

Research Article

Determination of spatial distribution of *Therioaphis maculata* population and its predatory ladybird *Hippodamia variegata*, using geostatistical characteristics in an alfalfa field located in Boroujerd County

Iman Sabouri^{✉1}, Arash Rasekh¹, Amir Mohesni Amin²



¹ Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

² Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Corresponding author

✉ imansabouri900@gmail.com

Abstract

Keywords

Kriging, Site Specific IPM, Spatial autocorrelation, Semivariance, Variography

Spotted alfalfa aphid, *Therioaphis maculata* is one of the most important aphid species, and *Hippodamia variegata* is important predator in alfalfa fields. This research investigated the spatial structure to achieve site-specific integrated management in an alfalfa field located in Boroujerd County, Lorestan province with an area of seven-hectare, divided into 130 grids of 25 x 25 m. Sampling of aphids and ladybirds was done using a 1 x 1m quadrat, and in each grid, two quadrats were thrown randomly, and the number of ladybirds inside the quadrats was counted. For aphids, six stems were selected and counted from each quadrat. The results for *T. maculata* showed that 16 sampling datasets were fit with a spherical model, and two datasets with an exponential model, out of 18 sampling datasets. For the ladybird, 14 data showed a better fit with a spherical model and 8 data with an exponential model (a total of 22 sampling datasets). The degree of spatial dependence for the above aphid was between 0.742 and 0.999, and for the ladybird, between 0.500 and 0.999, which shows that more than 50% of the variability between the data has a spatial structure. The distribution pattern of both species was aggregative, and the effective range for the aphid species was between 90.6 and 556.2 m. in the spherical model and between 102.6 and 357.5 for *H. variegata*. Preparation of distribution maps for this natural enemy and prey allows for maintaining the population of natural enemy at the field level by implementing site-specific integrated pest management.

Received: 12 April 2024

Revised: 29 July 2024

Accepted: 6 August 2024

Available online: 16 April 2025

Cite this article:

Sabouri I, Rasekh A, Mohesni Amin A, 2025. Determination of spatial distribution of *Therioaphis maculata* population and its predatory ladybird *Hippodamia variegata*, using geostatistical characteristics in an alfalfa field located in Boroujerd County. *J Appl Res Plant Prot* 14 (2): 83–98.

<https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2025.19612>



Copyright© 2025 University of Tabriz, Published by the University of Tabriz.

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

تعیین پراکنش مکانی شته *Therioaphis maculata* و کفشدوزک شکارگر آن *Hippodamia variegata* با استفاده از زمین آمار در یک مزرعه یونجه واقع در شهرستان بروجرد

ایمان صبوری^۱، آرش راسخ^۱، امیر محسنی امین^۲

^۱ گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

^۲ موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

نویسنده مسئول: imansabouri900@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۴ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۸ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶

چکیده

شته خالدار یونجه *Therioaphis maculata* از مهم‌ترین گونه‌های شته و کفشدوزک *Hippodamia variegata* از شکارگران مهم آن در مزارع یونجه محسوب می‌شوند. این پژوهش در فصل زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ با هدف بررسی ویژگی‌های زمین‌آماري این آفت و کفشدوزک شکارگر آن در یک مزرعه یونجه در شهرستان بروجرد (لرستان) با مساحت هکتار انجام شد. این مزرعه به ۱۳۰ شبکه ۲۵ × ۲۵ متری تقسیم و نمونه‌برداری با استفاده از یک کادر ۱ × ۱ متری انجام پذیرفت. در هر شبکه دو کادر به صورت تصادفی انداخته و تعداد کفشدوزک‌های داخل کادرها شمارش و برای شته‌ها از داخل هر کدام از کادرها، شش ساقه انتخاب و شمارش گردید. نتایج تجزیه‌های زمین‌آماري برای شته فوق نشان داد از ۱۸ مرحله نمونه‌برداری، ۱۶ مورد با مدل کروی و دو مورد با مدل نمایی و برای کفشدوزک از ۲۲ مرحله نمونه‌برداری، ۱۴ مورد با مدل کروی و هشت مورد با مدل نمایی برازش بهتری نشان دادند. درجه وابستگی مکانی برای شته فوق بین ۰/۷۴۲ تا ۰/۹۹۹ و برای کفشدوزک بین ۰/۵۰۰ تا ۰/۹۹۹ قرار گرفت که نشان می‌دهد بیش از ۵۰ درصد از تغییرپذیری (واریانس) بین داده‌ها دارای ساختار مکانی هستند. الگوی پراکنش هر دو گونه از نوع تجمع‌ی و ضریب تبیین بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۹ متغیر بود. دامنه مؤثر در مدل کروی برای گونه شته بین ۹۰/۶ تا ۵۵۶/۲ و برای کفشدوزک بین ۱۰۲/۶ تا ۳۵۷/۵ متر قرار گرفت. تهیه نقشه‌های پراکنش برای دشمن طبیعی و شکار، این امکان را می‌دهد تا با اجرای مدیریت تلفیقی مکان-ویژه آفات، جمعیت دشمنان طبیعی در سطح مزرعه حفظ شود.

کلمات کلیدی: سمی‌واریانس، کریجینگ، مدیریت تلفیقی مکان ویژه، وابستگی مکانی، واریوگرام

مقدمه

رگبرگ‌ها می‌گردند که در تراکم بالای جمعیت موجب نابودی و خشک شدن بوته‌ها می‌شود علاوه بر این عسلک ترشح شده توسط شته و به دنبال آن رشد قارچ دوده روی برگ، باعث کاهش کیفیت علوفه می‌گردد (Mittler & Sylvester 1961; Karser & Schalk 1973; Rakhshani et al. 2006; Golawska et al. 2010). گزارش‌هایی از پراکنش این گونه از نقاط مختلف دنیا (Lauriault et al. 2011; Canevari et al. 2015)، و همچنین در مناطق مختلف ایران به خصوص در چین‌های دوم و سوم (Khanjani 2008) ارائه شده است. در بین دشمنان طبیعی شته‌ها، کفشدوزک‌ها از عوامل مؤثر در اکوسیستم‌های زراعی محسوب می‌شوند که در ایجاد تعادل و تنظیم طبیعی جمعیت آن‌ها دخالت دارند. کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze به نقل از منابع مختلف، گونه مهم در مزارع یونجه و از شکارگرهای فعال و چندخوار

مزرعه یونجه به عنوان یک اکوسیستم دائمی یا نیمه دائمی به‌شمار می‌آید که دامنه وسیعی از بندپایان را در خود جای می‌دهد. بیش‌تر این گونه‌ها تأثیر چندانی روی میزان محصول ندارند و در واقع مزارع یونجه مشارکت مهمی در تنوع سیستم‌های کشاورزی دارند (Summers 1976; Grigorov 1982; Rassoulia 1985; Alsuhaibani 1996; و عوامل زیان‌آور، خسارت شته‌ها به خصوص در چین‌های دوم و سوم، به عنوان یکی از آفات حائز اهمیت یونجه شایان توجه می‌باشد (Rassoulia 1989; Nakashima & Akashi 2005; Canevari et al. 2015).

شته‌ها از جمله شته خالدار یونجه *Therioaphis maculata* Buckten از طریق تغذیه از شیر گیاهی و گاه تزریق بزاق سمی به داخل گیاه موجب زردی در محل تغذیه و در طول

این وابستگی بین نمونه‌ها می‌تواند در قالب مدل ریاضی که به آن ساختار مکانی (Spatial structure) می‌گویند، بیان گردد (Goovaert 1998; Hasani Pak 1998). در حشره‌شناسی از زمین‌آمار، با هدف تعیین میزان وابستگی مکانی بین داده‌های حاصل از نمونه‌برداری حشرات، تعیین نوع توزیع مکانی آن‌ها، برآورد جمعیت حشرات در مناطق نمونه‌برداری نشده و تهیه نقشه‌های پراکنش استفاده می‌گردد (Liebhold *et al.* 1991; Duarte *et al.* 2015). به عبارتی زمین‌آمار مجموعه‌ای از روش‌های آماری است که جهت تجزیه وابستگی مکانی بین داده‌های مکان‌مند و همچنین برآورد مقادیر متغیر در مکان‌های نمونه‌برداری نشده، استفاده می‌شود (Hojjati *et al.* 2012; Sciarretta & Trematerra 2014). زمین‌آمار شامل دو روش واریوگرافی (Variography) و کریجینگ (Kriging) است که در واریوگرافی، پراکنش مکانی آفت توسط منحنی‌های واریوگرام مورد بررسی قرار می‌گیرد و در روش کریجینگ با توجه به ساختار مکانی آفت، پراکندگی آن در مناطق مختلف مزرعه به صورت نقشه‌های پراکنش ارائه می‌گردد (Liebhold *et al.* 1993). نیم‌تغییرنما یا سمی‌واریوگرام (Semi-variogram) ابزاری اساسی در زمین‌آمار به شمار می‌آید که نمودار سمی‌واریانس بر اساس فاصله بین نمونه‌ها می‌باشد و همبستگی مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده را با توجه به فاصله و جهت آن‌ها نشان می‌دهد. به منظور محاسبه سمی‌واریانس، در قدم اول می‌بایست مجذور اختلاف یک کمیت (میزان جمعیت) در دو نقطه (هر زوج نمونه) به فاصله معین h محاسبه شوند، این محاسبه در مورد تمام نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند، انجام می‌گیرد. سپس مطابق با معادله شماره ۱، میانگین مجذور این اختلاف‌ها محاسبه و بر دو تقسیم می‌گردد (Madani 1994).

