

پراکنش زمانی و مکانی سوسک‌های کرگدنی جنس *Oryctes* Hellwig (Col.: Scarabaeidae) در نخلستان‌های استان خوزستان

حوری‌زاد قائدی^۱، فرحان کچیلی^۱، مسعود لطیفیان^{۲*} و رضا فرخی‌نژاد^۱

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، ۲- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۷)

(تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۵/۱۱)

چکیده

فعالیت سوسک‌های جنس *Oryctes* Hellwig (Col.: Scarabaeidae) باعث خسارت شدید به نخل‌های خرما می‌شوند. برای بررسی پراکنش مکانی از ۲۳ نخلستان در استان خوزستان نمونه‌برداری شد. روش‌های زمین آماری برای شبیه‌سازی مدل‌های پراکنش مکانی استفاده شد. شاخص‌های همبستگی و همپوشانی آشیان بوم‌شناختی محاسبه شدند. برای بررسی پراکنش زمانی، یک نخلستان در مناطق آبادان، شادگان و بهبهان به طور تصادفی انتخاب و نمونه برداری‌ها در فواصل دو هفته یک‌بار انجام شد. از مدل‌های سری زمانی برای مطالعه تغییرات فصلی جمعیت استفاده شد. نتایج نشان داد که پراکنش جمعیت‌های سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* به ترتیب با مدل کروی و خطی سازگاری دارند. میزان اثر قطعه‌ای تقریباً یکسان و حدود ۹/۹-۹/۷ بود. واریوگرام‌ها دارای دامنه بین ۳/۸-۳/۲ بودند. بر اساس نتایج، احتمال وقوع نسبی (O_{ij}) سوسک *O. elegans* در ۸۷/۵ درصد از نخلستان‌های نمونه‌برداری شده بیشتر از *O. agamemnon* بود. میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (D) بین ۹۴-۰/۱ متغیر بود. جمعیت دو گونه فعالیت خود را از اواخر بهمن تا اوایل اسفند منطقه آغاز کردند. روند افزایش جمعیت برای هر دو گونه در ماه‌های بهار و اوایل تابستان ادامه داشت. شیب افزایش جمعیت برای گونه *O. elegans* بیشتر از گونه *O. agamemnon* بود. اوج تراکم جمعیت گونه *O. elegans* و *O. agamemnon* به ترتیب در دهه سوم خرداد و دهه سوم تیر با اختلاف زمانی حدود یک ماهه در آبادان و شادگان بود. در بهبهان، اوج تراکم هر دو گونه تقریباً منطبق برهم و در دهه دوم خرداد ماه بود. نتایج این پژوهش می‌تواند برای نظارت بر کنترل، طراحی برنامه مدیریت تلفیقی و ارزیابی ریسک مخاطرات سوسک‌های کرگدنی خرما قابل استفاده باشد.

واژه‌های کلیدی: نخل خرما، سوسک کرگدنی، توزیع زمانی و مکانی

مقدمه

سوسک‌های کرگدنی *Oryctes elegans* Prell و *Oryctes agamemnon* Burmeister در نخلستان‌ها پراکنش دارند (Khalaf et al., 2010; Soltani, 2014). فعالیت گونه‌های *Oryctes* با خسارت شدید به پایه خوشه‌ها و ایجاد تونل‌های طولانی در داخل بافت تنه باعث تضعیف نخل خرما شده و ضمن کاهش بهره‌وری تولید، شرایط را برای فعالیت عوامل بیمارگر فراهم می‌کنند (Khalaf et al., 2011). آسیب ناشی از *O. elegans* به نخل‌های خرما می‌تواند (سن حدود ۱۰-۲۰ سال) و نخلستان‌های قدیمی‌تر و با فاصله کاشت کم‌تر از ۵ متر بیش‌تر است (Latifian et al., 2012). حمله حشرات کامل *O. agamemnon* به برگ نخل خرما گزارش شده است و درختان با سن بیش از ۳۰ سال بالاترین سطح آلودگی را نشان داده‌اند (Khalaf and Al-Taweel, 2014). گونه‌های *O. elegans* و *O. agamemnon* در ایران سمپاتریک^۱ هستند. در بعضی از مناطق ایران نظیر بوشهر، ظهور حشرات کامل از اسفند ماه شروع و اوج فعالیت آن‌ها در خرداد ماه می‌باشد (Fasihi, 2011). سایر سوسک‌های کرگدنی شامل *Oryctes rhinoceros* Linnaeus، *Oryctes sahariensis* De Miré، *Oryctes nasicornis* و *Oryctes boas* Fabricius به ندرت در بعضی از مناطق خرماخیز گزارش شده و یا در برنامه‌های ردیابی با تله نوری شکار شده‌اند (Al-Habshi et al., 2006; Ehsine et al., 2009).

گونه‌های مختلف با زیستگاه‌های خود سازگار شده و از طریق مفهوم گونه‌های بیولوژیکی^۲ از یکدیگر جدا می‌شوند. در برخی موارد، مفهوم گونه‌های بیولوژیکی برای توصیف رابطه واقعی بین گونه‌ها کافی نیست (Jones, 2003; Baker and Bradley, 2006). مطابق معیارهای اکولوژیکی، هر گونه فضای آشیان اکولوژیکی^۳ خود را اشغال می‌کند و اجازه ورود گونه‌های دیگر به این فضا را

می‌دهد (Schlick-Steiner et al., 2010; Fujita et al., 2012). مقایسه فضاهای گونه‌ای از نظر زمانی و مکانی و درجه همپوشانی آشیان اکولوژیکی بین آن‌ها از نظر ارزیابی عملکرد اکولوژیکی گونه‌ها و تمایز زیستی آن‌ها بسیار مهم بوده و اطلاعات کلیدی برای مدیریت آن‌ها در سطح زیست بوم فراهم می‌کند (Raxworthy et al., 2007; Barve et al., 2011).

در ارتباط با سایر آفات خرما از جمله موربانه *Microcerotermes diversus* Silvestri (Latifian et al., 2018)، کته تارتن خرما *Oligonychus afrasiaticus* McGregor (Latifian, 2014) و کرم میوه خوار خرما *Batrachedra amydraula* Meyr (Latifian and Zare, 2003) نیز با استفاده از روش‌های زمین آماری و مدل‌های رگرسیون چند متغیره پژوهش‌هایی با موفقیت در زمینه پراکنش زمانی و مکانی برای دستیابی به سیستم پیش‌آگاهی و ردیابی انجام شده است. در رابطه با سایر محصولات نیز پژوهش‌های متعددی انجام شده است، از جمله در یک مطالعه پراکنش مکانی سن‌های بدبو در مزرعه تجاری پنبه در آمریکا (Pulakkatu-Thodi et al., 2014)، کرم ریشه انگور *Vitacea polistiformis* (Harris) در تاکستان‌های ویرجینیا (Rijal et al., 2014)، کرم‌های ریشه‌خوار ذرت *Diabrotica* spp. (Park and Tollefson, 2005)، کرم قوزه پنبه *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Moral Garcia, 2006) و مگس زیتون *Bactrocera oleae* (Rossi) (Castrignano et al., 2012) با استفاده از روش‌های زمین آماری مطالعه شده است.

