

Research Article

Frocasting and monitoring system of date palm bunch feding in Khozestan province

Masoud Latifian¹✉, Esmail Rahkhodaei²

1- Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,
AREEO, Horticultural Science Research Institute, Karaj, Iran

2- Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,
AREEO, Fars, Iran

Received: 29.12.2019

Accepted: 29.02.2020

Latifian M , Rahkhodaei E (2020) Frocasting and monitoring system of date palm
bunch feding in Khozestan province. Plant Pathology Science 9(1):40-56. DOI:
10.2982/PPS.9.1.40.

Abstract

Introduction: Bunch feding is an important injurious disease of date palm.

Materials and Methods: This research was carried out to its descision making system in Abadan-Khoramshhar, Shadegan, Ahwaz, Mahshar and Behbahan regions of Khozestan province by climatic and geoststistical models from 2012 to 2016. Samples were taken randomly from 10 trees located in one date palm orchards of any villages

Results:Results showed that the disease damage reached to the peak values in September. Forecasting model of damage factors have been significant at level 1 and 5 percent. Variography of distributions on different sites were calculated that the model nuggets for date palm bunch feding in Abadan - Khoramshhar, Shadegan, Ahwaz, Mahshar and Behbahan regions were 1.6, 1.7, 0.15, 0.51 and 2.5 kilometers respectively. These results show that errors of the damage estimation were low at the distances less than whithin sampling sapace. Effective ranges of variograms were 4.1. 12.9, 4.7, 1.9 and 11.06 respectively which indicated the date palm bunch feding distribution in region. Sill of models were 0.49, 0.76, 0.37, 0.31, and 0.51 respectively that at the distances more than these thresholds, correlations between the injury data were at the lowest level and could be monitored. **Conclusion:** The results of this study were the basic steps in creating a decision making system in date palm protection network. According to the results of this research, the bunch feding damge can be properly monitored, forecasted and controlled before the maximum damage occurs.

Keywords: Date palm, Bunch feding, Forcasting, Monitoring

مقاله پژوهشی

سیستم پیش‌آگاهی و ردیابی بیماری خشکیدگی خوشه خرما در استان خوزستان

مسعود لطیفیان^۱، اسماعیل راهخدایی^۲

۱- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی،

پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، کرج، ایران

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، فارس، ایران

پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰

دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸

لطیفیان م، راهخدایی ا (۱۳۹۸) سیستم پیش‌آگاهی و ردیابی بیماری خشکیدگی خوشه خرما در استان

خوزستان. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۱۹(۱): ۴۰-۵۶. DOI: 10.2982/PPS.9.1.40.

چکیده

مقدمه: بیماری خشکیدگی خوشه از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زای نخل خرما می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش ایجاد سیستم تصمیم‌گیری در مدیریت بیماری با استفاده از مدل‌های آب و هوایی و زمین‌آمار برای پیش‌آگاهی و ردیابی بیماری در استان خوزستان بود. **مواد و روش‌ها:** در مناطق مورد مطالعه استان خوزستان از داده‌های ۵ ساله شبکه مراقبت نخیلات این استان استفاده گردید. برای برآورد درصد آسیب بیماری از هر روستا یک نخلستان به صورت تصادفی انتخاب و در طول فصل نمونه‌برداری انجام شد. **یافته‌ها:** یافته‌ها نشان داد که آسیب بیماری از حدود فروردین ماه آغاز شد و به تدریج با گرم شدن هوا بر شدت آن افزوده شد. مدل رگرسیون برازش شده برای پیش‌آگاهی در کلیه مناطق در سطح ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود. تغییرنمای پراکنش بیماری خشکیدگی خوشه خرما نشان داد میزان اثر قطعه در این مدل به ترتیب در مناطق آبادان - خرمشهر، شادگان، ماهشهر، اهواز و بهبهان معادل ۲/۵، ۰/۵۱، ۰/۱۵، ۱/۷ و ۱/۶ بوده و نشان دهنده کم بودن خطای برآورد شدت آسیب بیماری در فواصل کمتر از فاصله نمونه‌برداری بود. دامنه تغییر نمای پراکنش به ترتیب معادل ۴/۱، ۱۲/۹، ۴/۷، ۱/۹ و ۱۱/۰۶ کیلومتر بود و در فواصل بیشتر از این حد کم‌ترین همبستگی بین داده باقی می‌ماند. آستانه مدل به ترتیب معادل ۰/۵۱، ۰/۳۱، ۰/۳۷، ۰/۷۶ و ۰/۴۹ بود که نشان دهنده نسبتی از ناحیه مورد مطالعه می‌باشد که با خطای معادل نوگت یا کمتر از آن بیماری قابلیت ردیابی داشت. **نتیجه‌گیری:** یافته‌ها این پژوهش گامی اساسی در ایجاد سیستم تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت این بیماری در شبکه مراقبت نخیلات است. براساس یافته‌ها این پژوهش، بیماری خشکیدگی به نحو مناسبی قابل ردیابی، پیش‌آگاهی و مدیریت قبل از وقوع حداکثر آسیب آن است.