(۱)

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

روش کریجینگ با هدف برآورد مقدار متغیر ناحیه‌ای (مانند جمعیت آفت) در نقاط نمونه‌برداری نشده در مزرعه استفاده می‌گردد. به عبارتی تخمین زمین‌آمار فرآیندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت را در نقاطی با مختصات معلوم با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم برآورد کرد (Madani 1994). در زمین‌آمار هر چه وابستگی مکانی بین نمونه‌های گرفته شده از جمعیت یک

بوده و از گونه‌های مختلف شته‌ها مانند شته نخود، شته سیاه باقلا، شته مومی کلم، شته جالیز و دیگر آفات مکنده مانند زنجربک‌های خانواده Cicadellidae، لارو سرخرطومی‌ها، گرده گل‌ها و در شرایط گرسنگی از کنه تارتن تغذیه می‌کند (Obrycki & Orr 1990; Franzman 2002; Kavallieratos *et al.* 2002; Sally *et al.* 2004; Kontodimas & Stathas 2005; Soleimani & Madadi 2015) و انتظار می‌رود که در تمام نقاط ایران فعال باشد (Modarres Awal 1997). در دنیا پژوهشگران مختلفی، شناسایی و حفاظت از دشمنان طبیعی شته‌ها را مورد بررسی قرار داده‌اند (Chambers *et al.* 1986; Collins *et al.* 2002; Brewer & Elliot 2004) و شکارگرهای مختلفی مانند کفشدوزک‌ها را به عنوان عامل زیستی مهم کاهش‌دهنده جمعیت شته‌ها معرفی کرده‌اند (Elliot & Kieckhefe 1990; Pankanin-Franczyk & Ceryngier 1995; Clemen *et al.* 2004). در ایران نیز پژوهشگران مختلفی فعالیت کفشدوزک‌های *H. variegata* و *Coccinella septempunctata* (L) روی شته‌ها در محصولات گوناگون گزارش کرده‌اند. (Soleimani & Madadi 2015) در مزارع یونجه استان همدان، (Shayestehmehr & Ghahremani 2014) و در مزارع یونجه کرکج، (Shayesteh & Ranji 2023) در مزارع گندم ارومیه، (Shekarian & Rezvani 2015) و در مزارع گندم لرستان و کرج، (Farahi & Sadaghi 2008) و در مزارع گندم مشهد، فعالیت این کفشدوزک‌ها را گزارش نموده‌اند.

زمین‌آمار (Geostatistic) روشی است که مبتنی بر تئوری متغیرهای ناحیه‌ای (Regionalized variables) می‌باشد و با داده‌ها یا متغیرهای ناحیه‌ای ارتباط دارد و قادر به در نظر گرفتن جزء وابسته به مکان تغییرات است (Madani 1994). زمین‌آمار به بررسی آن دسته از متغیرها می‌پردازد که دارای ساختار مکانی بوده و به عبارتی بایستی ابتدا وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها بررسی و در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده‌ها انجام گیرد، به متغیرهایی که دارای این‌گونه ساختار مکانی باشند، متغیرهای ناحیه‌ای گفته می‌شود. از دیدگاه زمین‌آمار، هر نمونه تا حداکثر یک فاصله معین، با نمونه‌های اطراف خود دارای ارتباط مکانی می‌باشد که در این حالت امکان تشابه بین مقادیر نمونه‌های نزدیکتر بیشتر است، بطور کلی در زمین‌آمار تلاش می‌شود برآوردها دقیق‌تر باشند و زمان و محل مناسب برای اندازه‌گیری و جمع‌آوری اطلاعات مشخص شود (Madani 1994; Hasani Pak 1998).



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

نتایج و بحث

نتایج بررسی مشخصه‌های زمین‌آماري جمعیت شته *T. maculata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد نشان داد که از ۱۸ مورد نمونه‌برداری انجام شده، ۱۶ مورد با مدل کروی و دو مورد با مدل نمایی برازش داشتند (جدول ۱). در مدل‌های کروی و نمایی نسبت اثر قطعه‌ای به سقف بسیار پایین بود که موجب بالا رفتن درجه وابستگی مکانی گردید که نشان می‌دهد بین جمعیت شته‌ها وابستگی مکانی وجود دارد و الگوی پراکنش آن‌ها از نوع تجمعی می‌باشد. درجه وابستگی مکانی برای این گونه شته بین ۰/۷۴۲ تا ۰/۹۹۹ متغیر بود که بیانگر این موضوع است که بیش از ۷۰ درصد از تغییرپذیری (واریانس) بین داده‌ها مربوط به ساختار مکانی می‌باشد. دامنه مؤثر برای مدل کروی بین ۹۰/۶ تا ۵۵۶/۲ متر و برای مدل نمایی بین ۴۷۳/۴ تا ۹۷۵ متر برآورد گردید. در تمام واریوگرام‌ها به جزء یک مورد، مقدار ضریب تبیین بالا و بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۹ متغیر بود. در مطالعه‌ای که توسط (Liebhold et al. 1993)، روی توده‌های تخم شب پره ابریشم‌باف ناجور (*Lymantria dispar* (L.)) در جنگل‌های آمریکا انجام شد مقادیر وابستگی مکانی از سالی به سال دیگر و از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت و حدود نصف سقف واریوگرام (sill) و در برخی سال‌ها و در برخی مناطق، مقدار آن را کمتر از نصف سقف واریوگرام عنوان نمودند و دامنه مؤثر را از ۲۵ متر تا ۱۰۰ کیلومتر گزارش کردند.

نتایج بررسی آماره‌های زمین‌آماري در مورد کفشدوزک *H. variegata* نشان داد که از ۲۲ مورد نمونه‌برداری انجام شده ۱۴ مورد با مدل کروی و هشت مورد با مدل نمایی برازش داشتند (جدول ۲). نسبت اثر قطعه‌ای به سقف واریوگرام پایین بود که نتیجه آن بالا بودن درجه وابستگی مکانی و نشان‌دهنده الگوی پراکنش تجمعی آن‌ها می‌باشد. درجه وابستگی مکانی برای حشرات کامل گونه کفشدوزک *H. variegata* بین ۰/۵۰۰ تا ۰/۹۹۹ نوسان داشت که بیانگر وابستگی مکانی بین جمعیت این گونه بود. ضریب تبیین برای آن‌ها به جزء دو مورد، در بقیه

برای کاهش خطای نمونه‌برداری و ایجاد یکنواختی، نمونه‌برداری در کلیه تاریخ‌ها، در طول روز حدود ساعت هشت صبح تا ۱۲ ظهر انجام می‌شد. همچنین بعد از برداشت چین‌ها، زمانی که طول ساقه به حدود ۱۵ سانتی‌متر رسید نمونه‌گیری‌ها ادامه می‌یافت. برای نمونه‌برداری از جمعیت شته‌ها و کفشدوزک‌ها، از یک کادر 1×1 متری استفاده گردید که در هر شبکه مشخص شده تعداد دو کادر به صورت تصادفی انداخته و تعداد حشرات کامل کفشدوزک *H. variegata* به‌صورت مشاهده مستقیم شمارش و ثبت گردید. به دلیل دشواری تفکیک و شناسایی لاروهای گونه‌های مختلف کفشدوزک فعال در مزرعه، صرفاً شمارش حشرات کامل انجام گرفت. سپس جهت شمارش شته *T. maculata*، از هر کادر تعداد شش ساقه انتخاب و در مجموع در دو کادر، ۱۲ ساقه انتخاب و در داخل یک تشت تکان داده شده و پوره‌ها و حشرات کامل این گونه شته شمارش شدند. در کل تعداد ۲۲ مرحله نمونه‌برداری از تاریخ شروع تا پایان نمونه‌برداری انجام گرفت.