اطلاعات پراکنش مکانی و زمانی پویایی جمعیت آفت برای توسعه برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات^۴ در هر منطقه ضروری است. به کمک این اطلاعات، متخصصان می‌توانند مدیریت آفات را در اسرع وقت و با هزینه کم انجام دهند (Latifian and Rad, 2017; Latifian, 2017). هدف از این پژوهش، تعیین پراکنش مکانی و زمانی سوسک‌های

1. Sympatric

2. biological species

3. Ecological niche

4. Integrated pest management

لاروها جمع‌آوری شدند. لاروها در قفس‌های مخصوص (استوانه‌ای با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۷۰ سانتی‌متر) حاوی ۴۰۰ گرم بافت مریستم انتهایی نخل خرما در شرایط آزمایشگاهی با دمای 5 ± 25 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد تا زمان تبدیل به حشره کامل نگهداری می‌شدند. از تله نوری هر می به طول ۲ متر برای جمع‌آوری حشرات کامل استفاده شد. یک چراغ زرد (۲۴۰ وات) منبع نور در هر تله بود. تله از ساعت ۱۹ تا ۲ بامداد روز بعد در وسط نخلستان نصب می‌شد (Latifian and Zare, 2003). روش زمین آماری برای شبیه‌سازی مدل‌های پراکنش مکانی استفاده شد. روش زمین آماری مبتنی بر تئوری متغیرهای مکانی است (Story and Congalton, 1986; Wright et al., 2002). همبستگی مکانی بین نمونه‌ها با یک مدل ریاضی شناخته شده با عنوان واریوگرام^۲ (Ellisury et al., 1998) توصیف می‌شود. اگر فرض شود که $N(h)$ تعداد کل جفت نمونه‌هایی باشند که در فاصله h از هم واقع شده‌اند، آن‌گاه:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(xi) - Z(xi+h)]^2 \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱، $\hat{\gamma}(h)$ را سمی واریانس^۳ می‌نامند. به ازای مقادیر مختلف h باید مقادیری برای $\hat{\gamma}(h)$ به دست آورد. با رسم مقادیر سمی واریانس روی محور عمودی به ازای فواصل مختلف سعی شد که بهترین مدل منطبق بر داده‌ها انتخاب و رسم شود. منحنی به دست آمده را در اصطلاح واریوگرام می‌نامند (Goovaets, 1997). با افزایش فاصله h ، مقدار واریوگرام نیز به تدریج تا فاصله معینی زیاد شده، از آن به بعد به حد ثابتی می‌رسد که نشانگر حد آستانه می‌باشد.

کرگدنی در نخلستان‌های استان خوزستان، بر اساس دیدگاه‌های مدیریت تلفیقی آفات است.

مواد و روش‌ها

با توجه به این که در مناطق مختلف استان خوزستان دو گونه *Oryctes* وجود دارد، برای شناسایی دقیق گونه‌ها تعداد ۴ جفت سوسک از چهار منطقه مختلف با ذکر مختصات جغرافیایی جمع‌آوری و توسط متخصص سیستماتیک شناسایی شدند. تصاویر و کلید شناسایی حشرات کامل جنس *Oryctes* (*Oryctini*) در شناسایی استفاده شدند (Endrödi, 1985). دو گونه بر اساس مورفولوژی پا قابل تفکیک از هم می‌باشند (Al-Deeb, 2012)؛ به این ترتیب که یک دندان ثابت در قسمت زیرین ساق جلو در *O. elegans* وجود دارد که با این مشخصه از گونه *O. agamemnon* تفکیک می‌شود (Hurpin and Fresneau, 1969).

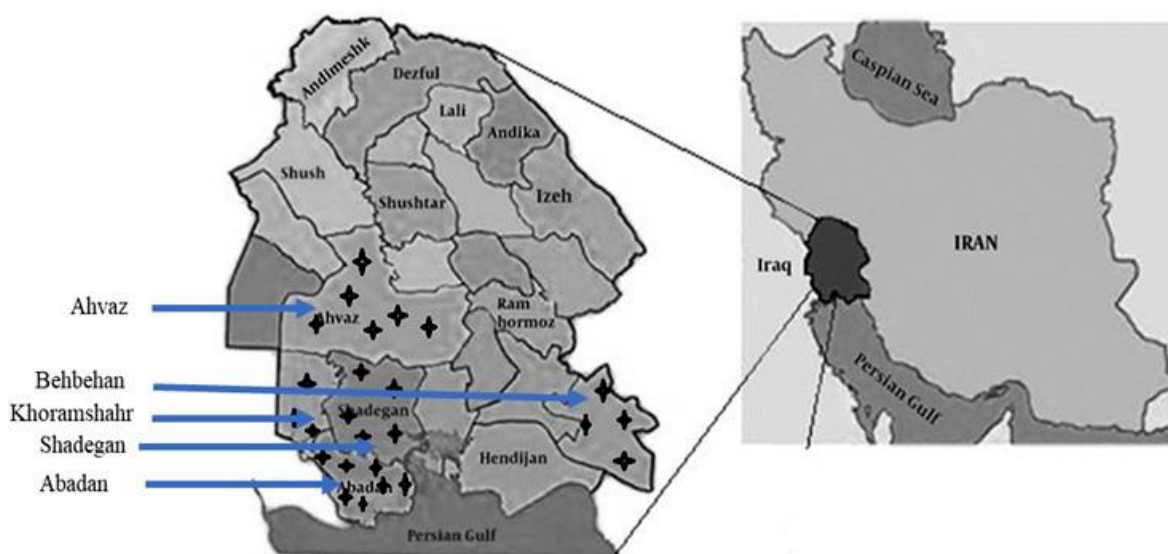
بررسی‌های پراکنش مکانی

مناطق نمونه‌برداری شامل ۲۳ نخلستان بود که با روش نمونه‌گیری خوشه‌ای جغرافیایی^۱ چند مرحله‌ای از نخلستان‌های استان خوزستان واقع در شهرستان‌های آبادان (۶ نخلستان)، خرمشهر (۳ نخلستان)، شادگان (۵ نخلستان)، اهواز (۵ نخلستان) و بهبهان (۴ نخلستان) انتخاب شدند. در سال ۱۳۹۸ شهرستان‌های استان خوزستان بر حسب موقعیت جغرافیایی و سطح زیر کشت تقسیم‌بندی و در هر شهرستان، اقدام به انتخاب روستاهای محل نمونه‌برداری شد (شکل ۱). در هر نخلستان سوسک‌های کرگدنی به وسیله تله‌های نوری و روش مستقیم، جمع‌آوری و درون ظروف پلاستیکی شماره‌گذاری شده به آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل شدند. در هر هکتار از نخلستان تعداد ۱۰ عدد نخل به صورت تصادفی انتخاب شدند. در هر نخل فاصله ۲۵ سانتی‌متر با عمق ۰/۵ متر از اطراف ساقه جستجو و تمام

۲. variogram

۳. Semivariance

۱. Geographical cluster sampling



شکل ۱- نقشه پراکنش محل‌های نمونه برداری از سوسک‌های کرگدنی نخل خرما در استان خوزستان
Figure 1. Distribution map of sampling areas of date palm rhinoceros beetles in Khuzestan province

در رابطه ۲، $\hat{Z}(x)$ تراکم جمعیت تخمین زده شده در نقطه X_0 ، مقدار عددی تراکم جمعیت هر گونه سوسک کرگدنی مورد بررسی در نقطه X_i و λ_i وزن آماری است که به نمونه $Z(x_i)$ واقع در همسایگی نقطه X_0 اختصاص می‌یابد. آزمون کولموگروف-اسمیرنوف که یکی از مهم‌ترین آزمون‌های آماری در نرم‌افزار SPSS محسوب می‌شود، برای آزمون نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. برای نزدیک‌تر کردن توزیع فراوانی داده‌ها به حالت نرمال، تبدیل لگاریتمی انجام داده شد. به دلیل وجود مقادیر صفر در نمونه‌ها به جای $\log x$ از $\log(x+1)$ استفاده شد. در مکان‌هایی که جمعیت یک گونه بسیار پایین و در حد صفر بود، آن داده از فهرست داده‌ها حذف می‌شد. تجزیه‌های زمین آماری با نرم‌افزار GS+ 5.1.1 انجام شدند (Katherine, 2001).

در واقع، در این فاصله مقدار سمی‌واریانس به مقدار واریانس مشاهدات نزدیک می‌شود. باید توجه داشت که تنها گروهی از مدل‌های واریوگرام حاوی حد آستانه بوده (مانند مدل‌های نمایی^۱، کروی^۲ و گوسی^۳) و دسته‌ای دیگر مانند مدل‌های خطی فاقد حد آستانه می‌باشند. بدین معنی که با افزایش فاصله h مقدار واریوگرام نیز افزوده شده، اما به حد ثابتی نخواهد رسید. برای برآورد توزیع مکانی جمعیت سوسک‌های کرگدنی از شاخص‌های مدل واریوگرام استفاده شد.