واژگان کلیدی: خرما، بیماری خشکیدگی خوشه، پیش‌آگاهی، ردیابی

Introduction

مقدمه

بیماری پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما برای اولین بار در سال ۱۳۶۸ از شهرستان کههنوج گزارش گردید. این بیماری در چند ساله اخیر یکی از مهمترین معضلات تولیدکنندگان خرمای کشور بویژه در

✉ masoud_latifian@yahoo.com

مناطق عمده تولید آن شامل استان‌های کرمان، هرمزگان، بوشهر، خوزستان، سیستان و بلوچستان و فارس بوده و خسارت قابل توجه و اقتصادی به این محصول وارد نموده است. میزان خسارت بیماری در نخلستان‌های مناطق آلوده و در سال‌های مختلف از صفر تا ۸۵٪ در نوسان بوده است (Davoodian and Karampour 2010). اکثریت ارقام مرغوب و تجاری کشور نظیر مضافتی، خاصی، کبکاب، مرداسنگ، برخی و استعمران نسبت به این بیماری حساس هستند که مهمترین علائم و ویژگی‌های آن پژمردگی ناگهانی میوه‌ها و خوشه‌های خرما در زمان تبدیل میوه از مرحله خارک به رطب و نهایتاً خشکیدگی میوه‌ها و خوشه‌های آلوده، ظهور نوارهای قهوه‌ای رنگ روی قسمت فوقانی یا گاه‌تحتانی دم خوشه است. در برخی ارقام ضمناً هیچ گونه علائمی روی برگ، تنه و تاج درختان آلوده مشاهده نمی‌گردد. پژمردگی سریع و ناگهانی میوه‌ها در طی مدت ۲-۳ روز و خشکیدن تمامی آنها طی مدت ۱ تا ۲ هفته، از مهمترین علائم بیماری می‌باشد (Qadir et al. 2020). از سال ۱۳۷۱ تاکنون بررسی‌های متعددی در زمینه شناخت عامل یا عوامل ایجاد این بیماری و راهکارهای مدیریت و یا کاهش خسارت آن توسط محققان مناطق مختلف کشور انجام شده است. طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۳، ۲۱ طرح پژوهشی در قالب ۶۰ آزمایش در چهار استان کرمان، هرمزگان، خوزستان و بوشهر انجام شد. یافته‌ها این پژوهش‌ها نشان داد عوامل بیماری‌زای گیاهی مثل قارچ‌ها، باکتری‌ها، فیتوپلاسماها، ویروس‌ها و ویروئیدها عامل ایجاد کننده بیماری نبوده و عوامل آب و هوایی به‌ویژه افزایش دما، کاهش ناگهانی رطوبت نسبی هوا و وزش بادهای گرم و خشک در مرحله تبدیل خارک به رطب به عنوان عامل اصلی در بروز و تشدید بیماری معرفی گردیدند. همچنین قارچ *Thielaviopsis sp.* می‌تواند در شرایط تنش گرمایی و خشکی باعث تشدید بیماری گردد. از طرف دیگر کلیه راهکارهایی که با هدف تعدیل شرایط حرارتی و رطوبتی در نخلستان و افزایش مقاومت درختان خرما به تنش‌های محیطی (به‌ویژه تنش‌های گرمایی و خشکی) صورت گرفته است باعث کاهش خسارت بیماری گردیده است (Davoodian and Karampour 2010).

تأثیر متقابل میزبان و عوامل بیمارگر پیچیده است و پیش‌گویی آن‌ها بدون استفاده از مدل‌های ریاضی میسر نمی‌باشد (Latifian and Solymannejadian 2002). به طور کلی در استفاده از مدل‌ها برای پیش‌آگاهی خسارت بیماری‌ها دو روش کلی به شرح زیر وجود دارد. در روش اول داده‌های حرارتی و مدل‌های رگرسیون چند متغیره مورد استفاده قرار می‌گیرند (Russo et al. 1993, Russo 2000). در روش دوم داده‌ها از ایستگاه نماینده منطقه تهیه می‌گردند. هر دو مدل نیاز به استفاده از یکسری داده نرمال آب و هوایی دارند. این داده‌ها در مدل پایه فنولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Schaub 1996). از بعد زمانی نیز پیش‌آگاهی‌ها به دو طریق طولانی مدت و کوتاه مدت انجام می‌شوند (Sharov 1996). استفاده از مدل‌های زمین آماری به عنوان روشی نوین در مدیریت تلفیقی بیماری‌ها در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. تلاش‌های زیادی برای مشخص کردن الگوهای اختصاصی پراکنش بیمارگر انجام شده ولی در آن‌ها به محل‌های نمونه‌برداری که عامل تعیین کننده پراکنش می‌باشد، توجه نشده است (Journel and Huijbregts 1978, Story and Congalton 1994). پیشرفت‌های اخیر در این زمینه از جمله مدل‌های زمین آمار به مقدار زیادی از مشکلات موجود کاسته است (Goovaets 1997). استفاده از پراکنش مکانی در مدیریت تلفیقی آفات، مدیریت تلفیقی مکان ویژه آفات (Site-specific integrated pest management) یا IPM دقیق (Precision IPM) گفته می‌شود که به استفاده از نقشه‌های پراکنش بیماری‌ها و کاربرد اقدامات مدیریتی تکیه دارد (Park et al. 2007).

