



Spatial distribution and Fixed Precision Sequential Sampling Plan of *Hippodamia variegata* and *Coccinella septempunctata* population in alfalfa field of Borujerd County

Iman Sabouri^{1✉}, Arash Rasekh², Amir Mohseni Amin³

1. Corresponding Author*, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: imansabouri900@gmail.com
2. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. E-mail: a.rasekh@scu.ac.ir
3. Plant Protection Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: a.mohseni@areeo.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	As polyphagous biocontrol agents, <i>Hippodamia variegata</i> (Goeze) and <i>Coccinella septempunctata</i> L. ladybirds consume many aphid species as well as weevil larvae, in alfalfa fields. The intended predator population was sampled on a weekly sampling program during two cropping seasons of 2021 and 2022 in an alfalfa field in Borujerd County, using an insect net. Taylor's power law and Iwao's patchiness regression approach were used to establish the geographical distribution of the predators. Using Green's fixed-precision sequential sampling plan, the number of necessary samples, and the equations of decision lines were calculated. The coefficient of Taylor's power law and Iwao's showed a significant difference with the number one. Both methods indicated aggregated spatial distribution. Based on R^2 and F values, the spatial distribution data of both species was a better fit with the Taylor's Power Law model. Green's fixed-precision sequential sampling plan was employed to determine the number of necessary samples and the equations of decision lines. At the precision level of 0.25, the number of samples needed for cutting the decision lines of the population of <i>C. septempunctata</i> was from 147 at a density of 0.03 to 46 at a density of 0.5. The number of samples needed to estimate the population of <i>H. variegata</i> was from 303 at a density of 0.03 to 61 numbers at a density of 0.5. Fixed Precision Sequential Sampling Plan is more economical than conventional estimating methods, and it provides a faster and more accurate estimate of the insect population.
Article history: Received: 31 August 2024 Revised: 8 February 2025 Accepted: 23 February 2025 Published online: Spring and Summer 2024	
Keywords: <i>Green's fixed precision sequential sampling,</i> <i>predator's ladybug,</i> <i>sweep net,</i> <i>Taylor's power law,</i> <i>Iwao's patchiness regression method.</i>	
Cite this article: Sabouri, I., Rasekh, A. & Mohseni Amin, A. (2024). Spatial distribution and Fixed Precision Sequential Sampling Plan of <i>Hippodamia variegata</i> and <i>Coccinella septempunctata</i> population in alfalfa field of Borujerd County. <i>Iranian Journal of Plant Protection Science</i> , 55 (1), 153-168. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2025.381679.1007066	
© The Author(s). DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2025.381679.1007066	Publisher: The University of Tehran Press.

Extended Abstract

Introduction

Alfalfa *Medicago sativa* L (Fabaceae) is one of the most important fodder plants with a high-quality widely grown throughout the world. The ecosystem of this perennial flowering plant includes a wide range of arthropod species. Among the natural enemies of aphids, as the most common pest of alfalfa, various species of ladybirds play an important role in establishing balance and natural regulation of the pests. As polyphagous biological control agents, *Hippodamia variegata* (Goeze) and *Coccinella septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae) ladybirds consume many aphid species as well as weevil larvae, in alfalfa fields. Particularly in

the case of sequential sampling, knowing the kind of spatial distribution of an arthropod population facilitates the precise, dependable, and cost-effective sampling of that population. Sequential sampling is a method that expresses the appropriate location of populations based on the average population density. Sequential sampling provides a quick and reliable estimate of populations by reducing the number of samples, and the time required for sampling and increasing the accuracy, relative to conventional methods of estimating.

Materials and Methods

Sampling of the intended predator population was performed on a weekly sampling program during two cropping seasons of 2021 and 2022 in a seven-hectare alfalfa field, Hamdani cultivar located in Borujerd County (Lorestan Province), using an insect net (opening diameter 30 cm, handle length 110 cm and net length 45 cm). The samplings were conducted from the middle of March to the end of September for both cropping seasons. Using the collected data, the mean and variance of the whole insect population were determined. Taylor's power law (TPL) and Iwao's patchiness regression approach were used to establish the geographical distribution of the predators' whole insect populations. Using Green's fixed-precision sequential sampling plan, the number of necessary samples, and the equations of decision lines were calculated to estimate their population average.

Results and discussion

In this research, to determine the type of distribution pattern of two species of predatory ladybirds, *H. variegata* and *C. septempunctata*, Taylor's power law, and Iwao's patchiness regression methods were used. The coefficient of Taylor's power law ($b_{H.variegata} = 1.399$, $b_{C.septempunctata} = 1.563$) and Iwao's ($\beta_{H.variegata} = 1.293$, $\beta_{C.septempunctata} = 1.327$) showed a significant difference with the number one. Both methods indicated aggregated spatial distribution of both species. Based on R^2 and F values obtained from the regression calculations, the spatial distribution data of both species was a better fit with the Taylor's Power Law model ($R^2_{H.variegata} = 0.94$, $R^2_{C.septempunctata} = 0.88$) provided that the Iwao's model ($R^2_{H.variegata} = 0.86$, $R^2_{C.septempunctata} = 0.74$). Due to the significance of the distribution coefficients of the data of two years, the data of the second year were used to design the sequential sampling model. To estimate the average population of the aforementioned ladybirds, Green's fixed-precision sequential sampling plan (at three fixed precision levels, including 0.1, 0.15, and 0.25), was employed to determine the number of necessary samples and the equations of decision lines. To achieve a precision of 0.25, which is acceptable for IPM programs, the average number of samples required for *C. septempunctata* and *H. variegata* species were 7 and 8 sample units, respectively. At the precision level of 0.25, the number of samples needed for cutting the decision lines of the population of ladybird *C. septempunctata* was from 147 at a density of 0.03 to 46 at a density of 0.5. The number of samples needed to estimate the population of *H. variegata* was from 303 at a density of 0.03 to 61 numbers at a density of 0.5. Fixed Precision Sequential Sampling Plan is more economical due to cost (reduction of the number of samples) compared to conventional methods of estimating, and it provides a faster and more accurate estimate of the insect population.

Conclusion

In this research, the type of distribution pattern of two species of predatory ladybirds, *H. variegata* and *C. septempunctata* was determined for the first time at alfalfa fields in the Borujerd region of Lorestan Province. Given that one of the fundamental and advised IMP program principles is reducing management costs, the Fixed Precision Sequential Sampling Plan can be very helpful in population forecasting because it significantly reduces the number of samples and also determines the accuracy level.



پراکنش فضایی و نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت در دو گونه کفشدوزک شکارگر *Coccinella septempunctata* و *Hippodamia variegata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد

ایمان صبوری^۱ | آرش راسخ^۲ | امیر محسنی امین^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: imansabouri900@gmail.com
 ۲. گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران. رایانامه: a.rasekh@scu.ac.ir
 ۳. بخش تحقیقات گیاه پزشکی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: a.mohseni@areeo.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
کفشدوزک‌های <i>Hippodamia variegata</i> Goeze و <i>Coccinella septempunctata</i> (L) به عنوان شکارگرهای فعال و چندخوار مزارع یونجه، از گونه‌های مختلف شته و لارو سرخرطومی‌ها تغذیه می‌کنند. به منظور بررسی پراکنش فضایی جمعیت و طراحی یک برنامه نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برای این شکارگرها، طی فصول زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، در یک مزرعه یونجه واقع در شهرستان بروجرد با استفاده از تور حشره‌گیری به صورت هفتگی نمونه برداری انجام گرفت. جهت تعیین نوع الگوی پراکنش دو گونه فوق از شاخص‌های تیلور و آیواتو استفاده گردید. تعداد نمونه لازم و معادلات خطوط تصمیم‌گیری برای برآورد میانگین جمعیت با استفاده از مدل گرین محاسبه شد. شاخص b در هر دو مدل، به شکل معنی داری از عدد یک بزرگ‌تر بود که نشان‌دهنده تجمعی بودن پراکنش این گونه‌ها است. براساس مقادیر ضرایب تبیین و F ، مدل رگرسیونی تیلور برای برآورد پراکنش فضایی کفشدوزک‌ها مناسب‌تر از مدل آیواتو بود. به کمک مدل گرین با سه سطح دقت ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲۵، تعداد نمونه لازم و معادلات خطوط تصمیم‌گیری جهت برآورد میانگین جمعیت کفشدوزک‌های فوق محاسبه گردید. در سطح دقت ۰/۲۵، تعداد نمونه لازم برای قطع خطوط تصمیم‌گیری جمعیت کفشدوزک <i>C. septempunctata</i> از ۱۴۷ عدد در تراکم ۰/۰۳ به ۴۶ عدد در تراکم ۰/۵ و تعداد نمونه مورد نیاز برای تخمین جمعیت <i>H. variegata</i> از ۳۰۳ عدد در تراکم ۰/۰۳ به ۶۱ عدد در تراکم ۰/۵ کاهش یافت. برنامه نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت نسبت به روش‌های مرسوم تخمین اقتصادی‌تر بوده و با دقت و سرعت بیشتری انجام می‌شود.	نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۵ تاریخ انتشار: بهار و تابستان ۱۴۰۳ کلیدواژه‌ها: مدل گرین، کفشدوزک‌های شکارگر، تور حشره‌گیری، تیلور، آیواتو.

استناد: صبوری، ایمان؛ راسخ، آرش و محسنی امین، امیر (۱۴۰۳). پراکنش فضایی و نمونه برداری دنباله‌ای با دقت ثابت در دو گونه کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata* و *Coccinella septempunctata* در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد. نشریه دانش گیاهپزشکی ایران، ۵۵ (۱)، ۱۶۸-۱۵۳. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijpps.2025.381679.1007066>



© نویسندگان.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijpps.2025.381679.1007066>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

مقدمه

یونجه *Medicago sativa* L به علت کیفیت غذایی، خوش خوراکی، دارا بودن مواد معدنی از جمله کلسیم و میزان زیاد پروتئین و انواع ویتامین، از جمله گیاهان علوفه‌ای مهم در دنیا به‌شمار می‌آید (Karimi, 1990). اکوسیستم‌های یونجه در تنوع زیستی و پرورش حشرات مفید و دشمنان طبیعی نقش مهمی دارند و دامنه وسیعی از بندپایان را در خود جای می‌دهند (Summers, 1976; Kuhn et al., 1996; Putnam et al., 2001) و *Hippodamia variegata* Goeze کفشدوزک‌های *Coccinella septempunctata* (L) دو گونه مهم از شکارگرهای فعال و چندخوار در مزارع یونجه بوده، که به طور معمول از گونه‌های مختلف شته‌ها و دیگر آفات مکنده مانند زنجربک‌های خانواده Cicadellidae، لارو سرخرطومی‌ها، گرده گل‌ها تغذیه کرده و در شرایط گرسنگی به تغذیه از کنه تارتن روی می‌آورد (Franzman, 2002; Sally et al., 2004; Kontodimas & Stathas, 2005; Soleimani & Madadi, 2015). پژوهشگران متعددی، به شناسایی و نحوه حفاظت از دشمنان طبیعی شته‌ها پرداخته‌اند (Chambers et al., 1986; Collins et al., 2002; Brewer & Elliott, 2004) و شکارگرهای مختلفی مانند کفشدوزک‌ها را به عنوان عامل زیستی مهم کاهش‌دهنده جمعیت شته‌ها معرفی کرده‌اند (Elliott & Kieckhefe, 1990; Pankanin-Franczyk & Ceryngier, 1995; Clemen et al., 2004). در ایران نیز پژوهشگران متعددی فعالیت کفشدوزک‌های *H. variegata* و *C. septempunctata* را روی شته‌ها در محصولات گوناگون گزارش کرده‌اند. برای نمونه Ghahremani et al. (2023) در مزارع یونجه کرج، Soleimani & Madadi (2015) و استان همدان و Shekarian & Rezvani (2001)، Nazari et al. (2001) و نیز روی شته‌های گندم به ترتیب در مزارع گندم لرستان و کرج، Farahi & Sadaghi (2008) و مشهد، فعالیت این کفشدوزک‌ها را گزارش نموده‌اند.

پراکنش فضایی، حاصل یک واکنش رفتاری است که می‌تواند به یکی از سه شکل تجمعی، تصادفی و یکنواخت باشد که نوع چیدمان افراد یک گونه را در زیستگاه به نمایش می‌گذارد (Southwood, 1995; Young & Young, 1998). تعیین الگوی پراکنش فضایی جمعیت حشرات نیز از ویژگی‌های اکولوژیکی مهم یک جمعیت می‌باشد و از ارکان مهم در طراحی برنامه‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای، محسوب می‌شود (Radjābi, 2008). تعیین نوع پراکنش فضایی جمعیت یک بندپا به انجام یک نمونه‌برداری دقیق، مطمئن و به صرفه‌تر از جمعیت آن به خصوص در مورد نمونه‌برداری دنباله‌ای کمک می‌کند (Elliott & Kieckhefer, 1986; Feng et al., 1993). کنترل موفقیت‌آمیز آفات نیازمند استفاده از روش مناسب نمونه‌برداری جهت برآورد دقیق میانگین جمعیت و تعیین زمان دقیق کنترل آن‌ها است (Hutchison et al., 1988). نمونه‌گیری دنباله‌ای روشی است که تخمین مناسبی از جمعیت‌ها را بر اساس میانگین تراکم جمعیت برآورد می‌کند و با کاهش تعداد نمونه و زمان لازم برای نمونه‌برداری و همچنین افزایش میزان دقت، تخمینی سریع و در عین حال مطمئن از جمعیت را ارائه می‌کند (Burkness & Hutchison, 1998; Hsu et al., 2001; Wang & Shipp, 2001; Radjābi, 2008). مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای اولین بار توسط Green (1970) و Kuno (1969) ارائه گردید. در مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با هر سطح دقتی، یک خط توقف نمونه‌گیری دنباله‌ای (T_n) وجود دارد که نشان‌دهنده تعداد نمونه لازم جهت برآورد میانگین جمعیت هدف می‌باشد. در این روش عملیات نمونه‌برداری تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که مجموع تعداد حشره در n نمونه از خط توقف عبور کند. در طرح‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای جهت تصمیم‌گیری در مورد کنترل یک آفت، نمونه برداری از آفت تا زمان تصمیم‌گیری برای مبارزه یا عدم مبارزه ادامه پیدا می‌کند. این روش در مقایسه با روش‌های نمونه‌گیری ثابت و معمول، می‌تواند تعداد نمونه لازم را بین ۳۵ تا ۵۰ درصد کاهش دهد (Binns, 1994).