کریجینگ^۴ روش آماری برآورد متغیرهای مکانی بوده و به عنوان یک تابع خطی (رابطه ۲) از مجموعه مشاهدات توزیع شده واقع در همسایگی نقطه‌ای مشخص است (Katherine, 2001).

$$\hat{Z}(x) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad \text{رابطه ۲}$$

1. Exponential
2. Spherical
3. Gaussian
4. Kriging

همپوشانی، همبستگی و میزان بهره‌وری آشیان‌های بوم‌شناختی توسط جمعیت‌های سوسک‌های کرگدنی

برای ارزیابی میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه *O. elegans* و *O. agamemnon* ابتدا شاخص احتمال وقوع نسبی O_{ij} بر اساس رابطه ۳ محاسبه شد.

$$O_{ij} = \frac{\sigma(n_{ij})}{\text{Max}(n_{ij})} \quad \text{رابطه ۳}$$

در رابطه ۳، O_{ij} تراکم جمعیت هر گونه در هر مکان نمونه‌برداری و $\text{Max}(n_{ij})$ بیشترین تراکم ثبت‌شده در کل مناطق نمونه‌برداری طی فصل بود (Ferrier et al., 2007; Hengl et al., 2009). در مرحله بعد، پتانسیل آشیان بوم-شناختی قابل بهره‌برداری در هر مکان توسط هر گونه e_{ij} با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$e_{ij} = \frac{\text{Max}(n_{ij}) - n_{ij}}{\text{Max}(n_{ij})} \quad \text{رابطه ۴}$$

مقدار آشیان بوم‌شناختی بهره‌برداری نشده توسط هر گونه (Z_{ij}) نیز توسط رابطه ۵ محاسبه شد.

$$Z_{ij} = \frac{O_{ij}/e_{ij}}{\text{Max}(n_{ij})} \quad \text{رابطه ۵}$$

میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (D) سوسک کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد (Warren et al., 2008).

$$D = 1 - \frac{1}{2} \sum_{ij} (Z_{1ij} - Z_{2ij}) \quad \text{رابطه ۶}$$

دو شاخص رابطه ۷ و ۸ در بیان همبستگی گونه‌های سوسک‌های کرگدنی مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. وقتی که هیچ‌گونه همبستگی وجود نداشته باشد، مقدار این شاخص‌ها مساوی صفر و زمانی که همبستگی بیشترین مقدار باشد، برابر به یک است. شاخص دایس بر اساس میانگین همساز می‌باشد و به صورت رابطه ۷ محاسبه شد (Pearman et al., 2008).

$$DI = \frac{2n_{1ij}}{2n_{1jj} + n_{2ij}} \quad \text{رابطه ۷}$$

شاخص جاکارد نیز بر اساس رابطه ۸ محاسبه شد.

$$JI = \frac{n_{1ij}}{n_{1ij} + n_{2ij}} \quad \text{رابطه ۸}$$

پراکنش زمانی و تغییرات فصلی تراکم جمعیت

منحنی تغییرات فصلی دو گونه *O. elegans* و *O. agamemnon* در مناطق آبادان، شادگان و بهبهان در طول فصل و با فواصل زمانی هر دو هفته یک بار بررسی شد. روش نمونه‌برداری به طریق استفاده از تله نوری بود که در قسمت قبل توضیح داده شد. از مدل‌های سری زمانی برای مطالعه جمعیت مجموعه دو گونه‌ای استفاده شد. با فرض این که روند تغییرات فراوان واقعی یک گونه تحت تأثیر فرآیند تغییرات فراوانی گونه دیگر باشد. شاخص همبستگی متقاطع^۱ (CCF) برای همانندسازی مدل جمعیت در مقابل مسیر جمعیتی گونه دیگر استفاده شد. تغییرات جمعیت یک گونه ممکن است مستقل باشد یا در زمان‌های مختلف طی فصل با هم ارتباط داشته باشد. حتی اگر تغییرات جمعیت‌ها متفاوت باشد، با ماتریس واریانس-کوواریانس مدل‌سازی شده و شاخص همبستگی متقاطع نرخ رشد جمعیت طی زمان بر مبنای جمعیت گونه دیگر قابل ارزیابی بود. در این پژوهش، سری‌های زمانی تغییرات تراکم جمعیت دو گونه سوسک کرگدنی در سه مکان بر مبنای شاخص همبستگی متقاطع بررسی شد.

نتایج

پراکنش مکانی جمعیت سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon*

به منظور بررسی و مطالعه ساختار تغییرات مکانی داده‌های تراکم جمعیت سوسک‌های کرگدنی واریوگرام‌های داده‌ها به حالت‌های خطی، خطی تاسیل، نمایی، کروی و گوسی بررسی شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که واریوگرافی پراکنش جمعیت‌های سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* به ترتیب با مدل کروی و خطی سازگاری داشتند.

مطالعه این واریوگرام‌ها نشانگر وجود یک روند قوی در دو مقیاس منطقه‌ای و محلی بود. در دو واریوگرام میزان اثر قطعه‌ای تقریباً یکسان و حدود ۹/۷-۹/۹ بود.

^۱. Cross Correlation Function

جدول ۱- شاخص‌های مدل‌های واریوگرافی برازش شده برای پراکنش مکانی سوسک‌های کرگدنی *Oryctes elegans* و *Oryctes agamemnon* در استان خوزستان

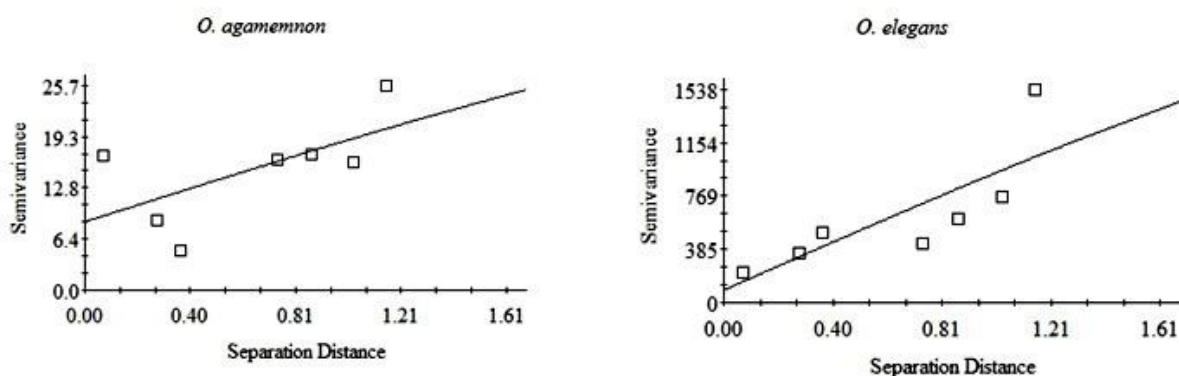
Table 1. Indicators of fitted variographic models for spatial distribution of rhinoceros beetles *Oryctes elegans* and *Oryctes agamemnon* in Khuzestan province

Species	Model	Nugget C_0	Sill (C_0+C)	Effective Range	$C/(C_0+C)$	RSS	R^2
<i>Oryctes elegans</i>	Spherical	9.9	22.9	3.8	0.96	108.5	0.63
<i>Oryctes agamemnon</i>	Linear	9.77	35.45	3.2	0.72	107.9	0.66

سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* به ترتیب ۹۶ و ۷۲ درصد بود که نشان-دهنده پراکنش تجمعی دو گونه بود.

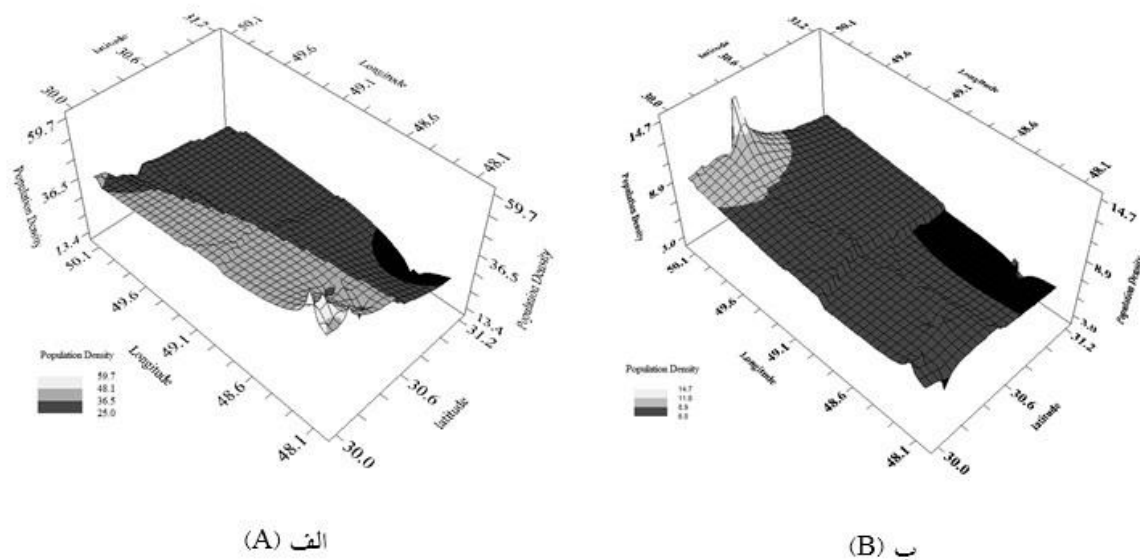
نقشه‌های کریجینگ پراکنش سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* بر مبنای داده‌های حاصل از واریوگرافی پراکنش دو گونه بر اساس روش درون‌یابی کریجینگ برای تخمین مقادیر متغیر در محل‌های نمونه-برداری نشده استفاده شد. نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است.