Sciaretta and Trematerra 2014). در دهه ۱۹۶۰ روش‌های متعددی برای تعیین الگوی پراکنش مکانی عوامل خسارت‌زای گیاهی توسعه یافتند که معمول‌ترین آن‌ها شاخص‌های توزیع (Distribution Indices) بودند. این شاخص‌ها روی توزیع فراوانی نمونه‌ها تأکید داشتند و موقعیت مکانی نمونه‌ها را مد نظر قرار نمی‌دادند. این پژوهش برای ایجاد نظام مدیریت تلفیقی دقیق و ایجاد سیستم پیش‌آگاهی و ردیابی بیماری خشکیدگی خوشه خرما در منطقه انجام شد؛ زیرا از مشکلات مدیریت این بیماری می‌توان به تقویمی بودن تاریخ مدیریت و نداشتن سیستم تصمیم‌گیری اشاره کرد. از آنجا که تعیین دقیق زمان مدیریت در اثر بخشی روش انتخاب شده در زمان و مکان‌های مختلف متفاوت است؛ بنابراین توصیه‌های مدیریت در زمان و مکان براساس یک برنامه تقویمی ثابت اثربخشی روش‌های مدیریت را کاهش می‌دهد.

Materials and Methods

مواد و روش‌ها

زمان و مکان اجرای پژوهش و داده‌های هواشناسی

این پژوهش با استفاده از داده‌های شبکه مراقبت استان خوزستان در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۵ به مدت ۵ سال در منطقه خوزستان در شهرستان‌های آبادان، خرمشهر، شادگان، اهواز، ماهشهر و بهبهان انجام گرفت. داده‌های هواشناسی از طریق ایستگاه‌های هواشناسی مناطق جمع‌آوری و در طراحی مدل مورد استفاده قرار گرفت. برای این منظور ۳۳ عامل به شرح جدول ۱ استفاده شد.

جدول ۱. شاخص‌های آب و هوایی مورد بررسی در مدل‌های پیش‌آگاهی بیماری خشکیدگی خوشه خرما.

Table 1. Studied Climatic parameters in forecasting models of date palm bunch feeding.

Meteorological index	Symbol	Meteorological index	Symbol
Average spring temperature	X ₁	Total spring rainfall	X ₁₈
Average summer temperature	X ₂	Total summer rainfall	X ₁₉
Average last winter temperatures	X ₃	Number of rainy months	X ₂₀
Average last autumn temperature	X ₄	Total rainfall in March	X ₂₁
Average last year temperature	X ₅	Total rainfall in April	X ₂₂
Maximum temperature is last February	X ₆	Average last year relative humidity	X ₂₃
Maximum temperature is last March	X ₇	Average humidity of the most wet months	X ₂₄
Maximum the year temperature	X ₈	Average humidity in the driest month	X ₂₅
The highest temperature in the warmest month of the year	X ₉	Average humidity of last autumn	X ₂₆
Minimum temperature is coldest month	X ₁₀	Relative humidity in last winter	X ₂₇
Temperature in the rainiest month	X ₁₁	Average spring humidity	X ₂₈
Temperature in the lowest rainy month	X ₁₂	Average summer humidity	X ₂₉
Total last year rain	X ₁₃	Average humidity of last February	X ₃₀
Rain of the rainiest month	X ₁₄	Average humidity last March	X ₃₁
Temperature in the lowest rainy month	X ₁₅	Total rainfall in March	X ₃₂
Total rainfall in autumn last	X ₁₆	Average April Humidity	X ₃₃
Total last winter rainfall	X ₁₇		

برآورد آسیب بیماری

برای برآورد درصد آسیب بیماری خشکیدگی خوشه از هر روستا یک نخلستان به صورت تصادفی انتخاب و در طول فصل نمونه‌برداری انجام شد. در هر نخلستان تعداد ۱۰ نفر نخل بررسی شده و تعداد خوشه‌های سالم و آسیب دیده و درصد آسیب محاسبه شد. در هر درخت خوشه‌های آلوده و سالم مشخص گردیده و شدت آسیب به شرح جدول ۲ درجه‌بندی شدند (Latifian and Rad 2017):

جدول ۲. درجه‌بندی شدت آسیب خوشه‌های خرما در هر درخت

Table 2. Grading the injury severity of date bunch in each tree

Injury quality	Selected code	Injury percent
Healthy	0	No injury
Low	1	1 to 25
Medium	2	26-50
High	3	51-75
Intense	4	Up to 75

سپس شدت آلودگی در هر درخت با رابطه $DI = a + 2b + 3c + 4d / n$ محاسبه شد. شدت آلودگی در هر نخلستان معادل میانگین شدت آلودگی ۱۰ نفر نخل خرما نمونه‌برداری شده بود. در این رابطه $a =$ تعداد خوشه‌های با آلودگی کم، $b =$ تعداد خوشه‌های با آلودگی متوسط، $c =$ تعداد خوشه‌های با آلودگی زیاد، $d =$ تعداد خوشه‌های با آلودگی شدید و $n =$ تعداد کل خوشه‌های هر درخت بود. (Latifian and Rad 2017). برای تکمیل اطلاعات برآورد آسیب از کارشناسان فعال در شبکه مراقبت نخیلات منطقه در مدیریت حفظ نباتات استان خوزستان طی سال‌های مطالعه استفاده شد.