به منظور تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS، Excel 2010، ver. 26 و GS+ نسخه ۵/۱ استفاده گردید (Karimzadeh et al. 2011). نرمال بودن داده‌های مربوط به هر ایستگاه به کمک آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov test) بررسی گردید و در صورت نیاز به کمک یکی از روش‌های مناسب تبدیل داده "روش معکوس کردن" (Inverse) نرمال شده و در مختصات‌های تعیین شده قرار گرفتند. منحنی‌های واریوگرام و همچنین نقشه‌های کریجینگ برای هر تاریخ نمونه‌برداری، در داده‌هایی که بالاترین ضریب تبیین و درجه وابستگی مکانی را داشتند ارائه گردید که برای این منظور، مدل‌های مختلف کروی، خطی، گوسی و نمایی مورد آ

زمون قرار گرفتند که برای انتخاب بهترین مدل، مدلی که دارای بیشترین مقدار ضریب تبیین (Coefficient of determination) و کمترین مقدار مجموع مربعات باقیمانده‌ها (Residual sum of squares) بود به عنوان بهترین مدل انتخاب گردید. 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:

(۲)

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

محدوده مجازی می‌گردد که می‌توان از داده‌های موجود در آن برای تخمین مقدار متغیر ناحیه‌ای در نقاط نمونه‌گیری نشده استفاده نمود، دامنه موثر در طراحی شبکه‌های نمونه‌گیری کاربرد بسیاری دارند (Hasani Pak 1998).

موارد بین ۰/۷۹ تا ۰/۹۸ قرار گرفت. دامنه موثر برای مدل کروی بین ۱۰۲/۶ تا ۳۵۷/۵ متر و برای مدل نمایی به استثناء دو مورد که نسبتاً بالا بود در بقیه موارد بین ۹۵ تا ۵۸۷ متر برآورد گردید. بدیهی است که شعاع تأثیر بزرگ‌تر، دلالت بر ساختار مکانی گسترده‌تر دارد. این گسترش موجب افزایش

جدول ۱. مشخصات زمین‌آماري جمعیت شته *Therioaphis maculata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد.

Table 1. Geostatistical characteristics of *Therioaphis maculata* population in the alfalfa field in Boroujerd County.

Sampling date	Model	Nugget	Sill	Range (m)	Effective range (m)	DD (%)	R ²	RSS
2022.06.07	Spherical	0.15	18.16	226.8	226.8	0.992	0.99	0.741
2022.06.14	Spherical	0.01	20.05	224	224	0.999	0.99	1.70
2022.06.21	Spherical	0.23	26.86	214.1	214.1	0.991	0.98	6.39
2022.06.28	Spherical	2.26	23.25	200.3	200.3	0.903	0.99	2.88
2022.07.05	Spherical	0.54	20.9	151.1	151.1	0.974	0.97	8.33
2022.07.12	Spherical	1.1	20.03	159.3	159.3	0.945	0.94	15.8
2022.07.19	Spherical	1.22	20.13	124.2	124.2	0.939	0.55	164
2022.08.09	Spherical	0.16	19.21	90.6	90.6	0.992	0.41	194
2022.08.16	Spherical	0.33	22.13	135.3	135.3	0.985	0.71	118
2022.08.23	Spherical	0.78	30.81	173.4	173.4	0.975	0.91	59.7
2022.08.30	Spherical	3.08	29.46	158	158	0.895	0.96	21.1
2022.09.06	Spherical	3.02	23.74	156.6	156.6	0.870	0.94	16.8
2022.09.13	Exponential	4.1	39.2	325	975	0.895	0.98	7.65
2022.09.20	Spherical	4.09	34.13	556.2	556.2	0.880	0.99	4.28
2022.09.28	Spherical	3.13	29.02	472.7	472.7	0.892	0.99	3.44
2022.10.05	Spherical	2.69	29.54	478.2	478.2	0.909	0.99	3.16
2022.10.12	Exponential	2.73	23.92	157.8	473.4	0.886	0.97	7.12
2022.10.20	Spherical	3.92	15.22	219.7	219.2	0.742	0.90	10.9

مکانی علف‌های هرز را بررسی کردند. همچنین Soleimani & Madadi (2015)، Shayestehmehr (2014) و Klein et al. (2017) و Ghahremani et al. (2021) در مطالعاتشان پراکنش تجمعی را الگوی غالب معرفی کردند. نتایج بررسی آماره‌های زمین‌آماري این پژوهش در راستای پژوهش‌های محققین فوق، در تمام تاریخ‌های نمونه‌برداری با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌ای به سقف واریوگرام بسیار پایین و درجه وابستگی مکانی بین داده‌ها بالا بود و همچنین ضریب تبیین در اکثر موارد بسیار بالا و بین ۰/۷۱ تا ۰/۹۹ حاصل شد، که بیانگر الگوی پراکنش تجمعی گونه‌های مورد نظر و وابستگی مکانی بین این گونه‌ها بود. جمعیت این گونه‌ها بیشترین برآزش را با مدل کروی نشان دادند. همچنین در بیشتر موارد مقادیر اثر قطعه‌ای بالاتر از صفر بود. بصورت نظری با افزایش فاصله بین نمونه‌ها، مقادیر سمی‌واریانس هم به آرامی افزایش پیدا می‌کند و اثر قطعه‌ای در مبدا مختصات به سمت صفر نزدیک می‌شود. ولی در عمل در بسیاری موارد مقادیر

در این پژوهش از روش شبکه‌بندی منظم به منظور نمونه‌برداری 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 بصورت تصادفی می‌باشد (McBratney et al. 1981).

بررسی مشخصه‌های زمین‌آماري می‌تواند اطلاعات بسیاری در رابطه با الگوی پراکنش جمعیت‌ها، در اختیار ما قرار دهد. محققین مختلفی با استفاده از روش زمین‌آمار، الگوی پراکنش مکانی حشرات و علف‌های هرز را مطالعه نموده‌اند به عنوان مثال Schotzk & Keefe (1989) نحوه پراکنش مکانی سن پراکنش کرم مفتولی *Limoniis californicus* Mannerheim Williams et al. (1992) *Lygus hesperus knight* Wright et al. (2002) توزیع مکانی و خسارت کرم ساقه‌خوار اروپایی *Ostrinia nubilalis* و Katebi Far et al. (2019) توزیع

سمی‌واریانس در مبدأ صفر نیست و در فواصل کوتاه، تغییرات ناگهانی و سریع از خود نشان می‌دهد. این موضوع دلایل متعددی از جمله خطای نمونه‌برداری، بی‌نظمی در پراکنش جمعیت و یا لکه‌ای بودن جمعیت دارد که می‌تواند سبب مقادیر غیر صفر اثر قطعه‌ای باشد (Liebhold et al. 1993).

جدول ۲. مشخصات زمین‌آماري جمعیت کفشدوزک *Hippodamia variegata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد.

Table 2. Geostatistical characteristics of *Hippodamia variegata* population in the alfalfa field in Boroujerd County.