این نتیجه نشان می‌دهد که تغییرات جمعیت دو گونه سوسک کرگدنی در فواصل معادل فواصل نمونه‌برداری انتخاب شده و یا کمتر بروز می‌کردند. کم بودن نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه، باعث افزایش دقت برآورد آماری کریجینگ شد. واریوگرام‌ها دارای دامنه بین ۳/۸-۳/۲ بودند. شباهت عمومی واریوگرام‌ها (شکل ۲) با یکدیگر بیانگر یکسان بودن ساختار مکانی پراکنش دو گونه سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* در استان خوزستان بود. مقادیر $C/(C_0+C)$ برای دو گونه



شکل ۲- منحنی‌های مدل‌های واریوگرافی برازش شده برای داده‌های تراکم جمعیت سوسک‌های کرگدنی *Oryctes elegans* و *Oryctes agamemnon* (سال ۱۳۹۸)

Figure 2. Curves of fitted variographic models for population densities of *Oryctes elegans* and *Oryctes agamemnon* rhinoceros beetles (year 2018).



شکل ۳- نقشه‌های کریجینگ پراکنش جمعیت سوسک‌های کرگدنی الف) *Oryctes elegans* و ب) *Oryctes agagemmnon* در استان خوزستان (سال ۱۳۹۸)

Figure 3. Cracking maps of population distribution of rhinoceros beetles A) *Oryctes elegans* and B) *Oryctes agagemmnon* in Khuzestan province (Year 2018)

O. agagemmnon و *elegans* به ترتیب کمتر از ۲۵ و ۶

عدد بود.

- گروه دوم شامل مناطق با خطر متوسط بودند. در این گروه

منطقه‌ای تراکم جمعیت سوسک‌های کرگدنی *O.*

elegans و *O. agagemmnon* به ترتیب ۲۶-۳۶ و ۷-۹

عدد بود.

- گروه سوم که شامل مناطق با خطر زیاد بود. در این گروه

منطقه‌ای تراکم جمعیت سوسک‌های کرگدنی *O.*

elegans و *O. agagemmnon* به ترتیب ۳۷-۴۸ و ۱۰-۱۳

عدد بود.

- گروه چهارم که شامل کانون‌های اصلی آلودگی

سوسک‌های کرگدنی در استان خوزستان بود. در این گروه

تراکم جمعیت سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O.*

agemmnon به ترتیب بالاتر از ۴۹ و ۱۴ عدد بود.

همپوشانی، همبستگی و میزان بهره‌وری آشیان‌های

بوم‌شناختی توسط جمعیت‌های سوسک‌های

کرگدنی

شاخص‌های همبستگی و همپوشانی آشیان بوم‌شناختی

سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agagemmnon*

تغییرات تدریجی و پیوسته تراکم جمعیت سوسک‌های

کرگدنی *O. elegans* و *O. agagemmnon* در سطح

منطقه به خوبی توسط نقشه‌های کریجینگ نشان داده شد.

نخلستان‌های دارای جمعیت زیاد سوسک‌های کرگدنی *O.*

elegans و *O. agagemmnon* به ترتیب دارای متوسط

تراکم جمعیت ۶۰ و ۱۵ به طور عمده در مناطق پیوسته

کشت نخیلات در نواحی جنوب غربی استان واقع شده

بودند. مناطق دارای تراکم جمعیت کمتر از ۲۵ و ۶ عدد (به

ترتیب برای سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O.*

agemmnon) اغلب در مناطق مجاورت نواحی

کوهستانی با ارتفاع زیاد قرار گرفته‌اند. با توجه به نقشه‌های

کریجینگ به دست آمده برای برنامه‌ریزی مدیریت جمعیت

سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agagemmnon*

چهار گروه منطقه‌ای آلودگی^۱ می‌توان در نظر گرفت که

شامل گروه‌های زیر بودند:

- گروه اول که شامل مناطق کم خطر بودند. در این گروه

منطقه‌ای تراکم جمعیت سوسک‌های کرگدنی *O.*

^۱. Pathosystem

بین ۰/۹۴-۱ متغیر بود که نشان‌دهنده همپوشانی کامل فعالیت مکانی دو گونه سوسک کرگدنی مورد مطالعه بود. شاخص‌های همبستگی شامل شاخص دایس (DI) و شاخص جاکارد (JI) به ترتیب بین ۰/۶۹-۰/۹۶ و ۰/۵۳-۰/۹۳ متغیر بود که نشان‌دهنده همبستگی متوسط تا قوی پراکنش مکانی دو گونه سوسک کرگدنی مورد مطالعه بود.

تغییرات فصلی جمعیت و پراکنش زمانی سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon*

منحنی‌های تغییرات فصلی تراکم جمعیت حشرات کامل دو گونه سوسک کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* در مناطق آبادان، شادگان و بهبهان طی زمان در شکل ۴ نشان داده شده است.

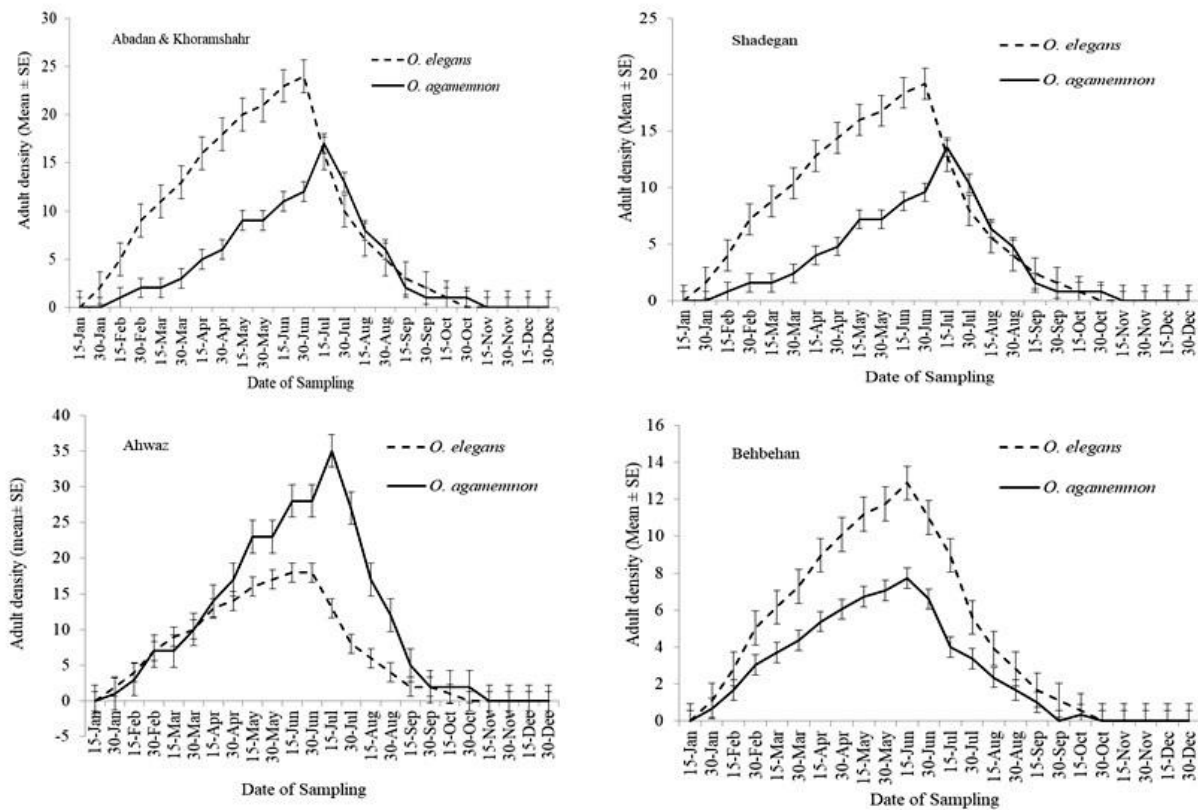
شامل احتمال وقوع نسبی (Oij)، پتانسیل آشیان بوم‌شناختی قابل بهره‌برداری (Eij)، مقدار آشیان بوم‌شناختی بهره‌برداری نشده توسط هر گونه (Zij)، میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (D) و شاخص‌های همبستگی شاخص دایس (Dice Index) و جاکارد (Jaccard index) برای ۲۳ نقطه نمونه‌برداری شده در سطح استان خوزستان در جدول ۲ نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده، در ۸۷/۵ درصد نقاط نمونه‌برداری احتمال وقوع نسبی (Oij) سوسک *O. elegans* بالاتر از *O. agamemnon* بود. پتانسیل آشیان بوم‌شناختی قابل بهره‌برداری (Eij) و مقدار آشیان بوم‌شناختی بهره‌برداری نشده توسط هر گونه (Zij) برای سوسک *O. agamemnon* در ۶۲/۵ درصد نقاط بالاتر از *O. elegans* بود. میزان همپوشانی آشیان‌های بوم‌شناختی دو گونه (D)