مدل پیش‌آگاهی

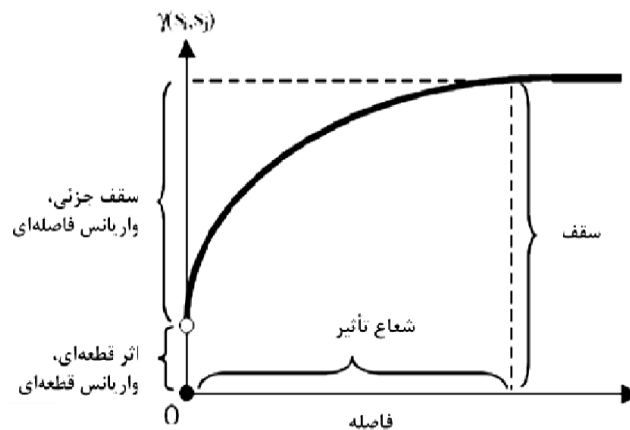
اثرات عوامل آب و هوایی بر روی نوسانات آسیب با محاسبه ضریب همبستگی بین آسیب و آمار هواشناسی ارزیابی شد. سپس حداکثر آسیب به عنوان تابعی از عوامل آب و هوایی در یک معادله رگرسیون چند متغیره گنجانیده شده و ضرایب عوامل آب و هوایی در ماه‌های مختلف قبل از رسیدن به حداکثر آسیب برآورد شد. تعدیل تعداد عوامل، آنالیز رگرسیون چند عاملی به طریق مرحله‌ای (Stepwise regression) انجام شد. برای انجام محاسبات آماری و طراحی مدل‌ها از نرم‌افزار کرو اکسپرت (Curve Expert) و SPSS استفاده شد. مدل‌های کروی (Spherical)، نمایی (Exponential)، خطی (Linear)، خطی تا سیل (Linear to sill) و گوسی (Gusian) برای داده‌های هر منطقه به صورت جداگانه برازش (به فرآیند تعیین یک منحنی یا تابع ریاضی که بیشترین شباهت را به داده‌ها داشته باشد اصطلاحاً «برازش منحنی یا مدل» (Curve/model Fitting) گفته می‌شود) شدند (Manion 2003).

مدل ردیابی

برای ردیابی از روش زمین آمار استفاده شد (Story and Congalton 1994, Wright et al. 2002). چنانچه مقدار آسیب باشد، در دو نقطه به فاصله مشخص h اختلاف مقادیر آسیب به صورت $Z(x_i)$ برآورد می‌شود. اختلاف مقدار آسیب در نقطه X و کلیه نقاط دیگر که به فاصله h از آن قرار گرفته‌اند، برای ردیابی بیماری ضروری است. هر گاه فرض شود که جمعاً تعداد $N(h)$ زوج نمونه که به فاصله h از یکدیگر واقع‌اند در دست باشد، آنگاه خواهیم داشت.

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

در رابطه فوق $\hat{\gamma}(h)$ را سمی واریانس یا واریانس ساختار فضایی می‌نامند. این تابع می‌بایستی بر اساس اطلاعات بیماری خشکیدگی در نخلستان‌های نمونه‌برداری شده به دست آید (Journal and Huijbregts 1978). فاصله‌ای که میزان سمی واریانس به حد ثابتی می‌رسد اصطلاحاً دامنه تأثیر می‌نامند. دامنه تأثیر فاصله‌ای است که در بیشتر از آن نمونه‌ها بر هم تأثیری نداشته و مستقل از یکدیگر محسوب می‌شوند. وریوگرام یا تغییرنما معمول‌ترین ابزار زمین‌آماری در تجزیه مکانی می‌باشد که در آن نمودار واریانس ساختار فضایی به عنوان تابعی از فاصله در مقابل h (فاصله) رسم می‌شود. مقدار واریانس ساختار فضایی در مبدا صفر نیست، تغییرنماها از مرکز مختصات محور سمی واریانس عبور نمی‌نمایند بلکه از نقطه‌ای می‌گذرند که فاصله آن با مبدا محور مختصات را اصطلاحاً اثر ناگهانی و یا اثر قطعه‌ای می‌نامند (Goovaets 1997). اثر قطعه‌ای یا ناگت (Nugget) (C_0)، دامنه یا شعاع تأثیر (Range) (a)، سقف (Sill) و سقف جزئی (Partial sill) اجزای تغییرنما هستند (شکل ۱) که در تجزیه مکانی و تعیین نوع توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرند. اثر قطعه‌ای به مقدار واریانس ساختار فضایی در مبدا ($h=0$) اطلاق می‌شود. دامنه، حداکثر فاصله‌ای است که در آن نمونه‌ها دارای وابستگی مکانی هستند و بیشتر از این فاصله، رابطه‌ای بین مقادیر نمونه‌ها وجود ندارد و نمونه‌ها مستقل می‌باشد (Clark 2001). تمام شاخص‌های زمین‌آماري با استفاده از اطلاعات ارائه شده در شکل یک محاسبه شدند.



شکل ۱. اجزای تغییرنما در زمین‌آمار.

Figure 1. The components of a variogram in geostatistics .