1 Spatial dispersion

2 Sequential Sampling Plan

پیشینه پژوهش

محققان بسیاری در سال‌های گذشته پراکنش فضایی جمعیت شته‌ها را مطالعه کرده‌اند (Elliott & Kieckhefer, 1986; Feng & Nowierski, 1992)، ولی پراکنش فضایی جمعیت شکارگرهای شته‌خوار کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است. در پژوهشی (Elliott et al., 1997) با محاسبه ضرایب تیلور چهار گونه کفشدوزک در مزارع گندم آمریکا، میانگین جمعیت حشرات کامل آن‌ها را به کمک نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت برآورد کردند. همچنین (Iprti et al., 1988) با مطالعه پراکنش فضایی کفشدوزک‌های هفت نقطه‌ای در مزارع گندم فرانسه برای نمونه‌برداری دنباله‌ای این شکارگر، برنامه‌ای را ارائه نمودند. (Kavallieratos et al., 2005) در پژوهشی پراکنش فضایی *H. variegata* را در مزارع پنبه مورد بررسی قرار داد. در پژوهشی دیگر (Galvan et al., 2007) در تاجیکستان‌های آمریکا، پراکنش فضایی این شکارگرها را به منظور انجام برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای، تعیین نمود. در ایران نیز (Afshari et al., 2007) در مزارع پنبه گرگان، (Shayestehmehr & Rajabpour, 2014) و (Yarahmadi, 2013) در مزارع باقلا، (Rakhshani et al., 2010) پراکنش فضایی کفشدوزک‌های *H. variegata* و *C. septempunctata* را با استفاده از سه شاخص تیلور، آیواتو و نسبت واریانس به میانگین، در مزارع یونجه مناطق مختلف اصفهان مورد بررسی قرار دادند. مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت با هدف ارزیابی جمعیت سایر جمعیت حشرات استفاده شده که می‌توان به بررسی جمعیت سوسک کلرادو (*Leptinotarsa decemlineata* Say) توسط (Nyrop & Wrigh, 1985)، نمونه‌برداری از جمعیت شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer) در مزارع سیب‌زمینی توسط (Hollingsworth & Gatsonis, 1990)، نمونه‌برداری از جمعیت شته‌های گندم توسط (Elliott et al., 2003) و همچنین از این روش در ایران توسط (Mohiseni et al., 2009) در بروجرد، (Bakhshizadeh et al., 2010) در اردبیل با هدف برآورد جمعیت *Eurygaster integriceps* Puton اشاره نمود.

هدف پژوهش

با توجه به اهمیت شکارگرها در کاهش جمعیت شته‌های یونجه و نظر به این که تا کنون مطالعه‌ای در زمینه توزیع فضایی و نمونه‌برداری دنباله‌ای روی شکارگرهای شته در منطقه لرستان صورت نگرفته، در این بررسی تلاش شد که با استفاده از یک مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت، برآورد میانگین جمعیت این شکارگرها انجام شود. به کمک مدل‌های ارائه شده می‌توان جمعیت این شکارگرها را بصورت دقیق و با هزینه کمتر در مزارع یونجه تخمین زد و از این طریق به مدیریت بهتر جمعیت شته‌های یونجه کمک نمود.

روش‌شناسی پژوهش

محل و برنامه اجرای تحقیق

نمونه‌برداری از جمعیت شکارگرهای مورد مطالعه به صورت هفتگی و منظم، در طول سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در یک مزرعه یونجه واقع در شهرستان بروجرد استان لرستان (طول جغرافیایی ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۱۰۰ متر) انجام گرفت. این مزرعه هفت هکتاری زیر کشت رقم همدانی بود. برای انتخاب مزرعه، عواملی مانند عدم استفاده از آفت‌کش‌ها و سهولت دسترسی، مدنظر قرار گرفت. مزرعه مورد مطالعه، یک مزرعه یونجه استاندارد بود که تمام اقدامات زراعی براساس روش معمول منطقه در آن صورت می‌گرفت. برای کاهش خطای نمونه‌برداری و ایجاد یکنواختی، نمونه‌برداری در کلیه تاریخ‌ها، در طول روز حدود ساعت ۸ صبح تا ۱۲ ظهر صورت می‌گرفت. همچنین بعد از برداشت چین‌ها، زمانی که طول ساقه به حدود ۲۰ سانتی‌متر رسید نمونه‌گیری‌ها ادامه می‌یافت. نمونه‌گیری بوسیله تور حشره‌گیری (قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر، بلندی دسته ۱۱۰ سانتی‌متر و بلندی تور ۴۵ سانتی‌متر) در بازه زمانی اواسط اسفندماه تا اواخر شهریور ماه انجام گرفت و به منظور حذف تأثیرات حاشیه‌ای، نمونه‌گیری از ۲ تا ۳ متری حاشیه مزرعه به سمت بخش مرکزی انجام شد. دلیل استفاده از تور، سهولت استفاده و همچنین قابلیت استاندارد کردن و فراوانی داده‌های حاصل از آن بود.

هر واحد نمونه برداری شامل ۱۲ بار حرکت رفت و برگشت تور در مزرعه و شامل یک توقف در هر ۱۰ قدم و حرکت به صورت زیگزاگی بود. در مجموع، در هر تاریخ نمونه برداری، ۴۲۰ بار (معادل ۳۵ واحد نمونه برداری) تور زده شد. بعد از انجام هر واحد نمونه برداری، محتویات تور در یک تشت، تخلیه و در آزمایشگاه تعداد شکارگرهایی که به دام افتاده بودن تفکیک و در جداول مربوطه ثبت شد. با توجه به دشواری تفکیک و شناسایی گونه های کفشدوزک ها براساس خصوصیات لاروی، محاسبات مربوط به توزیع فضایی و نمونه برداری دنباله ای این شکارگرها، تنها برای حشرات کامل صورت پذیرفت. در مجموع ۲۶ نوبت نمونه گیری در هر سال زراعی انجام شد.

تعیین الگوی پراکنش

با استفاده از داده های به دست آمده، میانگین و واریانس جمعیت حشرات کامل محاسبه شد. برای تعیین نوع و همچنین شاخص های پراکنش فضایی حشرات کامل شکارگرهای مدنظر از قانون توان تیلور (Taylor, 1961; Taylor, 1984; Southwood, 1995) (رابطه ۱) و روش رگرسیونی آیواتو (Iwao, 1968) (رابطه ۲) استفاده گردید.

رابطه ۱:

$$s^2 = \alpha \bar{x}^b \quad \text{Log}(s^2) = \text{Log}(\alpha) + b \text{Log}(\bar{x})$$

در این رابطه s^2 و $\bar{x}$ به ترتیب واریانس و میانگین نمونه و α و b دو پارامتر ثابت هستند که α به اندازه نمونه بستگی دارد و b شیب خط رگرسیون است. اگر b بزرگ تر از یک باشد نشان دهنده پراکنش فضایی تجمعی و اگر b مساوی یک باشد پراکنش تصادفی و اگر b کوچک تر از یک باشد نشان دهنده پراکنش یکنواخت است (Taylor, 1984; Southwood & Henderson, 2000).

رابطه ۲:

$$x^* = \alpha + \beta \bar{x} \quad x^* \approx \bar{x} + \left(\frac{\delta^2}{\bar{x}} - 1 \right)$$

در رابطه بالا، x^* شاخص متوسط ازدحام لوید می باشد. پارامتر β (ضریب زاویه خط رگرسیون) همان شاخص تجمعی می باشد که رفتار آن مانند پارامتر b تیلور است. α به عنوان عرض از مبدأ به عنوان شاخصی جهت تعیین درجه انبوهی شکارگرهای شته ها استفاده می شود. برای آزمون معنی داری اختلاف ضرایب b تیلور و β آیواتو با صفر، از مقادیر F و P به دست آمده از معادلات رگرسیونی استفاده گردید. جهت آزمون اختلاف این ضرایب با عدد یک، از آماره t (رابطه ۳) با درجه آزادی $n-1$ استفاده شد (Tsai et al., 2000). در رابطه زیر، S و SEs به ترتیب شیب خط رگرسیون و انحراف از میانگین آن می باشد (Rajabi, 2009).

$$t = (S-1)/SEs \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این پژوهش، آماره های مربوط به ضرایب پراکنش دو سال $(1-b \ 2b)$ از طریق آماره t و با استفاده از (رابطه ۴) و با درجه آزادی $(n_1+n_2)-2$ با هم مقایسه شدند. در صورتی که اختلاف معنی داری وجود نداشت، داده های دو سال با هم تلفیق شده و از یک ضریب پراکنش کلی برای طراحی مدل نمونه گیری دنباله ای استفاده شد (Feng & Nowierski, 1992).

