364. DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.2.350>
- BRESSAN, A., MORAL GARCIA, F.J., SEMETEEY, O. and E. BOUDON-PADIEU. 2010. Spatial temporal pattern of *Pentastiridius leporinus* migration in an ephemeral cropping system. Agricultural and Forest Entomology. No. 12: 59-68. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00450.x>
- CANEVARI, W.M., DAVIS, R.M., FRATE, C.A., GODFREY, L.D. and P.B. GOODELL. 2015. UC IPM pest management guidelines, alfalfa, UC ANR publication 3430. <http://www.ipm.ucdavis.edu>. [Accessed on 14 March 2024].
- CAPINERA, J.L. 2001. "Handbook of vegetable pests (1st. ed.)" Academic Press, California.

- COLLINS, K.L., BOATMAN, N.D., WILCOX, A., HOLLAND, J.M. and K. CHANEY. 2002. Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. Agriculture, Ecosystems and Environment. No. 93:337-350. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00340-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00340-1)
- DIONISIO, L.F.S., LIMA, A.C.S., IZIDÓRIO, R.M., SANTOS, A.V., ORRILLO, H.M., LIMA, G.L. 2016. Monitoramento de insetos e distribuição espacial de *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae) em unidade de beneficiamento e armazenamento de grãos. Revista Agroambiente On-line, DOI: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3273>
- ELLIOTT, N.C., KIECKHEFER, R.W., LEE, J.H. and B.W. FRENCH. 1999. Influence of within - field and landscape factors on aphid predator populations in wheat. Landscape Ecology. No. 14: 239 - 252. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1008002528345>
- ELLSBURY, M.M., WODESON, W.D., CLAY, S.A., MALO, D. and J. SCHUMACHER. 1998. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence. Environmental Entomology. No. 27(4): 910-917. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/27.4.910>
- FARAH, S. and H. SADEGHI. 2008. Species diversity of aphids and ladybugs in wheat fields, Mashhad city, Khorasan Province. Journal of plant protection. No. 23(2): 89-95. (In Persian with English summary). DOI: <https://sid.ir/paper/142693/fa>
- GARCIA, A.G., ARAUJO, M.R., URAMOTO, K., WALDER, J.M.M. and R.A. ZUCCHI. 2017. Geostatistics and geographic information system to analyze the spatial distribution of the diversity of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae): the effect of forest fragments in an urban area. Environmental Entomology. No. 46: 1189 –1194.
- GARZIA, T. G., SISCARO, G., BIONDI, A. AND ZAPPALA, L. 2011. Distribution and damage of *Tuta absoluta*, an exotic invasive pest from South America. In: International symposium on management of *Tuta absoluta* (Tomato borer) Proceeding. Agadir, Morocco, November, 16-18.
- GHAHREMANI, M., KARIMZADEH, R. and S. IRANIPOUR. 2023. Using statistical methods to determine spatio-temporal distribution of aphids and aphidophagous ladybirds in alfalfa fields. Journal of Entomological Society of Iran. No. 43(4): 393-404. DOI: <https://doi.org/10.61186/jesi.43.4.7>
- GHANAVATI, F., MOZAFFARI, H. 2020. Eco-geographical Distribution of Annual Medic Species in Iran. Seed and Plant Journal, No.2 (3): 285-299
- GOOVAERTS, P. 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. Biology and Fertility of Soils. No. 27: 315-334. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s003740050439>
- GREGO, C.R., VIEIRA, S.R. and A.L. LOURENCAO. 2006. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* Franclemont in triticale under no-till management. Scientific Agriculture No. 63: 321-327. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162006000400002>
- HASANI PAK, A. 2007. Geostatistics. University of Tehran Press. Tehran, Iran. 314 pp.
- ISAAKS, E.H. and R.M. SRIVASTAVA. 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, USA. 561 pp.
- JOKAR, M. 2023. Partial Distribution of Cotton Bollworm in Southeastern Shores of the Caspian Sea, Golestan Province, Iran. Current Applied Science and Technology, 23(1): 1-8.
- KARIMZADEH, R., HEJAZI, M.J., HELALI, H., IRANIPOUR, S. and S.A. MOHAMMADI. 2011. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. Environmental Entomology. No. 40: 1253-1265. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-010-9202-5>
- KATHRINE, A. R. 2001. Geostatistic using SAS software. Own analyticinc. 360 PP. Oxford University Press. London. doi.org/10.1007/978-3-642-03647-7\_8
- KARIMZADEH, R., ZAKERI, M. and S. IRANIPOUR. 2015. Determination of spatial distribution *Hypera postica*

- and *Sitona* spp (Coleoptera: Curculionidae) using geostatistics. Applied Entomology and Phytopathology. No. 83: 223-236.  
DOI: <https://civilica.com/doc/1517136>
- KAVALLIERATOS, N.G., STATHAS, G.J. and Z. TOMANOVIC. 2002. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiidae) on citrus: seasonal abundance, association with the species of host plant, and sampling indices. Phytoparasitica. No. 30(4): 365-377. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02979684>
- KONTODIMAS, D.C. and G.J. STATHAS. 2005. Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dyaphis crataegi*. Biocontrol. No. 50(2): 223-233.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-004-0455-7>
- LANG, A. 2003. Intraguild interference and biocontrol effects of generalist predators in a winter wheat field. Oecologia. No. 134: 144-153.  