کریجینگ (Kriging)، نقشه برآورد متغیرهای مکانی بوده و تابع خطی مجموعه مشاهدات توزیع شده واقع در همسایگی یک نقطه‌ای نمونه‌برداری است (Wright et al.2002, Goovaets 1997).

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

در این رابطه $\hat{Z}(x)$ مقدار برآورد آسیب بیماری در نقطه x ، $Z(x_i)$ مقدار عددی آسیب بیماری در نقطه x_i و λ_i وزن آماری نوعی سنجش گرایش به مرکز است، در محاسبه وزنی آماری یک مجموعه عامل‌های نابرابر، برای هر یک از عامل‌ها (وزن یا ارزش معینی در نظر گرفته می‌شود و سپس آن عامل در وزن معین

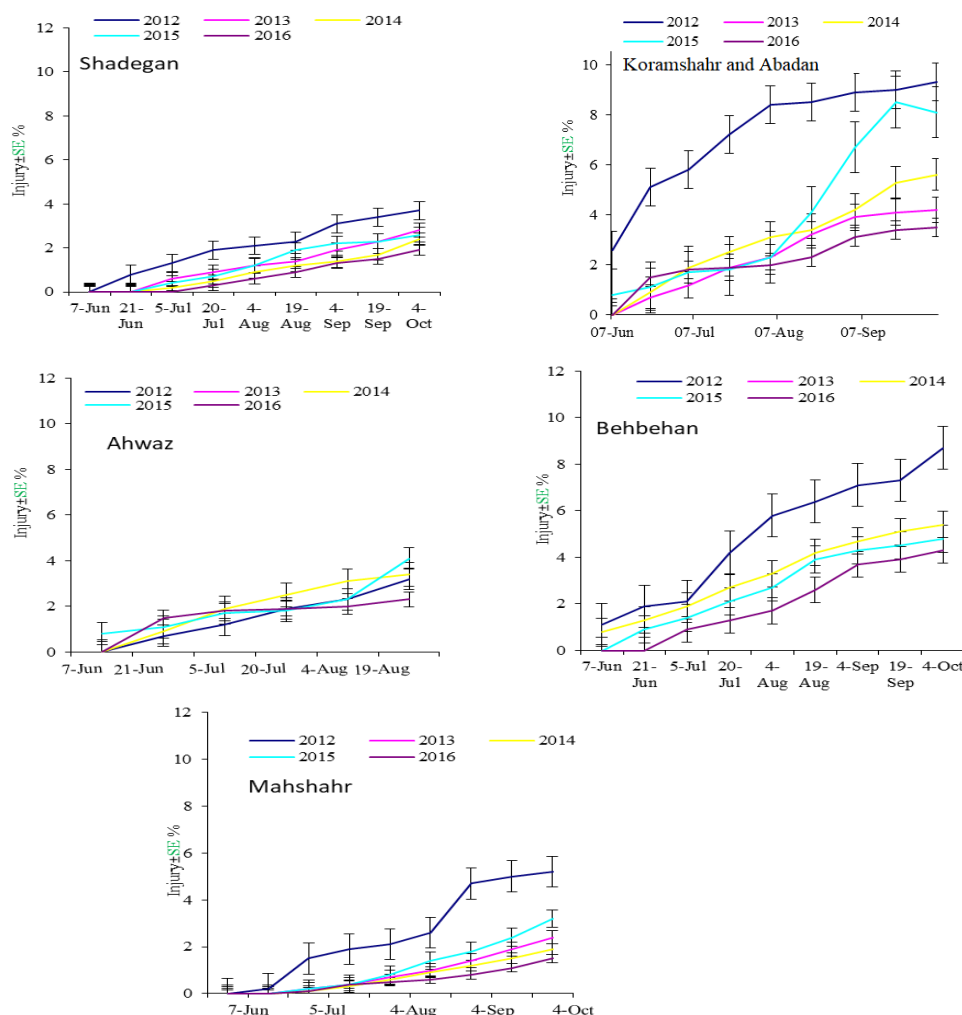
ضرب می‌گردد) است که به نمونه $Z(X_i)$ واقع در همسایگی نقطه X اختصاص می‌یابد. منظور از همسایگی نقاطی است که به فاصله مشخصی از یک نقطه فرضی قرار گرفته‌اند. در این رابطه n بیانگر تعداد نمونه‌برداری است. در کریجینگ به مجموعه نمونه‌ها به گونه‌ای وزن آماری داده می‌شود که ترکیب خطی آنها نه تنها ناریب شود بلکه در بین سایر تخمین‌گرهای خطی حداقل واریانس را نیز داشته باشد (Katherine 2001). برای انتخاب بهترین مدل، از مجموع مربعات باقی مانده ها (RSS= Residual sums of squares) و ضریب تبیین R استفاده شد و مدل‌های با RSS حداقل و R حداکثر انتخاب شدند (Karimzadeh et al.2011).

Results

یافته‌ها

تغییرات فصلی آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما

تغییرات فصلی آسیب بیماری در مناطق مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. اوج وقوع آسیب بیماری



شکل ۲. تغییرات فصلی آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما در مناطق مختلف استان خوزستان.

Figure 2. Seasonal fluctuation of date palm bunch feeding injury in different regions of Khuzestan province.