رابطه ۴:

$$t = (b1 - b2) / \sqrt{SEb1^2 + SEb2^2}$$

طراحی نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت (مدل گرین)

بعد از محاسبه ضرایب تیلور و آیواتو، هر کدام از این دو مدل که بر اساس مقدار ضریب تبیین (R^2) برازش بهتری با داده‌ها نشان دهند، جهت طراحی مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای انتخاب می‌گردند. برخلاف مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای معمولی والد (Wald) که وابسته به مقادیر آستانه زبان اقتصادی و سطح ایمن جمعیت می‌باشد، در مدل گرین نیازی به پارامترهای بالا نیست. برای طراحی یک برنامه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲۵ از مدل گرین استفاده گردید. به منظور تعیین تعداد نمونه مورد نیاز جهت برآورد میانگین انبوهی جمعیت از رابطه (۵) و خطوط تصمیم‌گیری از رابطه (۶) استفاده شد (Elliott et al., 2003).

$$n = \frac{a\bar{x}^{b-2}}{D_{exp}^2} \quad \text{رابطه ۵:}$$

$$T_n = \left(\frac{D_{exp}^2}{a}\right)^{1/(b-2)} n^{(b-1)/(b-2)} \quad \text{رابطه ۶:}$$

در روابط بالا، α و b ضرایب معادلات رگرسیونی تیلور هستند و $\bar{x}$: میانگین جمعیت کفشدوزک‌ها در واحد نمونه‌برداری، n : تعداد نمونه لازم جهت برآورد میانگین جمعیت شکارگر مورد نظر در واحد نمونه با متوسط سطح دقت D_{exp} می‌باشد. T_n : فراوانی تجمعی کفشدوزک‌های شکارگر در n تعداد واحد نمونه‌برداری است. در پایان کلیه محاسبات و همچنین رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel 2010 و SAS نسخه ۹.۱ انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

پراکنش فضایی

تجزیه و تحلیل معادلات رگرسیونی طی سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱، نشان داد که هر دو روش تیلور و آیواتو برازش مناسبی برای داده‌ها ارائه می‌کنند. قانون توان تیلور (جدول ۱) با توجه به ضریب تبیین، خط رگرسیون بین لگاریتم میانگین و واریانس، نسبت به رگرسیون بین میانگین جمعیت و میانگین انبوهی لوید در روش آیواتو (جدول ۲) برازش بهتری نشان داد. مقدار F ، برای این شکارگرها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. در روش تیلور نتایج آزمون t با رد فرض تصادفی بودن پراکنش، پراکنش تجمعی کفشدوزک‌های شکارگر مورد نظر را در هر دو سال در مزرعه یونجه نشان داد. همچنین شیب خط در هر دو مدل به شکل معنی‌داری از یک بزرگتر بود که تجمعی بودن پراکنش فضایی کفشدوزک‌ها را در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ ثابت نمود. همچنین به دلیل معنی‌دار بودن اختلاف بین ضرایب پراکنش دوسال، داده‌های مربوط به این دو سال را نمی‌توان با هم تلفیق نمود، بنابراین برای ساخت مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای امکان تجمیع داده‌های دو ساله مقدور نبود، در نتیجه بر اساس مقادیر شیب خط و عرض از مبدأ و همچنین ضریب تبیین از داده‌های سال دوم استفاده شد. (Afshari et al., 2007) در پژوهشی پراکنش فضایی جمعیت کفشدوزک‌های هفت نقطه‌ای را در مزارع پنبه گرگان مورد بررسی قرار داد که مقدار F (۳۸۷/۴) در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و ضریب تیلور ($b = 1/13 \pm 0/058$) به صورت معنی‌داری بزرگتر از یک بود. همچنین افشاری و دسترنج در پژوهشی، مدل تیلور را به منظور طراحی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت نسبت به روش آیواتو، مناسب‌تر ارزیابی نمودند (Afshari & Dastrang, 2010). (Soleimani & Madadi, 2015) در پژوهشی، توزیع فضایی دو گونه کفشدوزک شکارگر *H. variegata* و *C. septempunctata* را در مزارع یونجه همدان از نوع تجمعی گزارش کردند و کارایی هر دو مدل تیلور و آیواتو در برآورد الگوی پراکنش آن‌ها تقریباً یکسان گزارش کردند. (Galvan et al., 2007) توزیع فضایی کفشدوزک *H. axyridis* را در تاکستان‌های آمریکا تجمعی دانستند. در مطالعه‌ای که روی کفشدوزک *Harmonia axyridis*

1 Coefficient of determination

2 Green's index

Pallas(1773) بر روی درخت *Pittosporum tobira* انجام شد، پراکنش این نوع کفشدوزک از نوع تجمعی گزارش گردید (Johki et al., 1988). در مطالعاتی که (Elliot et al., 1997) روی چند گونه کفشدوزک در مزارع گندم انجام دادند، مقادیر b برای آن‌ها در محدوده ۰/۹۶ تا ۱/۲۱ عنوان و پراکنش این گونه‌ها را از نوع تجمعی گزارش کردند. برخی از محققان نیز پراکنش گونه *Leis axyridis* (Pallas) را در مزارع توتون از نوع تصادفی ($b = ۱/۰۱۹$) گزارش کردند (Ren et al., 2000). محققینی مانند (Elliott & Kieckhefer, 1986) بیان کردند که مدل تیلور بهتر از مدل آیوآو پارامترهای پراکنش فضایی را نشان می‌دهد. عدم تغییر در برابر نوسانات محیطی (Nestel et al., 1995) و همچنین عدم تأثیرپذیری از اندازه نمونه (Croft et al., 1976) از خصوصیات بارز قانون تیلور است که می‌توان استفاده از این روش را توجیه نمود. (Iperti et al., 1988) ضریب خط رگرسیون تیلور حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای را در دو روش نمونه‌گیری شمارش دقیق و شمارش سریع به ترتیب ۱/۳۳ و ۱/۱۵ بیان کردند. در پژوهشی دیگر (Elliott et al., 1997) با استفاده از روش شمارش در مدت یک زمان معین، ضریب خط رگرسیون تیلور حشرات کامل کفشدوزک هفت نقطه‌ای را در مزارع گندم $۱/۱۶ \pm ۰/۷۰$ عنوان کردند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل داده‌های این مطالعه، مدل رگرسیونی تیلور برازش بهتری نسبت به روش آیوآو نشان داد و هم‌سو با محققان فوق از پارامترهای تیلور جهت طراحی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای به روش Green (1970) استفاده گردید.

جدول ۱. پارامترهای رگرسیونی تیلور برای دو گونه کفشدوزک شکارگر شته‌های یونجه در مزرعه واقع در شهرستان بروجرد استان لرستان در سال‌های

زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

	Slop	SE _{slope}	Intercept	SE _{intercept}	df	F	R ²	(Slope-1)/ SE _{slope}
سال زراعی ۱۴۰۰								
<i>H. variegata</i>	۱/۷۱۵	۰/۱۶۲	۰/۱۷۹	۰/۱۱۲	۲۴	۱۱۱/۹۹*	۰/۸۲	۴/۴۱**
<i>C. septempunctata</i>	۱/۱۹۶	۰/۰۶۷	۰/۶۱۶	۰/۰۴۸	۲۴	۳۱۰/۴۴*	۰/۹۲	۲/۹۲**
سال زراعی ۱۴۰۱								
<i>H. variegata</i>	۱/۳۹۹	۰/۰۷۰	۰/۴۰۲	۰/۰۴۹	۲۴	۳۹۴/۶۱	۰/۹۴	۵/۷**
<i>C. septempunctata</i>	۱/۵۶۳	۰/۱۱۲	۰/۳۲۴	۰/۰۸۱	۲۴	۱۹۳/۰۱*	۰/۸۸	۵/۰۲**