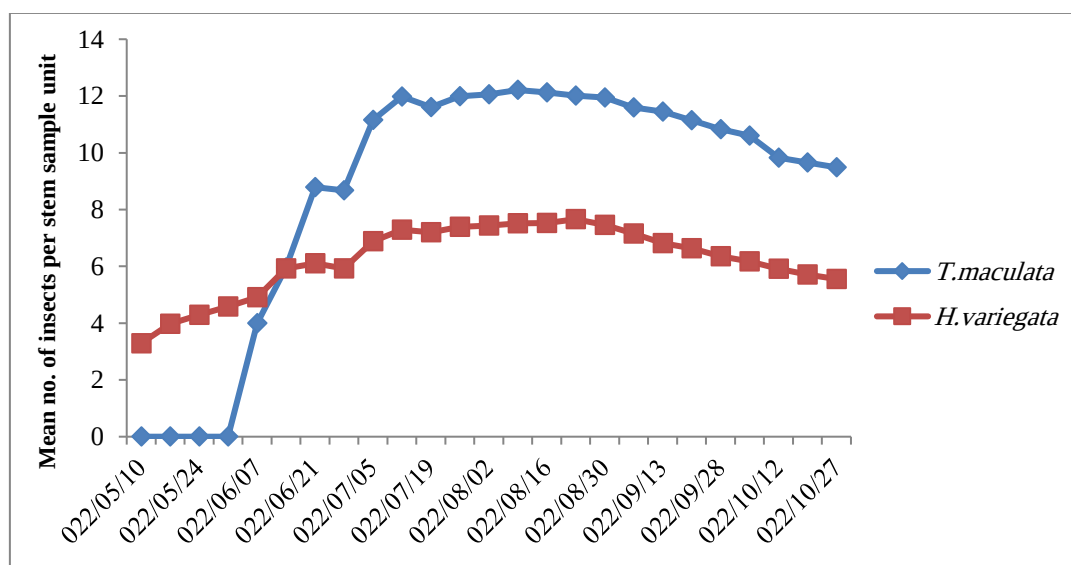
Sampling date	Model	Nugget	Sill	Range (m)	Effective range (m)	DD (%)	R ²	RSS
2022.05.10	Spherical	0.01	14.01	314.6	314.6	0.999	0.95	8.08
2022.05.17	Spherical	0.01	17.59	357.5	357.5	0.999	0.96	8.89
2022.05.24	Spherical	0.28	9.97	256.3	256.3	0.972	0.97	2.71
2022.05.31	Spherical	0.43	14.34	230.7	230.7	0.970	0.93	12.3
2022.06.07	Spherical	2.95	12.13	145.9	145.9	0.757	0.82	11.3
2022.06.14	Exponential	9.02	18.05	710.9	2132.7	0.500	0.17	15.3
2022.06.21	Exponential	0.01	13.63	32.7	98.1	0.999	0.83	5.06
2022.06.28	Exponential	0.01	7.82	31.7	95.1	0.998	0.81	3.68
2022.07.05	Spherical	0.17	7.36	198.5	198.5	0.977	0.93	3.40
2022.07.12	Exponential	0.63	9.18	33.7	101.1	0.931	0.90	1.74
2022.07.19	Exponential	0.01	9.96	35.3	105.9	0.999	0.79	6.64
2022.08.09	Exponential	4.77	9.54	533	1600	0.500	0.18	10
2022.08.16	Spherical	0.01	15.21	219	219	0.999	0.92	21.2
2022.08.23	Spherical	1.67	13.4	155.1	155.1	0.875	0.96	3.10
2022.08.30	Spherical	2.22	9.09	189.9	189.9	0.752	0.88	4.82
2022.09.06	Spherical	0.01	13.01	116.4	116.4	0.999	0.89	13.3
2022.09.13	Spherical	0.01	12.2	132.9	132.9	0.998	0.91	10.1
2022.09.20	Spherical	0.26	7.59	120	120	0.966	0.98	0.582
2022.09.28	Spherical	0.44	6.97	121.7	121.7	0.937	0.98	0.415
2022.10.05	Exponential	3.53	11.9	195.4	587.7	0.703	0.96	1.15
2022.10.12	Exponential	0.01	7.99	39.4	118.2	0.999	0.83	4.89
2022.10.20	Spherical	0.01	8.75	102.6	102.6	0.999	0.92	2.63

(Ellsburry et al. 1998). در مطالعه حاضر حداقل دامنه مؤثر برای گونه شته مورد مطالعه ۹۰/۶ متر و برای گونه کفشدوزک *H. variegata* در مدل کروی ۱۰۲/۶ متر برآورد گردید، بنابر پیشنهاد (Hasani Pak 1998) برای طراحی شبکه‌های نمونه‌برداری سیستماتیک در زمین‌آمار، فاصله بین نمونه‌ها را می‌توان تا ۷۵ درصد مقادیر دامنه مؤثر افزایش داد. در نتیجه با افزایش مقادیر دامنه مؤثر در یک مزرعه با مساحت معین جهت برآورد تراکم جمعیت‌ها، به تعداد نمونه کمتری نیاز خواهد بود و می‌توان هزینه‌های نمونه‌برداری را کاهش داد. البته این به شرطی است که مقدار اثر قطعه‌ای در حدود صفر باشد. با توجه به اینکه مقدار اثر قطعه‌ای در این تحقیق بالا بود بنابراین دستیابی به نقشه‌های کریجینگ کاملاً نا اریب تا حدودی غیرممکن است. اندازه اثر قطعه‌ای با اندازه واحد نمونه رابطه عکس دارد و اندازه یا تعداد نمونه می‌تواند در بزرگی اثر قطعه‌ای مؤثر باشد (Liebhold et al. 1993). در نتیجه برای بالا بردن دقت در محاسبه واریوگرام‌ها و همچنین نقشه کریجینگ، می‌بایست فاصله بین نمونه‌ها را کاهش و اندازه نمونه را افزایش داد (Rendu 1981).

در انتخاب فاصله بین نمونه‌ها، مقدار دامنه یا شعاع تأثیر تغییرنا اهمیت دارد بطوریکه با افزایش دامنه می‌توان فاصله بین نمونه‌ها را افزایش داد و در یک مزرعه با مساحت معین، تعداد نمونه کمتری نیاز می‌باشد که در نتیجه هزینه نمونه‌برداری کاهش می‌یابد. در این پژوهش برای هر دو گونه مورد مطالعه، مقادیر اثر قطعه‌ای پایین بوده (کمتر از نصف سقف واریوگرام) و درجه وابستگی مکانی بیش از ۰/۵ برآورد شد که به این معنا است که بیش از ۵۰ درصد از تغییرپذیری بین داده‌ها توسط وابستگی مکانی قابل توصیف می‌باشد که در نتیجه بالا بودن درجه وابستگی مکانی موجب افزایش دقت برآورد آماری برآوردها توسط کریجینگ می‌شود (Ellsburry et al. 1998). در پژوهشی ویژگی‌های زمین‌آماري دو گونه کرم ریشه ذرت (*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

نمودارهای رسم شده، تراکم جمعیت کفشدوزک شکارگر با گونه شته مورد نظر در مناطق مرکزی مزرعه تطابق دارد. اوج جمعیت گونه شته‌ی مورد مطالعه و کفشدوزک شکارگر آن در مناطق مختلف ایران در زمان‌های مختلفی گزارش شده است. بطور مثال Rassoulia (1985) در مزارع یونجه کرج بیشینه جمعیت شته خالدار یونجه را در مرداد ماه گزارش کرد. در پژوهش‌های Rakhshani *et al.* (2009) روی شته‌های یونجه و شکارگران آن‌ها در مزارع یونجه اصفهان، (Shayestehmehr 2014) در مزارع یونجه کرکج، پراکنش زمانی شته‌های یونجه و کفشدوزک‌های شکارگر آن‌ها را مورد بررسی قرار دادند که جمعیت شته خالدار یونجه در بازه زمانی تیرماه تا اواخر شهریور به تدریج افزایش یافته، همچنین روند تغییرات جمعیت کفشدوزک شکارگر *H. variegata* نیز مطابق با این گونه شته گزارش شد. (Tavousi *et al.* 2011) اوج فعالیت این گونه کفشدوزک را در مزارع یونجه در چین دوم و تا حدودی در چین سوم عنوان کردند. در تحقیقی، (Hodgson 2007) بیان کرد که شته خالدار یونجه در ماه می (خرداد) و اکتبر (مهر) به اوج خود رسیده و به مزارع یونجه خسارت بسیاری وارد می‌کند. (Summer 1976) و (Wheeler 1977) در تحقیقات خود مشاهده کردند که جمعیت کفشدوزک‌های شکارگر در مزارع یونجه به ترتیب در برکلی (کالیفرنیا) و ایتاکا (نیویورک) در ماه‌های می و سپتامبر بسیار بالا بود.