جدول ۲- شاخص‌های همبستگی و همپوشانی آشیان بوم‌شناختی سوسک‌های کرگدنی، *Oryctes* و *Oryctes elegans*، *O. agamemnon* در استان خوزستان

Table 2. Indicators of correlation and overlap of ecological nests of rhinoceros beetles, *Oryctes elegans* and *Oryctes agamemnon* in Khuzestan province

Longitude	Latitude	Oij		Eij		Zij		D	DI	JI
		<i>O. elegans</i>	<i>O. Agamemnon</i>	<i>O. elegans</i>	<i>O. agamemnon</i>	<i>O. elegans</i>	<i>O. Agamemnon</i>			
48°24'39"E	30°16'21.76"N	0.88	0.37	0.12	0.63	0.13	0.08	0.98	0.94	0.90
48°24'48.00"E	30°14'26"N	0.94	0.58	0.06	0.42	0.25	0.13	0.94	0.92	0.85
48°22'96.1"E	30°03'41.27"N	1.00	0.53	0.90	0.47	0.02	0.11	1.00	0.93	0.87
48°25'56.76"E	30°13'02.5"N	0.74	0.32	0.26	0.68	0.06	0.08	1.00	0.94	0.89
48°36'01"E	30°16'11.12"N	0.51	0.16	0.49	0.84	0.03	0.06	1.00	0.96	0.92
48°36'27"E	30°39'07"N	1.00	0.63	0.90	0.37	0.02	0.14	1.00	0.92	0.85
48°41'06"E	30°38'45"N	0.79	0.42	0.21	0.58	0.07	0.09	1.00	0.93	0.87
48°23'30.92"E	30°41'13"N	0.26	0.21	0.74	0.79	0.02	0.07	1.00	0.90	0.82
48°16'57"E	30°44'25.85"N	0.43	0.37	0.57	0.63	0.03	0.08	1.00	0.89	0.81
48°12'16.58"E	30°11'17"N	0.62	0.37	0.38	0.63	0.04	0.08	1.00	0.92	0.86
50°10'35.06"E	30°20'41.07"N	0.81	0.21	0.19	0.79	0.08	0.07	0.99	0.96	0.93
50°13'07.69"E	30°42'45.66"N	0.51	0.89	0.49	0.11	0.03	0.50	1.00	0.80	0.67
48°38'16.35"E	30°36'02.84"N	0.41	0.42	0.59	0.58	0.03	0.09	1.00	0.88	0.78
48°39'37"E	31°18'29.95"N	0.15	0.05	0.85	0.95	0.02	0.06	1.00	0.95	0.91
48°32'53.42"E	31°14'06"N,	0.31	1.00	0.69	0.95	0.02	0.06	1.00	0.69	0.53
48°39'56.65"E	31°10'44.25"N	0.62	0.58	0.38	0.42	0.04	0.13	1.00	0.88	0.79
48°37'03.64"E	31°19'05.98"N	0.15	0.11	0.85	0.89	0.02	0.06	1.00	0.91	0.83
48°39'37"E	31°14'19.48"N	0.25	0.26	0.75	0.74	0.02	0.07	1.00	0.87	0.77
48°37'07.40"E	31°14'06"N,	0.22	0.37	0.78	0.63	0.02	0.08	1.00	0.81	0.68
48°32'30.50"E	31°13'49.22"N	0.19	0.05	0.81	0.95	0.02	0.06	1.00	0.96	0.93
48°37'38.26"E	31°11'50.91"N	0.15	0.11	0.85	0.89	0.02	0.06	1.00	0.91	0.83
48°24'39"E	30°38'02.82"N,	0.88	0.37	0.12	0.63	0.13	0.08	0.98	0.94	0.90
48°24'48.00"E	30°16'21.76"N	0.94	0.58	0.06	0.42	0.25	0.13	0.94	0.92	0.85



شکل ۴- منحنی‌های تغییرات فصلی تراکم جمعیت دو گونه سوسک کرگدنی *Oryctes agamemnon* و *Oryctes elegans* در مناطق آبادان، شادگان و بهبهان (سال ۱۳۹۸)

Figure 4. Seasonal population fluctuation curves of two species of rhinoceros beetle, *Oryctes elegans* and *Oryctes agamemnon* in Abadan, Shadegan, and Behbahan regions (Year 2018).