*معنی دار بودن اختلاف ضرایب با صفر در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی دار بودن اختلاف ضرایب با یک در سطح احتمال ۵ درصد

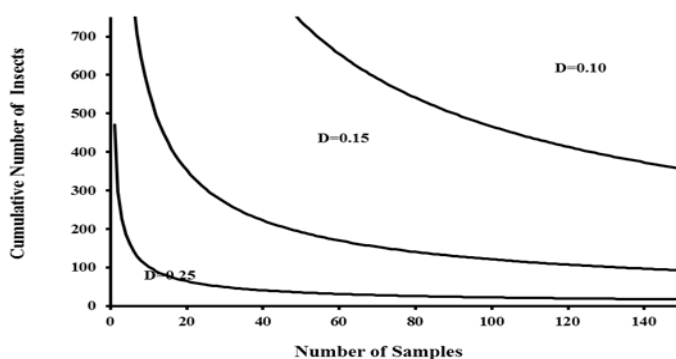
جدول ۲. پارامترهای رگرسیونی آیوآو برای دو گونه کفشدوزک شکارگر شته‌های یونجه در مزرعه واقع در شهرستان بروجرد استان لرستان در سال‌های

زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱

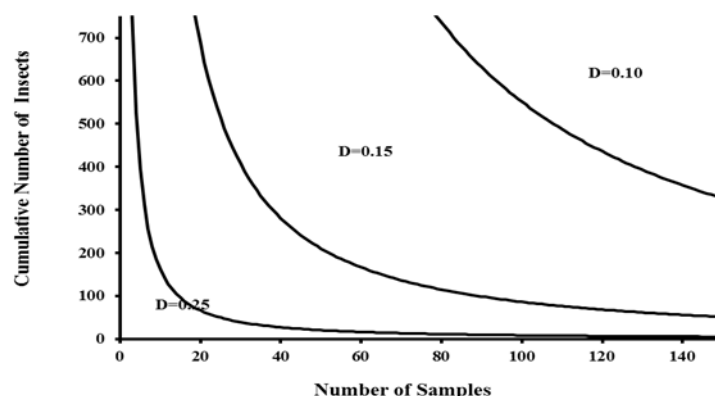
	Slop	SE _{slope}	Intercept	SE _{intercept}	df	F	R ²	(Slope-1)/ SE _{slope}
سال زراعی ۱۴۰۰								
<i>H. variegata</i>	۱/۳۳۳	۰/۱۶۳	۲/۳۴۸	۰/۸۷۶	۲۴	۶۶/۹۴*	۰/۷۴	۲/۰۴**
<i>C. septempunctata</i>	۱/۲۸۰	۰/۱۶۰	۳/۳۳۳	۰/۸۴۱	۲۴	۶۲/۷۰*	۰/۷۲	۱/۷۵**
سال زراعی ۱۴۰۱								
<i>H. variegata</i>	۱/۲۹۳	۰/۱۰۵	۲/۲۳۳	۰/۵۹۱	۲۴	۱۴۹/۵۴*	۰/۸۶	۲/۷۹**
<i>C. septempunctata</i>	۱/۳۲۷	۰/۱۵۷	۲/۶۹۱	۰/۸۶۷	۲۴	۷۰/۸۴*	۰/۷۴	۲/۰۸**

مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت

از نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون الگوی پراکنش فضایی جهت ارائه طرح نمونه‌برداری دنباله‌ای و همچنین تعیین خط توقف نمونه‌برداری استفاده گردید. شکل (۱) خطوط توقف نمونه‌برداری را در نمونه‌گیری از جمعیت کفشدوزک *H. variegata* در مزرعه یونجه در سطح دقت تحقیقاتی ۰/۱، ۰/۱۵ و سطح مدیریت تلفیقی آفات ۰/۲۵ نشان می‌دهد. با استفاده از این نمودار می‌توان تراکم جمعیت کفشدوزک *H. variegata* را در مزرعه یونجه، با کمترین اندازه نمونه ممکن در سطوح دقت مورد نظر تعیین کرد. تعداد نمونه مورد نیاز جهت تخمین میانگین جمعیت شکارگر به دو عامل دقت مورد انتظار و تراکم جمعیت بستگی داشت. در نمونه‌برداری دنباله‌ای از جمعیت این کفشدوزک با کاهش سطح دقت، اندازه نمونه مورد نیاز جهت تعیین میانگین جمعیت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. هر زمان که میانگین تراکم گونه مورد نظر در واحد نمونه (هر ۱۲ بار حرکت رفت و برگشت تور معادل یک واحد نمونه‌برداری) برابر با ۱۴ باشد تعداد هشت عدد نمونه در سطح ۰/۲۵ که جهت اهداف مدیریتی است مورد نیاز می‌باشد. تعداد نمونه مورد نیاز به منظور تخمین میانگین جمعیت کفشدوزک فوق، از ۶۱ عدد در میانگین ۰/۵ تا ۳۰۳ عدد در میانگین ۰/۰۳ متغیر بود. شکل (۲) نیز خطوط توقف نمونه‌برداری دنباله‌ای در جمعیت کفشدوزک *C. septempunctata* را در سه سطح فوق نشان می‌دهد که برای سطح دقت ۰/۲۵ میانگین تراکم این گونه در ۳۶ عدد در واحد نمونه برابر ۷ عدد نمونه مورد نیاز می‌باشد. همچنین تعداد نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت این کفشدوزک در سطح دقت ۰/۲۵، از ۴۶ عدد در میانگین ۰/۵ تا ۱۴۷ عدد در میانگین ۰/۰۳ متغیر بود.



شکل ۱. خطوط توقف نمونه‌برداری دنباله‌ای کفشدوزک *Hippodamia variegata* در سطوح دقت ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲۵ در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد



شکل ۲. خطوط توقف نمونه‌برداری دنباله‌ای *Coccinella septempunctata* در سطوح دقت ۰/۱، ۰/۱۵ و ۰/۲۵ در مزرعه یونجه شهرستان بروجرد در دقت ۰/۱ که به منظور اهداف تحقیقاتی مناسب است تعداد نمونه مورد نیاز جهت تخمین میانگین جمعیت، افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند. این تعداد در کفشدوزک *H. variegata* از ۳۸۱ عدد در میانگین ۰/۵ تا ۱۱۹۷ عدد در میانگین ۰/۰۷ نوسان داشت و در مورد کفشدوزک *C. septempunctata* در سطح دقت ۰/۱، از ۲۸۵ عدد در میانگین ۰/۵ تا ۶۲۰ عدد در میانگین ۰/۰۸ متغیر بود. Koch et al. (2006) برای تخمین جمعیت لارو *Harmonia. axyridis* Pallas در مزرعه ذرت توسط مدل گرین، در سطوح دقت ۰/۱ و ۰/۲۵ به ترتیب ۲۳۵ و ۴۶ عدد را گزارش کردند. در مطالعه‌ای دیگر (Afshari (2011) در مزارع گندم تعداد نمونه لازم برای تخمین میانگین جمعیت *C. septempunctata* را ۴۱ تا ۴۰۰ عدد به ترتیب در تراکم ۰/۶ تا ۰/۰۳ گزارش کرد. همان‌گونه که نشان داده شد در سطح دقت ۰/۱ برای کفشدوزک‌های مورد نظر، تعداد نمونه زیادی برای برآورد جمعیت نیاز است که بسیار زمان‌بر می‌باشد. در حالی که با کاهش سطح دقت به ۰/۲۵ (سطح دقت توصیه شده برای مدیریت تلفیقی آفات)، اندازه نمونه کاهش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان بیان کرد که استفاده از خط توقف نمونه‌برداری در سطح دقت ۰/۱ برخلاف سطح دقت ۰/۲۵ به منظور تخمین جمعیت کفشدوزک‌های مورد نظر بسیار زمان‌بر و غیرقابل استفاده می‌باشد. با توجه به مزایای نمونه‌برداری دنباله‌ای در مدیریت تلفیقی آفات، در این پژوهش تلاش شد مدل‌هایی برای این منظور در سطح مزارع یونجه منطقه بروجرد استان لرستان طراحی شود. نمونه‌برداری دنباله‌ای این توانایی را به مروجان و پژوهشگران می‌دهد تا با صرف کمترین زمان و برداشتن کمترین تعداد نمونه، میانگین و دیگر پارامترهای جمعیت کفشدوزک را در مزارع یونجه برآورد نمایند.