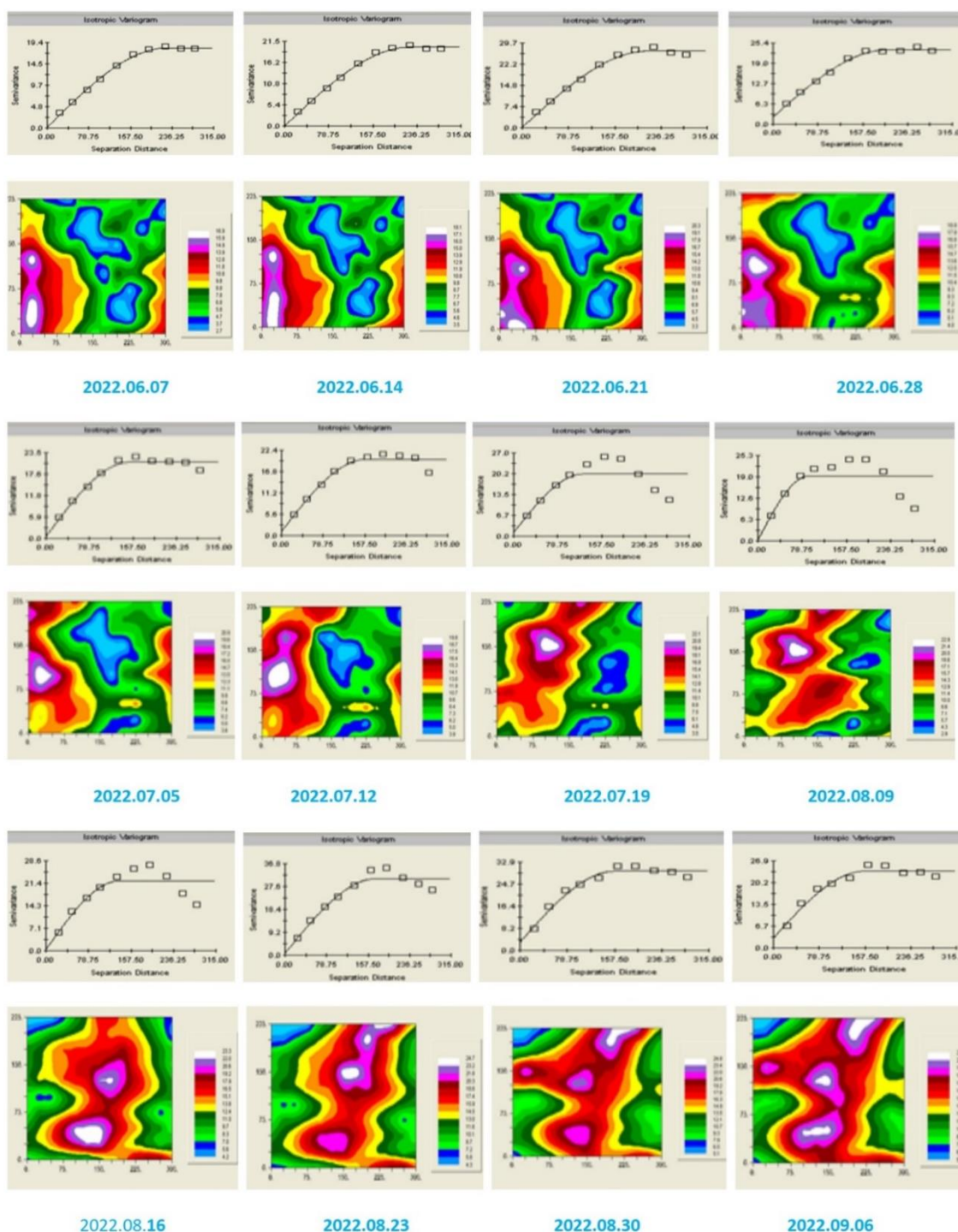
در روش زمین‌آمار، توسط نقشه‌های کریجینگ، مقدار متغیر ناحیه‌ای (مانند جمعیت آفت) در نقاط نمونه‌گیری نشده با دقت بالایی برآورد شده و نقشه پراکندگی و توزیع مکانی جمعیت حشره مورد نظر در نقاط مختلف مزرعه مشخص می‌شود بنابراین فقط در نقاط آلوده، عملیات کنترل آفت انجام می‌شود و همچنین با کاهش تعداد نمونه‌گیری و تمرکز بیشتر و دقت بالاتر عملیات کنترل، موجب کاهش هزینه‌های کنترل آفت مورد نظر می‌گردد. در این پژوهش با توجه به شکل‌های ۱، ۲ و ۳ توسط نمودار پراکنش زمانی و نقشه‌های کریجینگ، نقاط تراکم جمعیت گونه شته‌ی مورد نظر و کفشدوزک شکارگر آن در تاریخ‌های مختلف بررسی گردید که نشان داد در روزهای اولیه نمونه‌برداری در اواسط اردیبهشت ماه جمعیت کفشدوزک *H. variegata* از نواحی شمالی وارد مزرعه شده و با تراکم کمتر در مناطق مرکزی مشاهده شد که روند تغییرات جمعیت آن‌ها در طی ماه‌های خرداد تا اواسط شهریور روند صعودی داشت. در اوایل خردادماه اولین شته‌های *T. maculata* مشاهده شد که به تدریج با اوج گرفتن جمعیت این شته که از سمت جنوب غربی وارد مزرعه شده و در روزهای بعد به سمت غرب و مرکز مزرعه کشیدگی داشت. تراکم جمعیت هر دو گونه مورد مطالعه در نمونه‌برداری‌های بعدی همزمان با بالا رفتن دما افزایش یافته و طبق نقشه‌های کریجینگ تراکم جمعیت کفشدوزک شکارگر به سمت نواحی با انبوهی بالای جمعیت گونه شته مورد نظر کشیده شده و طبق نقشه‌های کریجینگ و

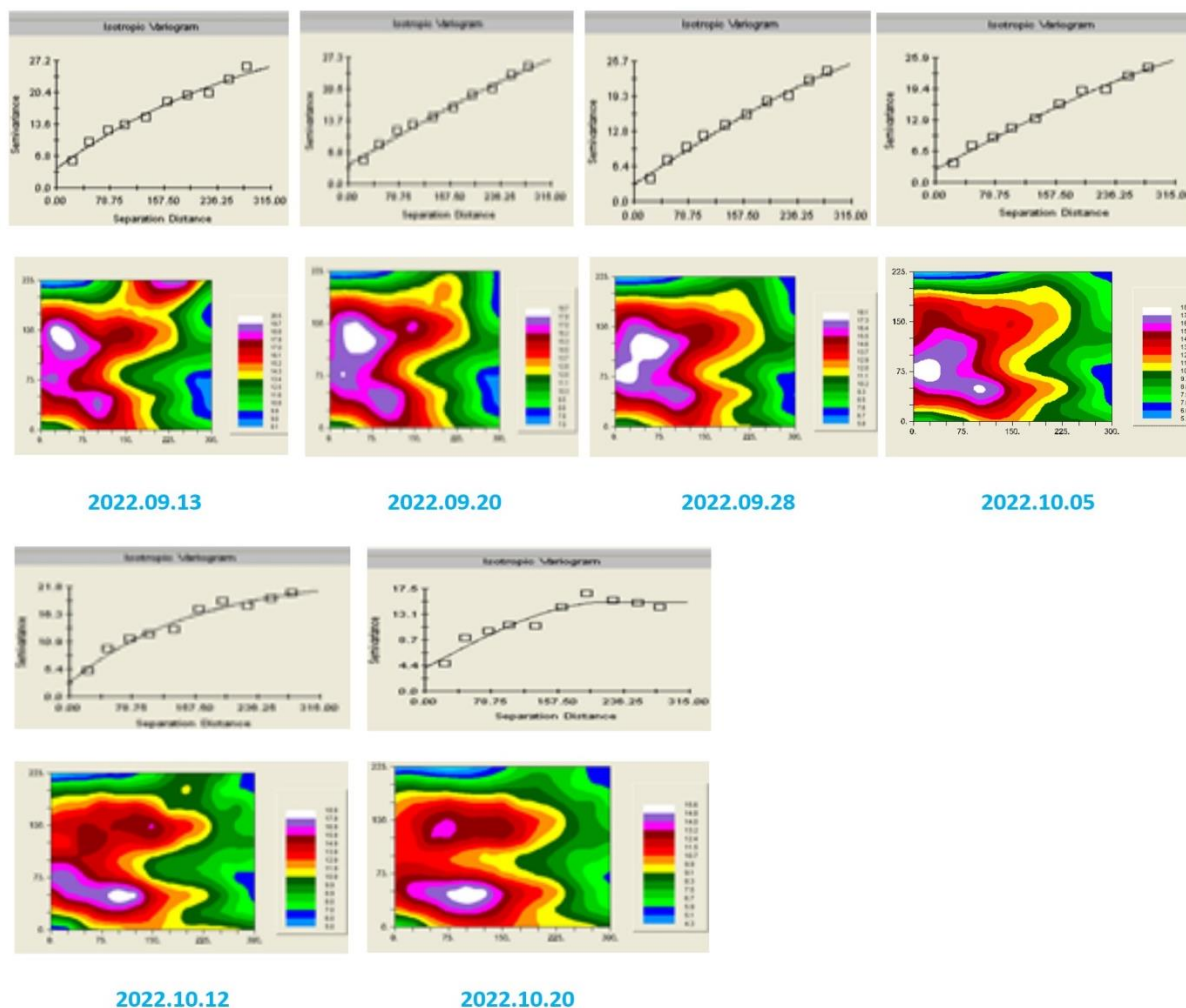


شکل ۱. تغییرات جمعیت شته *Therioaphis maculata* و کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد.
Figure 1. Population dynamic of *Therioaphis maculata* and *Hippodamia variegata* in the alfalfa field in Boroujerd County.