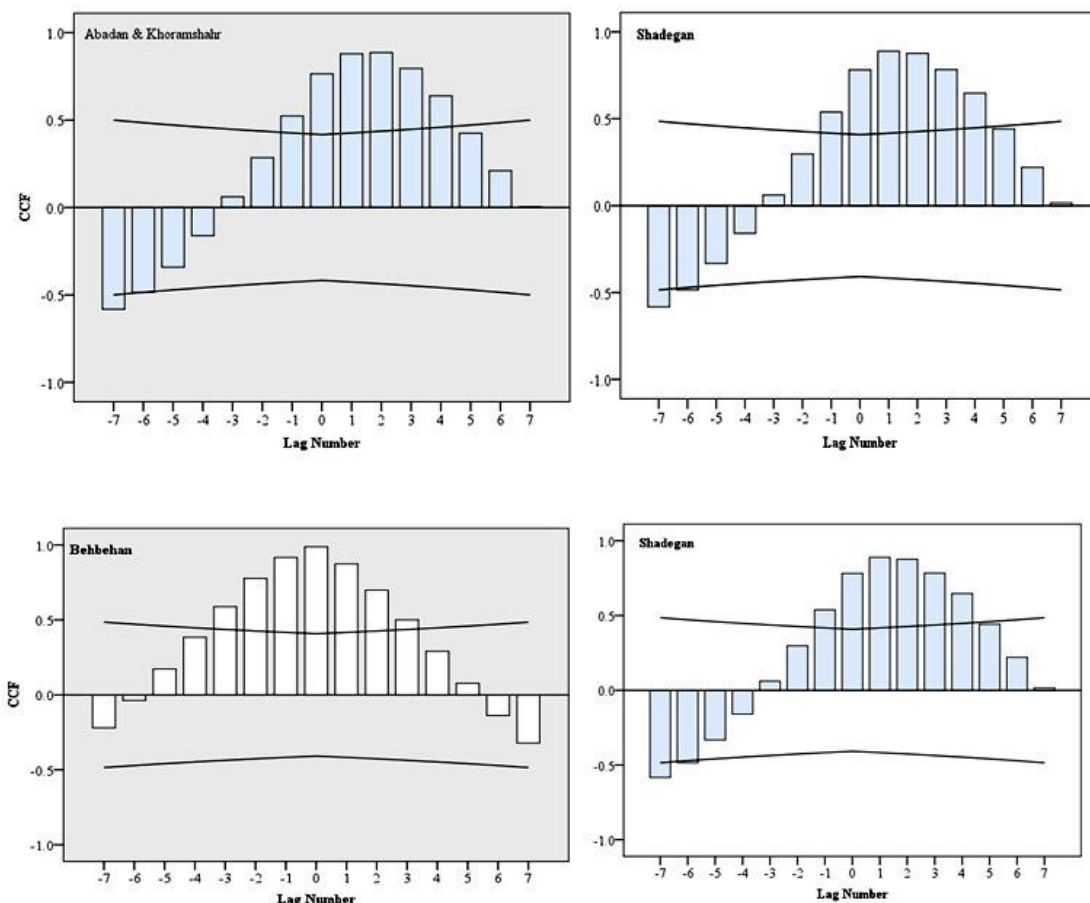
بحث

بر اساس نتایج پراکنش جغرافیایی دامنه توزیع دو گونه *O. agamemnon* و *O. elegans* هم‌پوشانی دارند. مدل‌های برازش شده توزیع گونه‌ها در استان خوزستان این موضوع را تأیید می‌کنند (شکل‌های ۱ و ۲). در دو مدل واریوگرافی سوسک‌های کرگدنی *O. agamemnon* و *O. elegans* مقدار خطا تقریباً یکسان و حدود $9/9 - 7/9$ درصد بود که از نظر کاربردی در برنامه مدیریت تلفیقی آفات قابل قبول است. این مدل‌ها زیستگاه مناسبی برای دو گونه در مناطق آبادان، شادگان، اهواز خرمشهر و بهبهان پیش‌بینی کرده است. مناطقی نزدیک آبادان و شادگان

برای بررسی ارتباط زمانی پراکنش میان جمعیت دو گونه سوسک کرگدنی *O. agamemnon* و *O. elegans* شاخص همبستگی متقاطع (CCF) در شکل ۵ نشان داده شده است. ارتباط تراکم جمعیت دو گونه *O. agamemnon* و *O. elegans* طی دوره نمونه‌برداری در آبادان و شادگان در ابتدای فصل ضعیف و منفی بود. از ابتدای ماه سوم، فعالیت این ارتباط به تدریج مثبت شده و افزایش یافت؛ به طوری که در اوج تراکم جمعیت به بیشترین مقدار رسید. در بهبهان، غیر از دو هفته اول و آخر فعالیت که ارتباط ضعیف منفی بود و در سایر زمان‌های فعالیت، ارتباط مثبت و در ماه‌های بهار و تابستان ارتباط قوی و معنی‌دار بود.

به جای انزوای جغرافیایی می‌تواند نیروی محرک اصلی در واگرایی گونه‌ها باشد (Nakazato *et al.*, 2010). تفاوت در اشغال آشیان‌های زیست محیطی تا قبل از مطالعه حاضر در رابطه با دو گونه سوسک کرگدنی گزارش نشده بود. پیش‌بینی مناسب بودن زیستگاه برای سوسک‌های کرگدنی نخل خرما نشان داد که الگوی توزیع آن به طور کامل منطقه را پوشانده است (شکل ۲). این دو گونه نیازهای اکولوژیکی متفاوتی ندارند، زیرا مناسب بودن زیستگاه در تمام مناطق نزدیک به یک بوده که نشان‌دهنده همپوشانی کامل است. نتایج پراکنش جغرافیایی آفات مورد مطالعه در

الگوی توزیع مناسب‌تری برای گونه *O. elegans* نسبت به *O. agamemnon* نشان می‌دهند، اما پیش‌بینی‌های زیستگاه مناسب در خارج از توزیع فعلی گونه‌ها مطالعه نشده است. عوامل مختلفی نظیر دینامیسم محلی جمعیت، اقلیم، ارتفاع منطقه، دریفیت ژنتیکی و غیره از نیروی غالب در تعیین نوع پراکنش در ساختار مکانی یک آفت می‌باشند (Sciarretta and Trematera, 2014). لازم است نقش این عوامل در بروز اختلاف در الگوی پراکنش دو گونه مورد مطالعه در مناطق مختلف در پژوهش‌های آینده مورد بررسی قرار گیرند. مفهوم سلسله مراتب اشغال آشیان‌های بوم‌شناختی یکی از قدیمی‌ترین مفاهیم سازگاری گونه‌ها است (Van Valen, 1976). تمایز زیست محیطی گونه‌ها



شکل ۵- تغییرات شاخص همبستگی متقاطع (CCI) دو گونه سوسک کرگدنی *Oryctes elegans* و *Oryctes agamemnon* طی دوره نمونه‌برداری در سه منطقه آبادان، شادگان و بهبهان (سال ۱۳۹۸)

Figure 5. Change of cross-correlation index (CCI) of two species of rhinoceros beetle *Oryctes elegans* and *Oryctes agamemnon* during the sampling period in three regions of Abadan, Shadegan, and Behbahan (Year 2018), (□ Coefficient, — Upper and lower confidence limit)

تلفیقی و نقشه‌های ارزیابی ریسک در مدیریت آفات استفاده شده است (Sciaretta and Trematerra, 2014). با توجه به وسعت منطقه نمونه‌برداری و پایین بودن میزان ناگت امکان انتخاب شبکه‌های بزرگ‌تر وجود داشت که کاهش تعداد نمونه و به دنبال آن هزینه نمونه‌برداری را به وجود می‌آورد (Grego et al., 2006; Bressan et al., 2010). با توجه به طغیان این دو آفت در سال‌های اخیر که تولید محصول را در بسیاری از مناطق کشور تحت تأثیر قرار داده است و نقشی که این روش می‌تواند در کاهش مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی و کنترل موثر این آفات داشته باشد، منافع اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی را به دنبال خواهد داشت که هزینه‌های نمونه‌برداری را جبران می‌کند.

فراوانی تراکم جمعیت حشرات کامل سوسک‌های کرگدنی *O. elegans* و *O. agamemnon* در طول دوره نمونه‌برداری در نوسان بود (شکل ۳)؛ به طوری که از اردیبهشت تا تیرماه فراوانی جمعیت *O. elegans* بین ۲ تا ۵/۵ برابر *O. agamemnon* در آبادان و شادگان بود، اما اوج تفاوت فراوانی دو گونه در منطقه بهبهان در اواخر تیرماه و معادل ۲/۲۴ برابر بود. در ماه‌های دیگر، اختلاف بین تراکم جمعیت گونه‌ها تفاوت ناچیزی نشان داد. مطالعه مشابهی در مصر نشان داده شد که فراوانی نسبی این گونه تحت تأثیر دما و رطوبت محیط قرار دارد. به طوری که فراوانی سوسک کرگدنی *O. elegans* با دمای هوا همبستگی مثبت داشت (El-Garhy, 1996). نتایج تحقیقات سایر پژوهشگران نیز نشان داد که کم‌ترین فراوانی سوسک‌های کرگدنی *Oryctes* در ماه نوامبر و دسامبر بوده است (Aldryhim and Al-Bukiri, 2003; Aldryhim and Khalil, 2003).

تجزیه و تحلیل همبستگی تقاطعی نشان داد که بین فراوانی حشرات کامل *O. elegans* و *O. agamemnon* رابطه معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴). نظارت بر فراوانی حشرات کامل گونه *O. elegans* می‌تواند برای پیش‌بینی افزایش بعدی در فعالیت حشرات کامل *O. agamemnon* در نخلستان‌های مشابه مورد بهره‌برداری قرار گیرد. لاروهای گونه *O. elegans* بیشتر از بافت نخل خرما تغذیه می‌کنند

این پژوهش گام اساسی برای شبیه‌سازی سیستم تصمیم‌گیری در شبکه مراقبت از نخل خرما در استان خوزستان بود. برای شبیه‌سازی مدل‌های ردیابی از مدل‌های مختلفی استفاده شده است (Dent, 1995; Madden and Ellis, 1988). مدل‌های پیش‌آگاهی حوادث دوره‌ای زیستی حشرات را شبیه‌سازی می‌کنند. معادله حاصل می‌تواند به عنوان الگوریتم‌های نرم افزار پیش‌آگاهی استفاده شوند (Gendi, 1998; Gaston, 2003; Mawby and Gold 1984). نظیر این مطالعه در رابطه با کرم میوه‌خوار خرما *Batrachedra amydraula* Meyer و شپشک سفید خرما *Parlatoria blanchardi* Targ. در ایران و در استان خوزستان انجام شده است (Latifian and Zare, 2003; 2009).