در برنامه‌های مدیریتی آفات و دیگر حشرات، فرآیند تصمیم‌گیری و کاهش هزینه حیاتی است. در نتیجه نمونه‌برداری دنباله‌ای با دقت ثابت به این دلیل که از نظر هزینه (کاهش تعداد نمونه) نسبت به روش‌های معمولی برآورد انبوهی جمعیت حشرات به صرفه‌تر بوده و همچنین تخمین سریع‌تر و دقیق‌تری را از جمعیت حشرات ارائه می‌دهد، در بحث پیش‌آگاهی جمعیت حشرات کارایی بسیار زیادی دارد.

مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای با توجه به دقت بالا و هزینه کمتر و همچنین امکان تصمیم‌گیری سریع‌تر دارای جایگاه ویژه‌ای در مطالعه حشرات هستند (Binns, 1994; Pedigo & Zeiss, 1996; Naranjo & Hutchison, 1997; Young & Tsai et al., 2000; Mohiseni et al., 2009). Young, 1998. نمونه‌برداری دنباله‌ای مدل گرین از روش‌های سریع و آسان برای تخمین میانگین جمعیت، در مورد گونه‌های آفت استفاده گردیده است. در این ارتباط می‌توان به تحقیقاتی که روی آفات ذرت در سال ۲۰۰۳ توسط O'Rourke & Hutchison (2003)، پسپل مرکبات در سال ۲۰۱۲ توسط Sule et al. (2012) و سن گندم در سال ۲۰۰۹ توسط Mohiseni et al. (2009) انجام شدند، اشاره کرد. با این وجود این مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای کمتر در تخمین جمعیت دشمنان طبیعی مورد استفاده قرار گرفته است. انتخاب یک روش مناسب در مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای،

به دلیل متفاوت بودن دقت و همچنین هزینه روش‌های گوناگون نمونه‌گیری، از اهمیت بسیاری برخوردار است. در این تحقیق، از تور حشره‌گیری به عنوان ابزار نمونه‌گیری استفاده گردید. برخی محققین از این روش برای تخمین میانگین جمعیت حشرات کامل کفشدوزک‌های شکارگر در مزارع گندم استفاده کرده‌اند (Eliot & Kieckhefer, 1990; Michels et al., 1997). Soleimani & Madadi, (2015)، از تور حشره‌گیری برای نمونه‌برداری از کفشدوزک‌های گونه *H. variegata* در مزارع یونجه همدان استفاده کردند و تعداد ۲۵ حرکت پاندولی تور را به عنوان واحد نمونه‌برداری انتخاب کردند. از دیگر روش‌های نمونه‌برداری نیز برای تخمین میانگین جمعیت دیگر حشرات در محصولات مختلف استفاده شده است به طور مثال Mohiseni et al. (2009) در پژوهشی با مقایسه استفاده از روش تور حشره‌گیری با کادرهای یک‌دهم و ربع متر مربعی برای تخمین جمعیت سن گندم، به کارایی و اهمیت روش تور حشره‌گیری اشاره کردند و همچنین به دلیل سادگی و کم هزینه بودن این روش نسبت به کادر، امکان افزایش میزان دقت نمونه‌برداری از سطح خطای ۰/۲۵ (دقت قابل قبول در مدیریت آفات) (Southwood, 1978)، به سطح ۰/۱۵ و حتی ۰/۱ وجود دارد. در مطالعه دیگری که روی سن گندم در مزارع گندم دیم توسط Mohiseni et al. (2007) انجام شد، استفاده از روش تور حشره‌گیری برای جمع‌آوری پوره‌های سن سه تا پنج و حشرات کامل نسل جدید بسیار مناسب ارزیابی شد. از روش‌هایی مختلفی مانند شمارش تمام افراد روی بوته در یک سطح معین (Tenhumberg & Poehling, 1995; Iperiti et al., 1988)، استفاده از دستگاه مکش در مزارع گندم (Winder et al., 1994) و شمارش در یک مدت زمان معین برای شکارگرها در مزارع گندم (Elliott et al., 1997) استفاده شده است. در پژوهشی که در مزارع ذرت شیرین بر روی دو گونه کفشدوزک *Coleomegilla maculate* (De Geer) و *H. axyridis* صورت گرفت، با مقایسه دقت روش‌های مختلف نمونه‌برداری برای تخمین میانگین جمعیت این گونه‌ها، دقت روش شمارش روی بوته را بیشتر از روش کارت‌های زرد چسبیده گزارش کردند (Musser et al., 2004). بنابراین توصیه می‌شود کارایی و دقت روش‌های دیگر نمونه‌برداری، برای تخمین میانگین جمعیت شکارگرها به‌خصوص در تراکم‌های پایین بررسی و مقایسه گردند. در مدل‌های نمونه‌گیری دنباله‌ای با دقت ثابت، نمونه‌برداری باید بطور متوالی انجام و بعد از هر نوبت نمونه‌برداری، فراوانی تجمعی حشره مورد نظر به ازای تعداد نمونه گرفته شده با شکل (۲۰۱) مقایسه شود. اگر فراوانی تجمعی شکارگرهای مورد نظر از خط توقف بالاتر قرار بگیرد به معنای پایان نمونه‌برداری است ولی اگر فراوانی تجمعی زیر خط توقف قرار بگیرد، نمونه‌برداری باید تا زمان تصمیم‌گیری قطعی ادامه پیدا کند. نتایج تعداد نمونه مورد نیاز برای برآورد کفشدوزک‌های شکارگر با استفاده از تور حشره‌گیری در مزارع یونجه شهرستان بروجرد نشان داد که در سطح دقت ۰/۲۵ تعداد نمونه مورد نیاز نسبت به روش معمولی برای گونه‌های مورد مطالعه، ۷۵ درصد کاهش پیدا کرد. کارایی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین جمعیت سایر حشرات نیز گزارش شده است. در پژوهشی (Moin-Namini et al., 2000) کارایی مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای در تخمین جمعیت سن گندم را تا ۹۰ درصد گزارش کردند. در پژوهشی دیگر در ارتباط با تخمین جمعیت شته سبز پنبه *Aphis gossypii* Glover مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای، تعداد نمونه مورد نیاز را ۷۹ تا ۹۳ درصد و برای شب‌پره *Heliothis sp.* بین ۴۵ تا ۵۳ درصد کاهش داد (Afshari et al., 2007). در مطالعه‌ای دیگر بر روی شته‌های گندم (Ramezani et al., 2015) کاهش تعداد نمونه مورد نیاز با استفاده از مدل‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای برای تخمین جمعیت این گونه‌ها را ۴۴ تا ۸۳ درصد گزارش کردند. همچنین استفاده از روش مدل نمونه‌برداری دنباله‌ای سبب کاهش ۶۵ درصد در زمان نمونه‌برداری به منظور تخمین جمعیت شته کلم *Brevicorin brassicae* (L) و شته سبز هلو *Myzus persicae* (Sulzer) روی کلم شد (Wilson et al., 1983). منحنی‌های تصمیم‌گیری که با استفاده از تعداد تجمعی و تعداد نمونه شکارگر رسم شدند (شکل ۲۰۱) به عنوان یک مدل ساده می‌تواند در تخمین میانگین جمعیت با یک دقت مشخص استفاده گردند. این روش نیز بین هزینه (تعداد نمونه) و دقت نمونه‌برداری یک تعادلی را ایجاد می‌کند و به نمونه‌بردار اجازه می‌دهد که بعد از هر بار نمونه‌گیری در مورد امکان تخمین میانگین جمعیت با دقت مدنظر تصمیم‌گیری کند و بعد از رسیدن به دقت مورد نظر، نمونه‌گیری را متوقف نماید و از برداشتن نمونه‌های اضافی که سبب افزایش هزینه نمونه‌برداری می‌گردد، اجتناب کند. برنامه‌های نمونه‌برداری دنباله‌ای در نواحی مختلف، زمان‌های