بالایی از شکار وجود دارد، اغلب فعالیت شکارگرها در آن نقاط بیشتر است (Lang 2003; Park & Obrycki 2004; Moser & Obrycki 2009). نتایج این پژوهش نشانگر وجود انطباق زمانی (شکل ۱) و همچنین حضور هم‌زمان در نقاط مختلف مزرعه (شکل‌های ۲ و ۳) بین دو جمعیت شته و کفشدوزک شکارگر آن می‌باشد.

رابطه شکار و شکارگر از لحاظ مکانی و زمانی پویا بوده، در عین حال این امکان وجود دارد که توسط عوامل مختلفی مانند عملیات کشاورزی از جمله برداشت هر چین (Richards & Elliott *et al.* 1990, Harper 1978; Schaber *et al.* 1999) و حضور سایر دشمنان طبیعی و شدت فعالیت آن‌ها (Schellhorn & Andow 2005) و تولید مثل تحت تأثیر قرارگیرد. همچنین در مناطقی از مزرعه که معمولاً تراکم



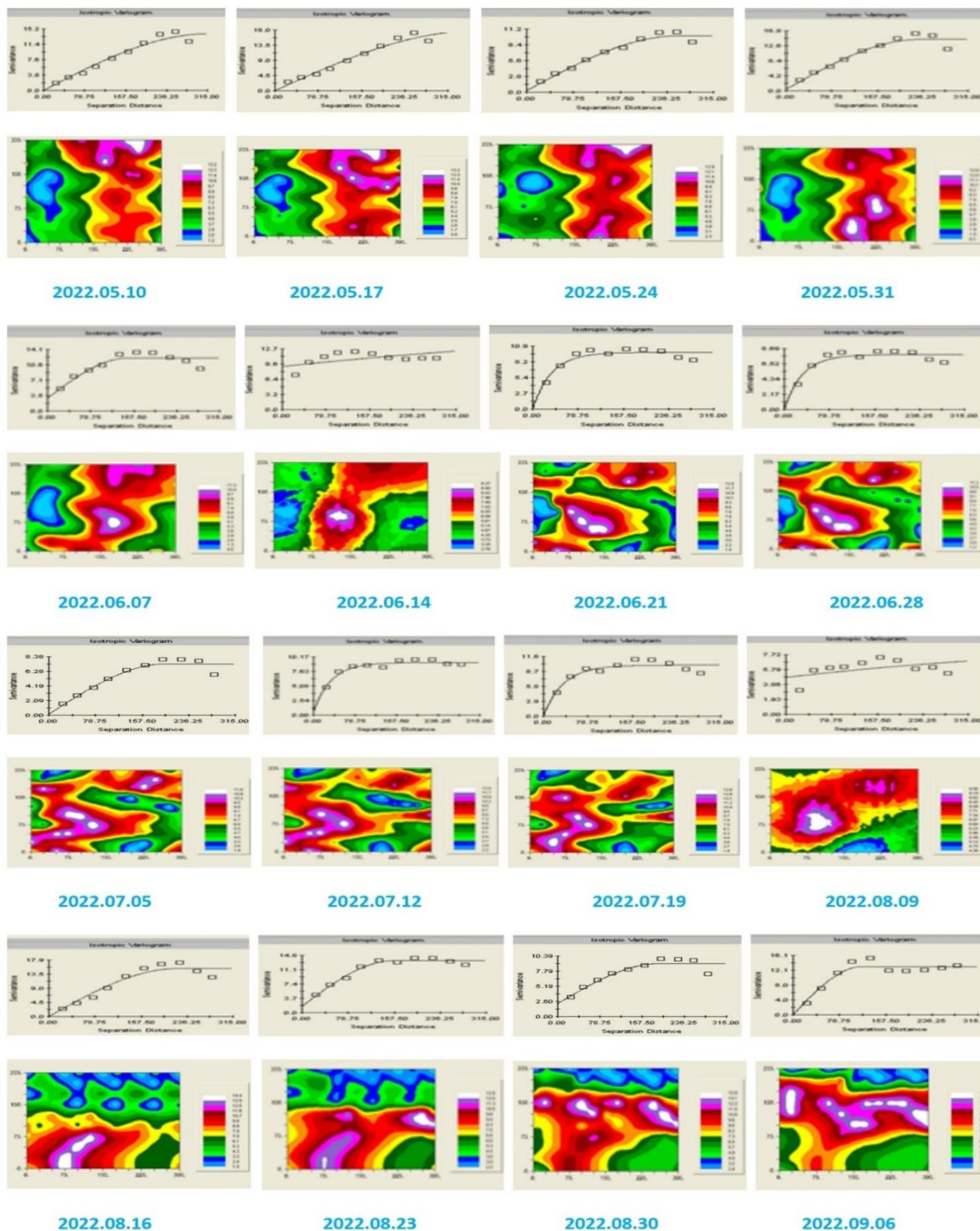


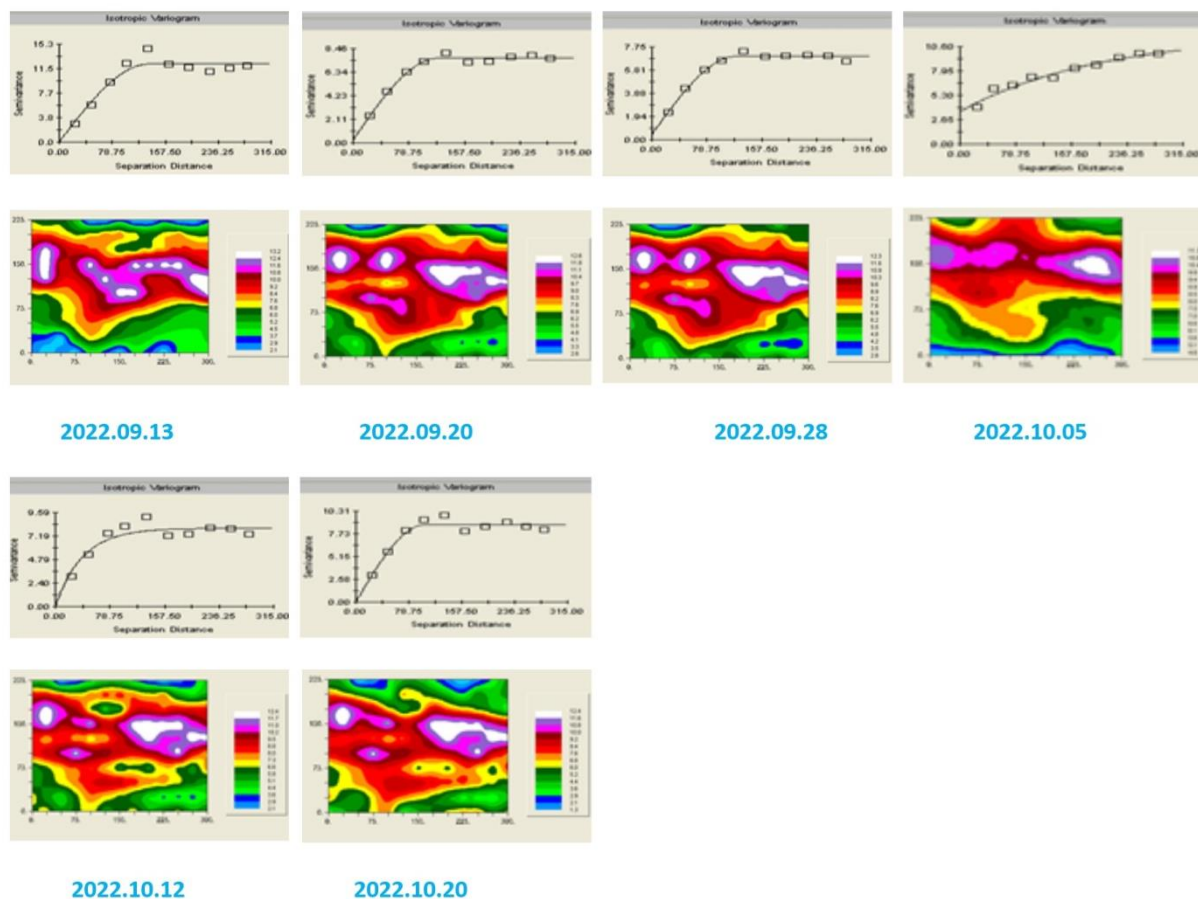
شکل ۲. سمی‌واریوگرام و نقشه‌های کریجینگ جمعیت شته *Therioaphis maculata* در تاریخ‌های مختلف در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد.