در مناطق مختلف متفاوت بوده و متناسب با شرایط فنولوژیکی رشد، بیماری تغییر نشان می‌داد. آسیب این بیماری در هر سال از حدود اوایل تیر ماه آغاز گشته و به تدریج با گرم شدن هوا بر شدت آن افزوده می‌گردید. به طوری که در حدود مرداد، بیماری به حداکثر مقدار رسید.

مدل پیش‌آگاهی

گام اول: بررسی روابط همبستگی

یافته‌ها همبستگی آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما با عوامل آب و هوایی در جدول ۳ ملاحظه می‌شود. براساس یافته‌ها شاخص‌های (درجه حرارت پرباران‌ترین ماه سال) X_{11} ، (مجموع بارندگی پاییز سال قبل) X_{16} ، (متوسط رطوبت نسبی سال قبل) X_{24} و (متوسط رطوبت خشک‌ترین ماه سال) X_{26} و آسیب بیماری خشکیدگی خوشه دارای رابطه همبستگی متوسط تا قوی بوده‌اند؛ بنابراین می‌توان از آن‌ها در مدل‌سازی پیش‌آگاهی بیماری استفاده نمود.

گام دوم: تعیین روابط رگرسیون چند متغیره

یافته‌ها برآزش مدل رگرسیون چند متغیره به طریق مرحله‌ای در جدول ۴ درج گردیده است. براساس یافته‌ها مدل رگرسیون برآزش شده در ماهشهر ($F=1.25$)، اهواز ($F=1.64$) و بهبهان ($F=4.57$) در سطح ۱ درصد و در منطقه آبادان-خرمشهر ($F=1.64$) و شادگان ($F=6.08$) در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

جدول ۳. بررسی میزان همبستگی تغییرات فصلی آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما با پارمترهای هواشناسی.

Table 3. Correlation of seasonal variations of date palm bunch feeding injury with meteorological parameters

Area Name	Meteorological parameter	Correlation coefficient	t (N-1)	Significance level
Khoramshahr - Ababdan	X11	0.2	0.35	0.74
	X16	-0.5	-0.17	0.87
	X24	-0.7	-1.69	0.18
	X26	-0.6	-1.29	0.28
Shadegan	X11	0.1	0.17	0.87
	X16	-0.9	-3.57	0.03
	X24	-0.82	-2.48	0.08
	X26	-0.5	-0.75	0.50
Mahshahr	X11	0.3	0.54	0.62
	X16	-0.6	-1.29	0.28
	X24	-0.51	0.17	0.87
	X26	-0.7	-1.69	0.18
Ahwaz	X11	0.3	0.54	0.62
	X16	-0.49	-0.17	0.87
	X24	-0.7	-1.69	0.18
	X26	-0.6	-1.29	0.28
Behbahan	X11	0.4	0.58	0.69
	X16	-0.5	-1	0.39
	X24	-0.9	-3.57	0.03
	X26	-0.61	0.35	0.08

جدول ۴. برازش متغیرهای مدل رگرسیونی پیش‌آگاهی آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما

Table 4. Regression Model Variables of Prediction of date palm bunch feeding Injury

Area Name	Independent variables	The coefficients of the factors	Standard error
Khoramshahe - Ababdan	Intercept	47.63	3.22
	X ₂₄	-1.14	0.65
	X ₂₆	0.19	0.22
Shadegan	Intercept	14.32	4.68
	X ₁₆	0.01	0.02
	X ₂₄	-0.37	0.18
	X ₂₆	0.16	0.09
Mahshahr	Intercept	0.43	5.81
	X ₁₆	0.01	0.01
	X ₂₄	-0.09	0.08
	X ₂₆	0.05	0.11
Ahwaz	Intercept	47.6	23.22
	X ₂₄	-1.26	0.75
	X ₂₆	0.41	0.46
Behbahan	Intercept	55.52	23.17
	X ₂₄	-1.12	0.69
	X ₂₆	0.41	0.37

با توجه به جدول ۴ مدل پیش‌آگاهی عوامل بیماری خشکیدگی خوشه خرما به شرح زیر برازش گردید.

$$\begin{aligned} \text{Khoramshahr - Abadan} & I = 0.19 X_{26} - 1.14 X_{24} + 47.63 \\ \text{Shadegan} & I = 0.16 X_{26} - 0.37 X_{24} + 0.01 X_{16} + 14.32 \\ \text{Behbahan} & I = 0.41 X_{26} - 1.12 X_{24} + 55.52 \\ \text{Mahshahr} & I = 0.05 X_{26} - 0.09 X_{24} + 0.01 X_{16} + 0.43 \\ \text{Ahwaz} & I = 0.41 X_{26} - 1.12 X_{24} + 47.6 \end{aligned}$$