متفاوت فصل رشدی و گیاهان گوناگون از سالی به سال دیگر متغیر است. در نتیجه این تغییرپذیری به عواملی مانند مه‌بار زیست‌شناختی، استفاده از آفت‌کش‌ها، نوع توزیع حشره، کیفیت گیاه میزبان و همچنین شرایط محیطی متفاوت مانند دما و بارندگی بستگی دارد (Trumble *et al.*, 1989).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش تلاش شد با توجه به مزایای نمونه‌برداری دنباله‌ای در مدیریت جمعیت حشرات، برای اولین بار مدل‌هایی برای این منظور در سطح مزارع یونجه منطقه بروجرد لرستان طراحی و اجرا شود. همچنین با در نظر گرفتن این موضوع که در بحث مدیریت تلفیقی آفات کاهش هزینه مدیریتی از اصول اساسی و توصیه شده است، استفاده از مدل‌های نمونه‌گیری دنباله‌ای با دقت ثابت به دلیل کاهش معنی‌دار در تعداد نمونه و همچنین تعیین میزان دقت، می‌تواند نقش مهمی در پیش‌آگاهی جمعیت‌ها داشته باشد.

سپاسگزاری

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

REFERENCES

- Afshari, A., Soleymannejadian, E., & Shishehbor, P. (2007). Spatial distribution of the natural enemies of the cotton aphid, and the comparison of its estimating procedures in cotton fields of Gorgan, Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 27(2), 61-78. (In Persian)
- Afshari, A., & Dastranj, M. (2010). Density, spatial distribution and sequential sampling plans for cereal aphids infesting wheat spike in Gorgan, northern Iran. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 32(2), 89-102. (In Persian)
- Afshari, A. (2011). Density dynamics, spatial distribution and sequential sampling of important aphidophagous predators in wheat fields of Gorgan. *Journal of Plant Protection*, 25(3), 276-285. (In Persian)
- Bakhshizadeh, N., Mohiseni, A., & Fathi, A. (2010). Dispersion pattern and sequential sampling model with fixed-precision for estimating population of *Eurygaster integriceps* Put. (Het.: Scutelleridae) in rainfed wheat fields of Ardabil. *Scientific Journal of Agriculture*, 33(2), 63-75. (In Persian)
- Binns, M. R. (1994). Sequential sampling for classifying pest status. Pp. 137-174. In: L. P. Pedigo and G. D. Buntin (eds.), *Handbook of sampling methods for Arthropods in agriculture*. CRC Boca Raton., FL.
- Burkness, E.C., & Hutchison, W.D. (1998). Development and validation of a fixed-precision sampling plan for estimating striped cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) density in cucurbits. *Environmental Entomology*, 27, 178-183.
- Brewer, M.J., & Elliot, N.C. (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.
- Chambers, R.J., Sunderland, K.D., Stacey, D.L., & Wyatt, I.J. (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, S.L., Elbertson, L.R., Youssef, N., Young F.L., & Evans M.A. \(2004\). Cereal aphid and natural enemy populations in cereal production systems in eastern Washington. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77, 165-173.](#)
- Collins, K.L., Boatman, N.D., Wilcox, A., Holland, J.M., & Chaney K. (2002). Influence of beetle banks on cereal aphid predation in winter wheat. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93, 337-350.

- Croft, B.A., Welch, S.M., & Dover, M.J. (1976). Dispersion statistics and sample size estimates for populations of the mite's species *Panonychus ulmi* and *Amblyseius fallacis* on apple. *Environmental Entomology*, 5(2), 227-233.
- Elliott, N. C. & Kieckhefer, R. W. (1986). Cereal aphid populations in winter wheat: spatial distributions and sampling with fixed levels of precision. *Environmental Entomology* 15, 945-958.
- Elliott, N.C., & Kieckhefer, R.W. (1990). Dynamics of aphidophagous coccinellid assemblages in small grain fields in eastern South Dakota. *Environmental Entomology*, 19, 1320-1329.
- Elliott, N.C., Michels, Jr G.J., Kieckhefer, R.W. & French B.W. (1997). Sequential sampling for adult coccinellids in wheat. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 84, 267-273.
- Elliott, N. C., Gilles, K. L., Royer, T. A., Kindler, S. D., Tao, F. L., Jones, D. B., & Cuperus, G. W. (2003). Fixed precision sequential sampling plans for Greenbug and bird cherry-oat aphid (Homoptera: Aphididae) in winter wheat. *Journal of Economic Entomology*, 96(5), 1585-1593.
- 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).
- Feng, M. G., & Nowierski, R. M. (1992). Spatial distribution and sampling plans for four species of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) infesting spring wheat in southwestern Idaho. *Journal of Economic Entomology*, 85(3), 830-837.
- Feng, M.G., Nowierski, R.M., Z eng, Z., & Scharen, A.L.(1993). Estimation of population density of the Russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae) from the proportion of grain tillers with different tally threshold of aphids. *Journal of Economic Entomology*, 86, 427-435.
- Franzmann, B. A. (2002). *Hippodamia variegata*; a predacious ladybird new in Australia. *Australian Journal of Entomology*, 41, 375-377. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1440-6055.2002.00318.x>
- Galvan, T.L., Burkness, E.C., & Hutchison W.D. (2007). Enumerative and binomial sequential sampling plans for the multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in wine grapes. *Journal of Economic Entomology*, 100, 1000-1010.
- 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.
- Green, R. H. (1970). On fixed level precision sequential sampling. *Research in Population Ecology*, 12, 249-251.
- Hollingsworth, C. S., & Gatsonis, C. A. (1990). Sequential sampling plans for green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on potato. *Journal of Economic Entomology*, 83(4), 1365-1369.
- Hutchison, W. D., Hogg, D. B., Poswal, M. A., Berberet, R. C., & Cuperus, G. W. (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(3), 749-758.
- Hsu, J. C., Horng, S. B., & Wu, W. J. (2001). Spatial Distribution and Sampling of *Aulacaspis yabunikkei* (Homoptera: Diaspididae) in camphor trees. *Plant Protection Bulletin*, 43, 69-81. From: <https://scholars.lib.ntu.edu.tw/handle/123456789/95416>
- Iperti, G., Lapchin, L., Ferran, A., Rabasse, J.M., & Lyon, J.P. (1988). Sequential sampling of adult *Coccinella septempunctata* L. in wheat fields. *Canadian Entomologist*, 120, 773-778.
- Iwao, S. (1968). A New regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Researches on Population Ecology*, 10, 1-20.