مقایسه نتایج با پژوهش‌های دیگر نشان داد که کارایی روش زمین آمار در شبیه‌سازی پراکنش جمعیت حشرات کامل دو گونه سوسک کرگدنی خرما نظیر سایر آفات موفقیت‌آمیز بوده است. پراکنش کنه تارتن، کرم میوه‌خوار و موربانه خرما به ترتیب به حالت نمایی، خطی تا سیل و کروی برآزش مناسب‌تری نسبت به سایر مدل‌ها نشان داده است. از این لحاظ سوسک‌های کرگدنی شباهت بیشتری به موربانه خرما نشان دادند. میزان اثر قطعه‌ای مدل نیز برای کنه تارتن، کرم میوه‌خوار و موربانه خرما به ترتیب معادل ۰/۲۹، ۴/۲ و ۰/۲۲ بوده است که بیان‌کننده کم بودن خطای برآورد شدت آسیب آن‌ها در فواصل کمتر از حد فاصله نمونه‌برداری است. بنابراین همانند دو گونه مورد مطالعه امکان استفاده از روش در ردیابی جمعیت سایر آفات مهم خرما نیز وجود دارد که با تلفیق قسمتی از هزینه‌ها کاربرد روش اقتصادی‌تر می‌شود. نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه برای کنه تارتن، کرم میوه‌خوار و موربانه خرما به ترتیب معادل ۰/۸۲، ۰/۸۹ و ۰/۹۹ بوده که در حدود نتایج حاصل از این پژوهش می‌باشد و بنابراین برای برآورد آماری نقشه کریجینگ مناسب بوده است (Latifian and Zare, 2003; Latifian, 2014; 2018). از مدل‌های زمین آماری با موفقیت برای تجزیه و تحلیل الگوهای مکانی پراکنش، نظارت بر کنترل آفات، طراحی برنامه مدیریت

پیش‌آگاهی و ردیابی حائز اهمیت است (Dong *et al.*, 2019). مدیریت مکان - ویژه آفات راهکاری برای رسیدن به مدیریت تلفیقی می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نه تنها اطلاعات مهمی در زمینه بوم‌شناسی سوسک‌های کرگدنی خرما فراهم می‌کند، بلکه می‌تواند در مدیریت مکان - ویژه این آفات نیز مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از آقای میندرت هیلکما (Meindert Hielkema) از کشور هلند که در شناسایی گونه‌های سوسک‌های کرگدنی مورد مطالعه، پژوهشگران این پروژه تحقیقاتی را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

(Bedford, 1980). برخی پژوهشگران اظهار داشته‌اند که تخم‌گذاری برخی از گونه‌های چوبخوار نخل خرما در محل تغذیه لاروهای *O. elegans* اتفاق می‌افتد و در نتیجه، افزایش جمعیت این گونه به طور بالقوه فعالیت سایر چوبخواران را طریق افزایش تخم‌گذاری افزایش می‌دهد (Frohlich and Rodewald, 1970; Abraham and Kurian, 1975; Zelanzy *et al.*, 1990; Abraham *et al.*, 1998).

نتیجه‌گیری کلی

در تکوین سیستم‌های مدیریت تلفیقی آفات خرما برنامه

References

- Abraham, V. A., Al-Shuaibi, M., Faleiro, J. R., Abozuhairan, R. A. and Vidyasagar, P. S. P. V. 1998. An integrated approach for the management of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.), a key pest of date palm in the Middle East. **Agricultural Science Research Journal** 3: 77–83.
- Abraham, V. A. and Kurian, C. 1975. An integrated approach to the control of *Rhynchophorus ferrugineus*. The red weevil of coconut palm. Proceeding of the 4th Session of the FAO Technical Working Party on Coconut Production, and Processing, 14–25 September, Kingston, Jamaica. 1–5
- Al Deeb, M. A. 2012. Date palm insect and mite pests and their management. In: A. Manickavasagan, M. Mohamed Essa, and Sukumar, E. (Eds.), Dates production, processing, food, and medicinal values. pp. 113–128.
- Al dryhim, Y. and Khalil, A. 2003. Effect of humidity and soil type on survival and behavior of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* adults. **Agricultural and Marine Sciences** 8: 87–90.
- Al dryhim, Y. and Al Bukiri, S. 2003. Effect of irrigation on within-grove distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus*. **Agricultural and Marine Sciences** 8: 47–49.
- Al Habshi, K. A., Ba Angood, S. A. and Al Baiti, S. O. 2006. The occurrence of the date palm borer *Oryctes rhinoceros* (Linnaeus) in light traps in Wadi Hadramout in 2002. **Journal of Natural and Applied Sciences** 10: 419–426.
- Baker, R. J. and Bradley, R. D. 2006. Speciation in mammals and the genetic species concept. **Journal of Mammalogy** 87(4): 643–662.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T. and Villalobos, F. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. **Ecological Modeling** 222(11): 1810–1819.
- Bedford, G. O. 1980. Biology, ecology, and control of palm rhinoceros beetles. **Annual Review of Entomology** 25: 309–339.
- Bressan, A., Moral Garcia, F. J., Semetey, O. and Boubon-Padieu, E. 2010. Spatio-temporal pattern of *Pentastiridius leporinus* migration in an ephemeral cropping system. **Agricultural and Forest Entomology**, 12: 59–68
- Castrignano, A., Boccaccio, L., Cohen, Y., Nestel, D., Kounatidis, I., Papadopoulos, N. T., De Benedetto, D. and Mavaraganitsipidou, P. 2012. Spatio-temporal population dynamics and area-wide delineation of *Bactrocera oleae* monitoring zones using multi-variate geostatistics. **Precision Agriculture** 13: 421–441.
- Dent, D. 1995. Integrated pest management. Chapman and Hall. London. pp: 356.