DOI: <https://www.jstor.org/stable/4223485>
- LIEBHOLD, A.M., ROSSI, R.E. and P. KEMP. 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. Annual Review of Entomology. No. 38: 303-327. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.en.38.010193.001511>
- MADANI, H. 1994. Fundamental of Geostatistics. Amirkabir University Press. 659 pp.
- MCBRATNEY, A.B., WEBSTER, R. and T.M. BURGESS. 1981. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables - I: theory and method. Computers & Geosciences. No. 7: 331-334.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(81\)90077-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(81)90077-7)
- MILONAS, P., GOGOU, C., PAPADOPOULOU, A., FOUNTAS, S., LIAKOS, V., and PAPADOPOULOS, N. T. 2016. Spatio-temporal distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) and *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) in a cotton production area. Neotropical entomology, 45(10): 240-251.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0358-6>
- MOHISENI, A.A., PIRHADI, A. and A. NABATI. 2007. Geostatistical analyzes of important wheat aphids in dry wheat fields of Borujerd city. The 18<sup>th</sup> Iranian plant protection Congress. Boali Sina University, Hamedan. 423pp. (In Persian with English summary).
- MOHAMMADIAN, R., ZAMANI, A.A., VAHEDI, H., TAFAGHODINIA, B. 2024. Comparison of Spatial distribution of tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* using geostatistics and fuzzy-neural network methods. Applied Entomology and Phytopathology, No. 92(1): 57-66
- MOSER, S.E. and J.J. OBRYCKI. 2009. Competition and intraguild predation among three species of coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae). Annals of the Entomological Society of America. No. 102: 419-425. DOI: <https://doi.org/10.1603/008.102.0310>
- NAKASHIMA, Y. and M. AKASHI. 2005. Temporal and within-plant distribution of the parasitoid and predator complexes associated with *Acyrtosiphon pisum* and *A. kondoi* (Homoptera: Aphididae) on alfalfa in Japan. Applied Entomology and Zoology. No. 40(1): 137-144. DOI: <http://dx.doi.org/10.1303/aez.2005.137>
- NAZARI, M., MOZAFARIAN, F. and Y. MAAROSIK. 2001. Identification of the natural enemies of wheat aphids in Karaj region. 15<sup>th</sup> Iranian plant protection Congress. 7-11 September, Razi University of Kermanshah, Iran, P. 21.
- PARK, Y.L. and J.J. TELFSON. 2005. Spatial prediction of corn rootworm (coleopteran: Chrysomelidae) adult emergence in Iowa cornfields. Journal of Economic Entomology. No. 98: 121- 128.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/98.1.121>
- PARK, Y.L. and J.J. OBRYCKI. 2004. Spatio-temporal distribution of corn leaf aphids (Homoptera: Aphididae) and lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iowa cornfields. Biological Control. No. 31: 210-217. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.06.008>
- PUTNAM, D.H., RUSSELLE, M., ORLOFF, S., KUHN, J. and L. FITZHUGH. 2001. Alfalfa, Wildlife and the Environment. The Importance and Benefits of Alfalfain the 21<sup>st</sup> century. A Friendly and Informative Guide to Alfalfa, the Queen of Forages. California Alfalfa and Forage Association Press. 24 pp.

- RAKHSANI, E., EBADI, R. and A.A. MOHAMMADI. 2009. Population dynamics of alfalfa aphids and their natural enemies, Isfahan, Iran. Journal of Agricultural Science and Technology. No. 11: 505-520. <https://www.researchgate.net/publication/228509444>
- RATCLIFFE, S.T., GRAY, M.E. and K.L. STEFFEY. 2014. IPM: field crops: spotted alfalfa aphid (*Therioaphis maculata*). [Aquired, October 26. 2014] Available from: DOI: [https://ipm.illinois.edu/fieldcrops/insects/spotted\\_alfalfa\\_aphid/index.html](https://ipm.illinois.edu/fieldcrops/insects/spotted_alfalfa_aphid/index.html)
- REAY-JONES, F.P.F. 2012. Spatial analysis of the cereal leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in wheat. Environmental Entomology. No. 41: 1516 – 1526. DOI: <https://doi.org/10.1603/en12103>
- RENDU, J.M. 1981. An Introduction to Geostatistical Methods of Mineral Evaluation. South African Institute of Mining and Metallurgy Press. Johannesburg. 84 pp.