Figure 2. Semivariogram and contour maps of the *Therioaphis maculata* aphid population on different dates in the alfalfa field of Boroujerd County.

زمانی و مکانی شته‌های یونجه و دشمنان طبیعی آن‌ها در فصول مختلف، متفاوت است اما می‌توان به وضوح بیان کرد که جمعیت دشمنان طبیعی آفت کم و بیش با جمعیت آفت در ارتباط است (Soleimani & Madadi 2015). روش‌های آماری می‌توانند اطلاعات کاملی در ارتباط با الگوی پراکنش حشرات در اختیار ما قرار دهد که در طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری و مدیریت آفات کاربرد دارند، همچنین بدون اطلاع از الگوی توزیع حشرات، برنامه‌های نمونه‌برداری کارایی و دقت کافی را ندارند (Ghahremani et al., 2021). تهیه نقشه‌های پراکنش و موقعیت دشمنان طبیعی و شکار، این امکان را می‌دهد تا با اجرای مدیریت تلفیقی مکان-ویژه‌ی آفات جمعیت دشمنان طبیعی در سطح مزرعه حفظ شود.

نتایج حاصل از بررسی‌های آماری در بیشتر مراحل نمونه‌برداری نشان داد که نقشه‌های کریجینگ توزیع مکانی جمعیت آفت شباهت بسیاری به نقشه‌های کریجینگ کفشدوزک شکارگر آن داشت. کفشدوزک‌ها زمانی می‌توانند جمعیت شته‌ها را به طور مؤثر کاهش دهند که پراکنش مکانی شته و کفشدوزک از لحاظ مکانی و زمانی منطبق باشد. عوامل متعددی می‌توانند احتمال انطباق مکانی-زمانی بین شته خالدار یونجه و کفشدوزک‌ها را در مزارع یونجه تحت تأثیر قرار دهند. گرچه شته‌ها منبع غذایی اصلی برای کفشدوزک‌ها هستند با این حال منابع غذایی متعددی برای آنها در مزارع یونجه وجود دارد که احتمال انطباق مکانی-زمانی بین شته‌ها و کفشدوزک را تحت تأثیر قرار دهد (Schellhorn & Andow 2005). فراوانی و ظهور





شکل ۳. سمی‌واریوگرام و نقشه‌های کریجینگ جمعیت کفشدوزک *Hippodamia variegata* در تاریخ‌های مختلف در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد.

Figure 3. Semivariogram and contour maps of the *Hippodamia variegata* ladybug population on different dates in the alfalfa field of Boroujerd County.

شهید چمران اهواز) گرت شماره (SCU.AP.1401.437)
قدردانی می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه

References

- Alsuhaibani AM, 1996. Entomofauna of Alfalfa in Riyadh, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University, Agricultural Sciences* 8(2): 269–277.
- Azad A, 2010. Application of geostatistic in management of important aphids in wheat fields in Badjgah region (Fars Province). M.Sc. thesis, Plant Protection Department, Shiraz University, Iran.
- Blom PE, Fleischer SJ, Smilowitz Z, 2002. Spatial and temporal dynamics of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in fields with perimeter and spatially targeted insecticides. *Environmental Entomology* 31(1): 149–159.

Bressan A, Moral Garcia FJ, Semetey O, Boudon-Padieu E, 2010. Spatial temporal pattern of *Pentastiridius leporinus* migration in an ephemeral cropping system. *Agricultural & Forest Entomology* 12: 59–68.

Brewer MJ, Elliot NC, 2004. Biological control of cereal aphids in North America and mediating effect of host plant and habitat manipulations. *Annual Review of Entomology* 42: 219–242.

Canevari WM, Davis RM, Frate CA, Godfrey LD, Goodell PB, et al., 2015. UC IPM pest management guidelines, alfalfa, UC ANR publication 3430. <http://www.ipm.ucdavis.edu>. [Accessed on 14 March 2024].

- Chambers RJ, Sunderland KD, Stacey DL, Wyatt IJ, 1986. Control of cereal aphids in winter wheat by natural enemies: aphid-specific predators, parasitoids and pathogenic fungi. *Annals of Applied Biology* 108: 219-23.
- Clement SL, Elberson LR, Youssef N, Young FL, Evans MA, 2004. Cereal aphid and natural enemy populations in cereal production systems in eastern Washington. *Journal of the Kansas Entomological Society* 77: 165-173.
- Collins KL, Boatman ND, Wilcox A, Holland JM, Chaney K, 2002. Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93:337-350.
- Duarte F, Calvo MV, Borges A, Scatoni IB, 2015. Geostatistics applied to the study of the spatial distribution of insects and its use in integrated pest management. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 35: 9-20.
- Elliot NC, Kieckhefer RW, 1990. Dynamics of aphidophagous coccinellid assemblages in small grain fields in eastern South Dakota. *Environmental Entomology* 19: 1320-1329.
- Elliott NC, Kieckhefer RW, Lee JH, French BW, 1999. Influence of within-field and landscape factors on aphid predator populations in wheat. *Landscape Ecology* 14: 239-252.
- Ellsbury MM, Woodeson WD, Clay SA, Malo D, Schumacher J, et al., 1998. Geostatistical characterization of the spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence. *Environmental Entomology* 27(4): 910-917.
- Farahi S, Sadaghi H, 2008. Species diversity of aphids and ladybugs in wheat fields, Mashhad city, Khorasan province. *Journal of plant protection* 23(2): 89-95, (in Persian with English abstract).
- Franzman BA, 2002. *Hippodamia varigata*; a predacious ladybird new in Australia. *Australian Journal of Entomology* 41: 375-377.
- Ghahremani M, Karimzadeh R, Iranipour S, 2021. Using different statistical tools to model spatial distribution of *Adelphocoris lineolatus* in alfalfa fields. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10(2): 1-9 (in Persian with English abstract). DOI:https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.12748
- Ghahremani M, Karimzadeh R, Iranipour S, 2023. Using statistical methods to determine spatio-temporal distribution of aphids and aphidophagous ladybirds in alfalfa fields. *Journal of Entomological Society of Iran* 43(4): 393-404.
- Golawska S, Krzyzanowski R, Lukasik I, 2010. Relationship between aphid infestation and chlorophyll content in Fabaceae species. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanic* 52(2): 76-80.
- Goovaerts P, 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology & Fertility of Soils* 27: 315-334.
- Grigorov S, 1982. Interrelations between cereal aphids and their natural enemies on lucerne. *Rasteniev Dni-nauki* 19(7): 94-105.
- Hasani Pak A, 1998. Geostatistics. Tehran University Press, Iran. 314 pp.
- Hodgson EW, 2007. Aphids in Alfalfa. Utah State University Press, USA. 5 pp.
- Hojjati M, Mohiseni A, Vafaei SR, Termechi I, 2012. Application of geostatistics to management of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in Boroujerd common bean fields. *Journal of Entomological Research of Iran* 3(4): 295-303, (in Persian with English abstract).
- Ifoulis A, Savopoulou-soltani M, 2006. Use of geostatistical analysis to characterize the spatial distribution of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) larva in northern Greece. *Environmental Entomology* 35: 497-506.
- Isaaks EH, Srivastava RM, 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, USA. 561 pp.
- Katebi Far S, Diyanat M, Oveisi M, 2019. Weed flora, spatial distribution and diversity indexes in afforestation of around of Karaj. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 8(1): 33-43.
- Karimzadeh R, Hejazi MJ, Helali H, Iranipour S,