مدل ردیابی

گام اول: برازش مدل زمین آماری

تغییرنمای پراکنش بیماری (جدول ۵) نشان دهنده وجود یک روند مناسب در سطح مناطق مختلف استان خوزستان بود. میزان اثر قطعه که معادل خطای مدل بوده از طریق مقدار واریانس ساختار فضایی در مبدا محاسبه شده، در این مدل به ترتیب در مناطق آبادان - خرمشهر، شادگان، ماهشهر، اهواز و بهبهان معادل ۲/۵، ۰/۵۱، ۰/۱۵، ۱/۷ و ۱/۶ بوده که نشان دهنده کم بودن خطای برآورد شدت آسیب در فواصل کمتر از فاصله نمونه برداری در مناطق بود. دامنه تغییرنمای پراکنش به ترتیب در مناطق آبادان و خرمشهر، شادگان، ماهشهر، اهواز و بهبهان معادل ۴/۱، ۱۲/۹، ۴/۷، ۱/۹ و ۱۱/۰۶ کیلومتر بود که در فواصل بیشتر از این حد کم‌ترین همبستگی بین داده باقی ماند. آستانه مدل به ترتیب در مناطق آبادان - خرمشهر، شادگان، ماهشهر، اهواز و بهبهان معادل ۰/۵۱، ۰/۳۱، ۰/۳۷، ۰/۷۶ و ۰/۴۹ بود که نشان دهنده نسبتی از ناحیه مورد مطالعه بود که با خطای معادل اثر قطعه‌ای (شکل ۱) یا کمتر از آن شدت بیماری خشکیدگی خوشه خرما در آن قابلیت ردیابی داشت.

گام دوم: نقشه کریجینگ

برای تخمین شدت آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما در مناطق مورد بررسی، نقشه کریجینگ بیماری در مناطق مختلف در شکل ۳ درج گردیده است. با توجه به نقشه کریجینگ بدست آمده برای برنامه ریزی مدیریت مدیریت بیماری خشکیدگی خوشه چهار گروه منطقه‌ای آلودگی (Pathosystem) برای آن در نظر گرفته شد که شامل گروه‌های زیر می‌باشند. پاتوسیستم اول، مناطق قرمز کم رنگ نقشه که شامل مناطق کم خطر بودند. در این گروه درجه آلودگی کمتر از ۱۰ درصد بود. پاتوسیستم دوم، منطقه سبز و آبی رنگ نقشه شامل مناطق با خطر متوسط می‌باشند. در منطقه بهبهان هرچند تفاوت‌هایی در آلودگی وجود داشته که با شدت و ضعف رنگ آبی نشان داده شده است؛ اما به طور کلی براساس روش زمین آمار در گروه با آلودگی متوسط قرار گرفته و تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. این گروه درجه آلودگی بین ۱۰ تا ۲۰ متغیر بود. پاتوسیستم سوم، منطقه زرد که شامل مناطق با خطر زیاد می‌باشد. در این گروه درجه آلودگی بین ۲۱ تا ۳۰ متغیر بود. پاتوسیستم چهارم، مناطق سیاه رنگ که شامل مناطق با خطر بسیار زیاد می‌باشد. در این گروه درجه آلودگی بالاتر از ۳۰ درصد بود. این مناطق کانون‌های آلودگی را نشان می‌دادند. مهار بیماری در این منطقه در ابتدای فصل برای جلوگیری از دامنه انتشار و کاهش شدت آلودگی سایر مناطق از اهمیت خاصی برخوردار است.

جدول ۵. مدل‌های تغییرنمای پراکنش مکانی بیماری خشکیدگی خوشه خرما در استان خوزستان.

Table 5. Spatial variogram models of date palm bunch feeding in Khuzestan province.

Area Name	Fit model	Nugget	Sill	Range
KHoramshar - Abadan	Spherical	2.5	0.51	4.1
	Exponential	2.7	0.47	4.3
	Linear	3.03	0.23	12.7
	Linear to Sill	2.69	0.39	4.1
	Gusian	3.04	0.67	4.2
Shadegan	Spherical	0.6	0.17	8.3
	Exponential	0.51	0.31	12.9
	Linear	0.71	0.18	6.6
	Linear to Sill	0.77	0.18	8.4
	Gusian	0.72	0.34	11.8
Mahshahr	Spherical	0.19	0.59	5.1
	Exponential	0.18	0.96	5.1
	Linear	0.19	0.35	1.7
	Linear to Sill	0.17	0.76	4.7
	Gusian	0.15	0.37	4.7
Ahwaz	Spherical	1.7	0.76	5.1
	Exponential	1.8	0.76	2.7
	Linear	1.8	0.51	2.4
	Linear to Sill	1.9	0.76	3.6
	Gusian	2.3	0.83	2.5
Behbahan	Spherical	4.1	0.49	11.6
	Exponential	1.6	0.43	4.4
	Linear	5.3	0.36	6.5
	Linear to Sill	5.2	0.48	8.6
	Gusian	6.7	0.40	4.2