- Johki, Y., Obata, S., Matsui, M. (1988). Distribution and behavior of five species of aphidophagous ladybirds (Coleoptera) around aphid colonies, In: Niemczyk E, Dixon AFG, (eds.), *Ecology and Effectiveness of Aphidophaga*, 1 st ed. SPB Academic Publishing, The Netherlands. pp. 35-38.
- Karimi, H. (1990). Alfalfa. 371 pp. *Iran University Press*. Tehran, Iran. (In Persian).
- Koch, R.L., Burkness, E.C., & Hatchison, W.D. (2006). Spatial distribution and fixed-precision sampling plans for the ladybird *Harmonia axyridis* in sweet corn. *Biocontrol*, 51, 741-751.
- Kavallieratos, N. G., Athanassiou, C. G., Tomanovic, Z., Sciarretta, A., Trematerra, P., & Zink, V. (2005). Seasonal occurrence, spatio-temporal distribution and sampling indices for *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphidoidea) and its parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on tobacco. *European Journal of Entomology*, 102, 459-468.
- Kontodimas, D. C., & Stathas, G. J. (2005). Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dyaphis crataegi*. *Biocontrol*, 50(2), 223-233. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10526-004-0455-7>
- Kuhn, J., Ellis, T., & Fitzhugh, L. (1996). Alfalfa helps wildlife on your farm. In *Proceedings, 27 National Alfalfa Symposium and 26 California Alfalfa Symposium, 9-10 December, 1996, San Diego, CA. Certified Alfalfa Seed Council, Davis, CA and Univ. of California, Davis*.
- Kuno, E. (1969). A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. *Research in Population Ecology*, 11, 127-136.
- Michels, G.J., Elliott, N.C., Romero, R.L., & French, W.B. (1997). Estimating populations of aphidophagous coccinellidae (Coleoptera) in winter wheat. *Environmental Entomology*, 26, 4-11.
- Mohiseni, A. A., Soleyman-nejadian, A., Mossadegh, M.S., Radjabi, G.H.R., & Pirhadi, A. (2007). Sequential sampling plan of *Eurygaster integriceps* (Het.: Scutelleridae) in wheat fields of Borujerd region. *Journal of Entomological Society of Iran*, 27, 43-59 (In Persian)
- Mohiseni, A. A., Soleimannejadian, M. S., & Rajabi, G. (2009). Fixed precision sequential sampling plans to estimate overwintered Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) population in rainfed wheat fields in Borujerd. *Journal of Plant Protection*, 32(1), 33-47. (In Persian).
- Moin-Namini, S. (2000). *Biology and forecasting network pattern for monitoring Sunn pest, Eurygaster integriceps Puton in Varamin region, Iran*. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, University of Guilan. 68 pp. (In Persian).
- Musser, F.R., Nyrop, J.P., & Shelton, A.M. (2004). Survey of predators and sampling method comparison in sweet corn. *Journal of Economic Entomology*, 97, 136-144.
- Naranjo, S.E., Hatchison, W.D. (1997). Validation of arthropod sampling plans using a resampling approach: software and analysis. *Am Entomology*, 43(1), 48-57.
- 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, Razi University of Kermanshah*. P. 21. (In Persian)
- Nestel, D., Cohen, H., Saphir, N., Klein, M., & Mendel, Z. (1995). Spatial distribution of scale insects: comparative study using Taylor's power law. *Environmental Entomology*, 24(3), 506-512.
- Nyrop, J. P., & Wright, R. J. (1985). Use of double sample plans in insect sampling with reference to the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environmental Entomology*, 14, 644-49.
- O'Rourke, P.K., & Hutchison, W.D. (2003). Sequential sampling plans for estimating European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) and corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) larval density in sweet corn ears. *Crop Protection*, 22, 903-909.
- Pankanin-Franczyk, M., & Ceryngier, P. (1995). Cereal aphids, their parasitoids and coccinellids on oats in central Poland. *Journal of Applied Entomology*, 119, 107-111.

- Pedigo, L. P., & Zeiss, M. R. (1996). Analyses in insect ecology and management. *Iowa State University Press/Ames*.
- Putnam, D.H., Russelle, M., Orloff, S., Kuhn, J., & Fitzhugh, L. (2001). Alfalfa, Wildlife and the Environment. The Importance and Benefits of Alfalfa in the 21st century. A Friendly and Informative Guide to Alfalfa, the Queen of Forages. *California Alfalfa and Forage Association Press*. 24 pp.
- Trumble, J.T., Brewer, M.J., Shelton, M.A., & Nyrop, J.P. (1989). Transportability of fixed-precision level sampling plans. *Researches on Population Ecology*, 31, 325-342.
- Radjab, G. (2008). Insect Ecology, Applied and Considering, the Conditions of Iran. *Agricultural Research, Education and Extension Organization*. (In Persian).
- Rajabi, G. (2009). Insect Ecology (according to Iran conditions). *Ministry of Agriculture Press*. (In Persian)
- Rajabpour, A., Yarahmadi, F. (2013). Spatial dispersion and sequential sampling plan for black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli, on faba bean fields in Veis region, Ahvaz. *Journal of Plant Protection*, 36(3), 69-79. (In Persian).
- Rakhshani, E., Ebadi, R., & Mohammadi, A.A. (2009). Population dynamics of alfalfa aphids and their natural enemies in Isfahan, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11, 505-520. (In Persian)
- Ramezani, L., Rajabpur, A., Zandi, N., & Yar Ahmadi, F. (2015). Fixed Precision Sequential Sampling Plan of Aphids of Ahvaz wheat fields. *Journal of Plant Protection*, 29(4), 582-588. <https://civilica.com/doc/666396>. (In Persian)
- Ren, G.W., Shen, W.P., & Ma, J.G. (2000). The spatial distribution pattern and sampling method of the larvae of *Leis axyridis* in tobacco fields. *Entomological Knowledge*, 37, 164-165.
- Sally, R., Singh, S. R., Walters, K. F. A., & Northing, P.h. (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. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.01.003>
- 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. University of Tabriz. (In Persian)
- 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, Razi University of Kermanshah*. P. 23. (In Persian)
- 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. DOI: <http://doi.org/10.1515/jppr-2015-0058> (In Persian)
- Southwood, T. R. E. (1978). Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. (2nd ed.) *Chapman & Hall, London*. 524 pp. DOI: <http://doi.org/10.1007/978-94-009-1225-0>
- Southwood, T.R.E. (1995). Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. *Champan and Hall, London. UK*.
- Southwood, T.R.E., & Henderson, P.A. (2000). Ecological Methods, 3rded. Oxford: *Blackwell Science*.
- Summers, C.G. (1976). Population fluctuations of selected arthropods in alfalfa; Influence of two harvest practices. *Environmental Entomology*, 5(1), 103-110.

- Sule, H., Muhamad, R., Omar, D., Hee, A. K. W. & Zazali, C. (2012). Dispersion pattern and sampling of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) populations on Citrus suhuiensis Hort. *Ex Tanaka in Padang Ipoh*.
- Taylor, L. R. (1961). Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189, 732-735.
- Taylor, L.R. (1984). Assessing and interpreting the spatial distributions of insect populations. *Annual Review of Entomology*, 29, 321-357.
- Tenhumberg, B., & Poehling, H.M. (1995). Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: aspects of their biology and efficacy in different years and regions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 52, 39-43.
- Tsai, J.H., Wang, J.J., & Liu, Y.H. (2000). Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jassamine in southern Florida. *Florida Entomologist*, 83(4), 446-459.
- Wang, K., & Shipp, J.L. (2001). Sequential sampling plans for western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) on green house cucumbers. *Journal of Economic Entomology*, 94, 579-585.
- Winder, L., Hirst, D.J., Carter, N., Wratten, S.D., & Sopp, P.I. (1994). Estimating predation of the grain aphid *Sitobion avenae* by polyphagous predators. *Journal of Applied Ecology*, 31, 1-12.
- Wilson, L.T., Mount, C., Pickel, R.C., & Zalom, F.G. (1983). Presence-Absence Sequential Sampling for Cabbage Aphid and Green Peach Aphid (Homoptera: Aphididae) on Brussels Sprouts. *Journal of Economic Entomology*, 76(3), 476-479.
- Young, L.J., & Young, L.H. (1998). Statistical Ecology. *Kluwer Academic Press, Boston*, 565 p.