- Dong, Y., Fang, X. u., Liu, L., Du, X., Ye, H., Huang, W. and Zhu, Y.** 2019. Monitoring and forecasting for disease and pest in crop based on WebGIS system. 8th International Conference on Agro-Geoinformatics. 16-19 July, Istanbul, Turkey. 1-5.
- Ehsine, M., Belkadhi, M. S. and Chaieb, M.** 2009. Bio-ecologic observations on rhinoceros beetle *Oryctes agamemnon* on the palm dates oasis of Rjim Maatoug in southwestern Tunisia. **Journal of Arid Land Studies** 19: 379-382.
- El garhy, M. E.** 1996. Field evaluation of the aggregation pheromone of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, in Egypt. Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases. Proceedings of an International Conference. November, Brighton, U.K. 3: 18-21
- Ellsbury, M. M., Woodson, W. D., Clay, S. A., Malo, D., Schumacher, J., Clay, D. E. and Carlson, C. G.** 1998. Geostatistical characterization of spatial distribution of adult corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) Emergence. **Environmental Entomology** 27(4): 910-917.
- Ellsbury, M. M., Woodson, W. D., Clay, S. A., Malo, D. J., Schumacher, D., Clay, E. and Carlson, C. G.** 1998. Geostatistical characterization of spatial distribution. **Environmental Entomology** 27(4): 910-917.
- Endrödi, S.** 1985. The Dynastinae of the World (Series Entomologica 28, 800 pp). The Hague: Junk.
- Fasihi, M. T.** 2011. A study on the population dynamism of sympatric species of *Oryctes Agamemnon* and *O. elegans* (Annual report of project, 11 pp). Bushehr: Agricultural and Natural Resources Center. (in Farsi).
- Ferrier, S., Manion, G., Elith, J. and Richardson, K.** 2007. Using generalized dissimilarity modeling to analyze and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. **Diversity and Distributions** 13: 252-264.
- Frohlich, G. and Rodewald, J. W.** 1970. General pests and diseases of tropical crops and their control. Pergamon Press, London, U.K.
- Fujita, M. K., Leaché, A. D., Burbrink F. T., McGuire, J. A. and Moritz, C.** 2012. Coalescent-based species delimitation in an integrative taxonomy. **Trends in Ecology and Evolution** 27(9): 480-488.
- Gaston, K. J.** 2003. The Structure and Dynamics of Geographic Ranges. Oxford University Press. Oxford. Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. **Conservation Biology**. 17: 1591-1600.
- Gendi, S. M.** 1998. Population fluctuation of *Thrips tabaci* on onion plants under environmental condition. **Arab Universities Journal of Agriculture Science** 69(11): 267-276.
- Goovaerts, P.** 1997. Geostatistics for natural resources evaluation. Oxford University press. 512 pp.
- Grego, C. R., Vieira, S. R. and Lourencao, A. L.** 2006. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* Franclemont in triticale under no-till management. **Scientific Agriculture** 63: 321-327.
- Hengl, T., Sierdsema, H., Radovic', A. and Dilo, A.** 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. **Ecological Modelling** 220: 3499-3511.
- Hurpin, B. and Fresneau, M.** 1969. Contribution a l'étude de *Oryctes elegans* (Col. Dynastidae). **Annales de la Societé Entomologique de France** 5: 595-612.
- Jones, T. A.** 2003. The restoration gene pool concept: beyond the native versus non-native debate. **Restoration Ecology** 11(3): 281-290.
- Khalaf, M. Z., Naher, F. H. and Ali, A. A.** 2010. Population density of *Oryctes elegans* Prell (Coleoptera: Scarabaeidae) on some date palm varieties in Baghdad orchards. **Agriculture and Biology Journal of North America** 1 (3): 238-42.
- Khalaf, M. Z., Shbar, A. K., Al Seria, M. H., Sami, R. A. and Naher, F. H.** 2011. Some aspects of biology and control methods of fruit stalk borer *Oryctes elegans* Prell (Coleoptera: Scarabaeidae). **Journal of Agricultural Science and Technology** 1: 142-7.
- Khalaf, M. Z. and Al Taweel, A. A.** 2014. Palm borers in Iraqi environment: Species, damage, methods of control. Agricultural Research Directorate Available at <http://www.iraqi-datepalms.net/Uploaded/file/Manual%20of%20Palm%20Borers>.
- Katherine, A. R.** 2001. Geostatistic using SAS software. Own analytic inc. Deep. River, CT. 6 pp.
- Latifian, M. and Zare, M.** 2003. The forecasting model of the date lesser moth (*Batrachedra amydraula*) based on climatic factors. **Journal of Agriculture Science** 2(26): 27-36. (in Farsi).

- Latifian, M. and Zare, M.** 2009. The effects of climatic factors on date palm scale (*Parlatoria blanchardi* Targ.) (Hem.: Dispididae) in Khuzestan province. **Plant Protection Journal** 1(3): 277–287. (in Farsi).
- Latifian, M., Rahnama, A. A. and Sharifnezhad, H.** 2012. Effects of planting pattern on major date palm pests and diseases injury severity. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences** 4: 1443–1451.
- Latifian, M.** 2014. Date palm spider mite (*Oligonychus afrasiaticus* McGregor) forecasting and monitoring system. **WALIA journal** 30: 79–85.
- Latifian, M.** 2017. Integrated pest management of date palm fruit pests: A review. **Journal of Entomology** 14: 112–121.
- Latifian, M. and Rad, B.** 2017. Efficacy of cultural control for date palm borer management. **Indian Journal of Plant Protection** 45: 7–11.
- Latifian, M., Rad, B. and Habibpour, B.** 2018. Termites of Iranian date palm orchards and their spatial and temporal distribution. **Sociobiology** 65: 24–30.
- Madden, L. V. and Ellis, M. A.** 1988. How to develop plant disease forecasters? pp. 191–208. In: *Experimental techniques in plant disease epidemiology*. Rotem J. (ed). Springer-Verlag., New York.
- Mawby, W. D. and Gold, H. J.** 1984. A stochastic simulation model for large-scale southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis* Zimmerman) infestation dynamics in the southeastern United States. **Researches in Population Ecology** 26: 275–283.
- Moral Garcia, F. J.** 2006. Analysis of the spatiotemporal distribution of *Helicoverpa armigera* Hb. in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering** 93: 253–259.
- Nakazato, T., Warren, D. L. and Moyle, L. C.** 2010. Ecological and geographic modes of species divergence in wild tomatoes. **American Journal of Botany** 97(4): 680–693.
- Park, Y. L. and Tollefson, J. J.** 2005. Spatial prediction of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) adult emergence in Iowa cornfields. **Journal of Economic Entomology** 98: 121–128.
- Pearman, P. B., Guisan, A., Broennimann, O. and Randin, C. F.** 2008. Niche dynamics in space and time. **Trends in Ecology and Evolution** 23: 149–158.
- Raxworthy, C. J., Ingram, C. M., Rabibisoa, N. and Pearson, R. G.** 2007. Applications of ecological niche modeling for species delimitation: a review and empirical evaluation using day geckos (*Phelsuma*) from Madagascar. **Systematic Biology** 56(6): 907–923.
- Sciarretta, A. and Trematerra, L.** 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(2): 97–110
- Schlick-Steiner, B. C., Steiner, F. M., Seifert, B., Stauffer, C., Christian, E. and Crozier, R. H.** 2010. Integrative taxonomy: a multisource approach to exploring biodiversity. **Annual Review of Entomology** 55: 421–438.
- Soltani, R.** 2014. Observations on biology and ecology of *Oryctes agamemnon arabicus* Fairmaire: date palm pest in Tunisia. **Tunisian Journal of Plant Protection** 9: 131–142.
- Story, M. and Congalton, R. G.** 1986. Accuracy assessment: A user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing** 52: 397–399.
- Van Valen, L.** 1976. Ecological species, multispecies, and oaks. **Taxon** 25(2–3): 233–239.
- Warren, D. L., Glor, R. E. and Turelli, M.** 2008. Environmental niche equivalency versus conservatism: quantitative approaches to niche evolution. **Evolution** 62: 2868–2883.
- Wright, R. J., Devries, T. A., Young, L. J., Jarvi, K. J. and Seymout, R. C.** 2002. Geostatistical analysis of small-scale distribution of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) larvae and damage in whorl stage corn. **Environmental Entomology** 31(11): 160–167.
- Zelanzky, B., Lolong, A. and Crawford, A. M.** 1990. Introduction and field comparison of baculovirus strains against *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) in the Maldives. **Environmental Entomology** 19: 1115–1121.

Spatial and temporal distribution of rhinoceros beetles *Oryctes* Hellwig (Col.: Scarabaeidae) in date palm plantations of Khuzestan province

H. Ghaedi¹, F. Kocheili¹, M. Latifian^{2*} and R. Farrokhi Nejad¹

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

2. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Horticulture Science Research Institute, Karaj, Iran.

(Received: April 26, 2020- Accepted: August 1, 2020)

Abstract

The activity of *Oryctes* Hellwig (Coleoptera: Scarabaeidae) causes severe damage to date palm. In order to study spatial distribution, 23 date palm plantations as sampling areas were selected. Geostatistical methods were used to simulate spatial distribution models. Correlation and overlap indices of ecological niches were calculated. To investigate the temporal distribution, a plantation was randomly selected in Abadan, Shadegan and Behbahan areas and sampling was performed biweekly intervals. Time series models were used to study seasonal population fluctuations. The results showed that spatial distribution of the rhinoceros beetles, *O. elegans* and *O. agamemnon* were compatible with spherical and linear models, respectively. The effect of the fragment was approximately the same, at about 9.7-9.9 and variograms ranged from 3.8 to 3.2. According to the results, the relative probability (Oij) of *O. elegans* in 87.5% of sampling points was higher than *O. agamemnon*. The overlap of ecological niches of the two species (D) ranged from 0.94 to 1. Populations of the two species started their activity from late February to early March. Population growth for both species continued in spring and early summer. Population growth rate for *O. elegans* was more than *O. agamemnon*. The maximum population densities of *O. elegans* and *O. agamemnon* were calculated in June and July with a time difference of about one month in the two regions of Abadan and Shadegan, respectively. In Behbahan area, the peak population density for *O. elegans* and *O. agamemnon* was almost identical, in the second week of June. The results of this study could be used for control monitoring, designing an integrated management program and assessment on the risk of rhinoceros beetles.

Key words: Date palm, Rhinoceros beetle, Temporal and Spatial distribution

*Corresponding author: masoud_latifian@yahoo.com