- RICHARDS, L.A and A.M. HARPER. 1978. Oviposition by *Nabis alternatus* (Hemiptera: Nabidae) in alfalfa. The Canadian Entomologist. No. 110: 1359-1362. DOI: <https://doi.org/10.4039/Ent1101359-12>
- RIJAL, J.P., BREWSTER, C.C. and J.C. BERGH. 2014. Spatial distribution of grape root borer (Lepidoptera: Sesiidae) infestations in Virginia vineyards and implications for sampling. Environmental Entomology. No. 43: 716 - 728. DOI: <https://doi.org/10.1603/EN13285>
- RONG, J., DIAN-MO, L., BAO-YU, X., ZHE, L. and M. DONG- LI. 2006. Spatial distribution of oriental migratory locust (Orthoptera: Acrididae) egg pod populations: implications for site-specific pest management. Environmental Entomology. No. 35: 1244-1248. DOI: <http://www.insect.org.cn/EN/Y2006/V49/I3/410>
- SALLY, R., SINGH, S.R., WALTERS, K.F.A. and P.H. NORTHING. 2004. Consumption rates and predatory activity of adult and fourth instar larvae of the seven spot ladybird, *Coccinella septempunctata* (L.), following contact with dimethoate residue and contaminated prey in laboratory arenas. Biological Control. No. 30: 127-133. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.01.003>.
- SARMADIAN, F., KESHAVARZI, A., ODAGIU, A., ZAHEDI, Gh. & JAVADIKIA, H. (2014) Map- ping of spatial variability of soil organic carbon based on radial basis functions method. Pro-Environment 7, 3-9.
- SCHABER, B.D., HARPER, A.M. and T. ENTZ. 1990. Effect of swathing alfalfa for hay on insect dispersal. Journal of Economic Entomology. No. 83: 2427-2433. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/83.6.2427>
- SCHELLHORN, N.A. and D.A. ANDOW. 2005. Response of coccinellids to their aphid prey at different spatial scales. Population Ecology. No. 47: 71-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10144-004-0204-x>
- SCHOTZKO, D.J.O. and L.E. KEEFFE. 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in Lentis. Economic Entomology. No. 82: 1277-1288. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/82.5.1277>
- SEETHALAM, M., BAPATLA, K. G., KUMAR, M., NISA, S., CHANDRA, P., MATHYAM, P., AND SENGOTTAIYAN, V. 2021. Characterization of *Helicoverpa armigera* spatial distribution in pigeonpea crop using geostatistical methods. Pest Management Science, 77(11): 4942-4950. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6536>
- SHABANI NEJAD, A. AND TAFAGHODINIYA, B. 2017. Evaluation of Geostatistical Methods and Artificial Neural Network for Estimating the Spatial Distribution of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in Cucumber field Ramhormoz. Journal of Applied Entomology and Phytopathology 85(11): 22-30. [In Persian with English summary]. DOI: <https://doi.org/10.22092/jaep.2017.107121.1110>
- SHAYESTEHMEHR, H. 2014. Spatio-temporal distribution of *Therioaphis maculata* Buckten, *Aphis craccivora* Koch and coccinellid lady beetles in alfalfa fields of karkaj. M.Sc thesis Department of Plant Protection, Tabriz University, Iran.
- SHEKARIAN, B. and A. REZVANI. 2002. Cereal aphids, population percentage and their natural enemies in

- wheat fields of Lorestan province. 15<sup>th</sup> Iranian plant protection Congress. 7-11 September, Razi University of Kermanshah, Iran, P. 23.
- SHOJI, T. & KITaura, H. 2006 Statistical and geostatistical analysis of rainfall in central Japan. Computers and Geosciences 32, 1007-1024.
- SLOGGETT, J.J. 2005. Are we studying too few taxa? Insights from aphidophagous ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). European Journal of Entomology. No. 102: 391-398.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.14411/eje.2005.056>
- SOLEIMANI, S. and H. MADADI. 2015. Seasonal dynamics of: the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), its natural enemies the seven spotted lady beetle *Coccinella septempunctata* Linnaeus and variegated lady beetle *Hippodamia variegata* Goeze, and their parasitoid *Dinocampus coccinellae* (Schrank). Journal of Plant Protection Research. No. 55: 421-428. (in Persian with English summary).  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/jppr-2015-0058>
- SUMMERS, C.G. 1976. Population fluctuations of selected arthropods in alfalfa: influence of two harvesting practices. Environmental Entomology. No. 5: 103-110.
- TAYLOR, D.B., FRIESEN, K. and J. JERRY ZHU. 2013. Spatial - temporal dynamics of stable fly (Diptera: Muscidae) trap catches in eastern Nebraska. Environmental Entomology. No. 42: 524-531.  
DOI: <https://doi.org/10.1603/EN12258>
- UTSET, A., RUIZ, M.E., HERRERA, J. and .P. DELEON. 1998. A geostatistical method for salinity sample site spacing. Geoderma. No. 86: 143-151.
- VAN, W., WERF, E.W. and J. POWELL. 2000. Measuring and modeling the dispersal of *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) in alfalfa fields. European Journal of Entomology. No. 97: 487-493. DOI: <http://dx.doi.org/10.14411/eje.2000.075>
- WHEELER, A.G. 1977. Studies on the arthropod fauna of alfalfa, predaceous insects. Canadian Entomologist. No. 109: 423-427.  
DOI: <https://doi.org/10.4039/Ent109423-3>
- WRIGHT, R.J., YOUNG, T.A., JARVI, K.J. and R.C. SEYMOUR. 2002. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. Environmental Entomology. No. 31(1): 160-167.  
DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.1.160>