- Mohammadi SA, 2011. Analysis of the spatio-temporal distribution of *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) by using spatial analysis by distance indices and geostatistics. *Environmental Entomology* 40: 1253–1265.
- Karser W, Schalk J, 1973. Keys for identification of *Acyrtosiphon* (Homoptera: Aphididae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) Entomology* 66(6): 1331–1332.
- Kavallieratos NG, stathas GJ, Tomanovic Z, 2002. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiidae) on citrus: seasonal abundance, association with the species of host plant, and sampling indices. *Phytoparasitica* 30(4): 365–377.
- Khanjani M, 2008. Cereal Pests of Iran. Bu-Ali Sina University Press, Iran. 719 pp.
- Klein ML, Rondon SI, Walenta DL, Zeb Q, Murphy AF, 2017. Spatial and temporal dynamics of aphids (Hemiptera: Aphididae) in the Columbia Basin and Northeastern Oregon, *Journal of Economic Entomology* 110: 1899–1910.
- Kontodimas DC, Stathas GJ, 2005. Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dyaphis crataegi*. *Biocontrol* 50(2): 223–233.
- Lang A, 2003. Intraguild interference and biocontrol effects of generalist predators in a winter wheat field. *Oecologia* 134: 144–153.
- Lauriault LI, Ray S, Thomas C, Sutherland J, Ashigh F, et al., 2011. Selecting Alfalfa Varieties for New Mexico. New Mexico State University Press, USA. Pp. 1–8.
- Liebholt AM, Zhang X, Hohn ME, Elkinton JS, Ticehurst M, et al., 1991. Geostatistical analysis of gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) egg mass populations. *Environmental Entomology* 20: 1407–1417.
- Liebholt AM, Rossi RE, Kemp P, 1993. Geostatistic and geographic information system in applied insect ecology. *Annual Review of Entomology* 38: 303–327.
- Lyons DB, Sanders CJ, Jones GC, 2002. The use of geostatistics and GIS as tools for analyzing pheromone trap data at a landscape level. *IOBC/wprs Bulletin* 25: 157–167.
- Madani H, 1994. Fundamental of Geostatistics. Amirkabir University Press, Iran. 659 pp.
- McBratney AB, Webster R, Burgess TM, 1981. The design of optimal sampling schemes for local estimation and mapping of regionalized variables - I: theory and method. *Computers & Geosciences* 7: 331–334.
- Mittler T, Sylvester E, 1961. A comparison of the injury to alfalfa by the aphids, *Therioaphis maculate* and *Macrosiphum pisum*. *Journal of Economic Entomology* 54(4): 615–622.
- Modarres Awal M, 1997. List of Agricultural Pests and their Natural Enemies in Iran. Heteroptera section. Ferdowsi University Press, Iran. Pp. 76–82.
- Moser SE, Obrycki JJ, 2009. Competition and intraguild predation among three species of coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 102: 419–425.
- Nakashima Y, Akashi M, 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 & Zoology* 40(1): 137–144.
- Nazari M, Mozafarian F, Maarosik Y, 2001. Identification of the natural enemies of wheat aphids in Karaj region. 15th Iranian plant protection Congress, September 7–11, Kermanshah, Iran. P. 21.
- Ni S, Lockwood JA, Wei Y, Jiang J, Zha Y, et al., 2002. Spatial clustering of rangeland grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in the Qinghai Lake region of northwestern China. *Agriculture Ecosystems & Environment* 95: 61–68.
- Obrycki JJ, Orr CJ, 1990. Suitability of three prey species for variegates population of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Col.: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology* 83: 1292–1297.
- Pankanin-Franczyk M, Ceryngier P, 1995. Cereal

- aphids, their parasitoids and coccinellids on oats in central Poland. *Journal of Applied Entomology* 119: 107-111.
- Park YL, Obrycki JJ, 2004. Spatio-temporal distribution of corn leaf aphids (Homoptera: Aphididae) and lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in Iowa cornfields. *Biological Control* 31: 210-217.
- Rakhshani E, Talebi AA, Manzari S, Rezvani A, Rakhshani H, 2006. An Investigation on alfalfa aphids and their parasitoids in different parts of Iran, with a key to the parasitoid. *Journal of Entomological Society of Iran* 25(2): 1-14 (in Persian with English abstract).
- Rakhshani E, Ebadi R, Mohammadi AA, 2009. Population dynamics of alfalfa aphids and their natural enemies, Isfahan, Iran. *Journal of Agricultural Science & Technology* 11: 505-520.
- Rassoulouian GR, 1985. Investigation on the biology and population fluctuation of important alfalfa aphids in Karaj, PhD thesis, Plant Protection, University of Tehran, Iran.
- Rassoulouian GR, 1989. Effect of two aphid species *Acyrtosiphon pisum* and *Therioaphis trifolii* on protein and yield losses of alfalfa in Karaj, Iran. *Iranian Journal of Agricultural Science* 20 (1, 2): 21-26 (in Persian with English abstract).
- Rendu JM, 1981. An Introduction to Geostatistical Methods of Mineral Evaluation. Institute of Mining and Metallurgy Press, South African. 84 pp.
- Richards LA, Harper AM, 1978. Oviposition by *Nabis alternatus* (Hemiptera: Nabidae) in alfalfa. *The Canadian Entomologist* 110: 1359-1362.
- Sally R, Singh SR, Walters KFA, Northing Ph, 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* 30: 127-133.
- Schaber BD, Harper AM, Entz T, 1990. Effect of swathing alfalfa for hay on insect dispersal. *Journal of Economic Entomology* 83: 2427-2433.
- Schellhorn NA, Andow DA, 2005. Response of coccinellids to their aphid prey at different spatial scales. *Population Ecology* 47: 71-76.
- Schotzko DJO, Keeffe LE, 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Heteroptera: Miridae) in Lentis. *Economic Entomology* 82: 1277-1288.
- Sciarretta A, Trematerra P, 2014. Geostatistical tools for the study of insect spatial distribution: practical implications in the integrated management of orchard and vineyard pests. *Plant Protection Science* 50: 97-110.
- Shayesteh N, Ranji H, 2015. Investigating of diversity and species richness of the wheat aphids and introducing their Coccinellid predators in Urmia, West-Azerbaijan Province. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 4(1): 163-175 (in Persian with English abstract).
- 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, Plant Protection Department, University of Tabriz, Iran.
- Shekarian B, Rezvani A, 2002. Cereal aphids, population percentage and their natural enemies in wheat fields of Lorestan province. 15th Iranian Plant Protection Congress, September 7-11, Kermanshah, Iran. P. 23.
- Soleimani S, Madadi H, 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* 55: 421-428 (in Persian with English abstract).
- Summers CG, 1976. Population fluctuations of selected arthropods in alfalfa: influence of two harvesting practices. *Environmental Entomology* 5: 103-110.
- Tavousi F, Madadi H, Kazazi M, Sobhani M, 2011. Seasonal changes in the population of the ladybird *Hippodamia variegata* and its parasitism rate by the wasp, *Dinocampus coccinellae* in alfalfa fields of Hamedan. *Journal of Biological Control of Pests & Plant Diseases* 1: 11-18 (in Persian with English abstract).

- Utset A, Ruiz ME, Herrera J, Deleon DP, 1998. A geostatistical method for salinity sample site spacing. *Geoderma* 86: 143–151.
- Wheeler AG, 1977. Studies on the arthropod fauna of alfalfa, predaceous insects. *Canadian Entomologist* 109: 423–427.
- Williams L, Schotzko DJ, McCaffrey JP, 1992. Geostatistical description of the spatial distribution of *Limonous californicus* (Coleoptera: Elateridae) wireworms in the northwestern United States, with comments on sampling. *Environmental Entomology* 21: 983–995.
- Wright RJ, Young TA, Jarvi KJ, Seymour RC, 2002. Geostatistical analysis of the small-scale distribution of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. *Environmental Entomology* 31(1): 160–167.