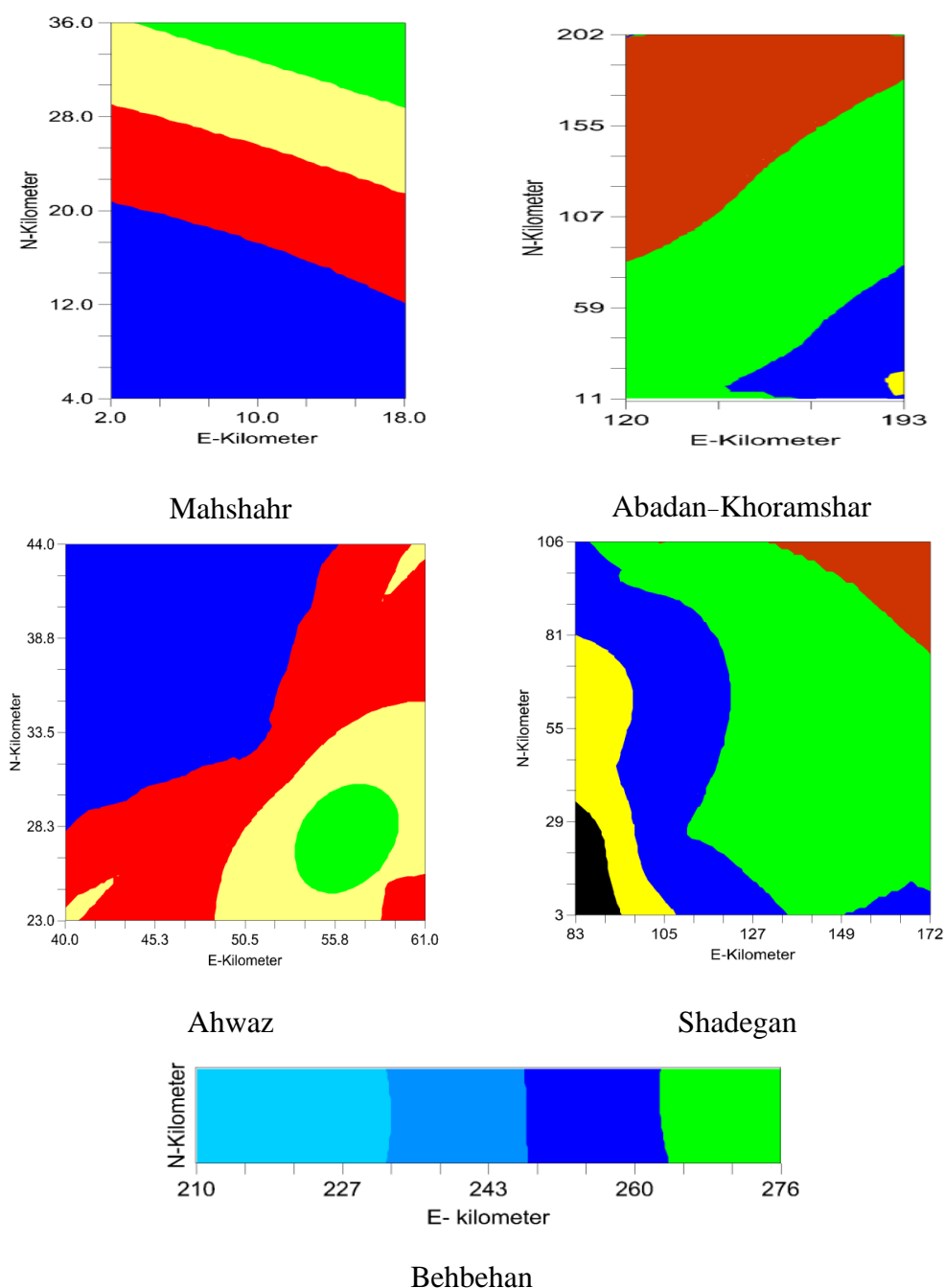
در تمام مدل‌های پیش‌آگاهی و ردیابی ضریب تبیین بالاتر از ۰/۷ و خطای تشخیص کم‌تر از ۲۵ درصد بود؛ به عبارت دیگر ۲۵ درصد احتمال دارد که خطایی بروز کند و در سایر موارد اگر خطایی محرز گشت مدل می‌تواند آن را تصحیح کند. طرح‌های تشخیص و تصحیح خطا باعث افزایش کارایی مدل در استفاده از داده‌های شبکه مراقبت نخیلات منطقه در سیستم تصمیم‌گیری می‌شود. این موضوع نشان دهنده کاربردی بودن مدل‌ها در شبکه مراقبت نخیلات منطقه می‌باشد. براساس این نقشه‌ها، ظهور آسیب یا شیوع آن به نخلستان‌های هر منطقه مشخص شده و در تاریخ‌های نمونه برداری بعدی، جمعیت به تدریج در نخلستان‌های هر منطقه پخش شده است. آگاهی از رفتار مکانی بیماری خشکیدگی خوشه خرما در درجه اول برای طراحی الگوی صحیح نمونه‌برداری مهم است. در صورت نداشتن هیچ اطلاعاتی از ساختار مکانی آسیب در منطقه مورد مطالعه، بهترین الگو از نظر کاهش واریانس، روش زمین‌آمار می‌باشد چون از تمام قسمت‌های هر منطقه نمونه برداشته می‌شود و بیشترین اطلاعات از نمونه‌برداری به دست می‌آید. در این بررسی، اطلاعاتی از مقیاس وابستگی مکانی بیماری مورد نظر در نخلستان‌های انتخاب شده در هر منطقه وجود نداشت. در شکل ۳ مقدار E و N به ترتیب نشان دهنده فاصله عرض و طولی نقاط مختلف نمونه‌برداری از نقطه شروع نمونه‌برداری در نقطه مبدا دارای طول و عرض جغرافیایی به ترتیب معادل ۳۲/۰۸ و ۴۸/۱۲ بود. در این شکل برای تجزیه مکانی داده‌ها، درجه آسیب بیماری خشکیدگی خوشه در شبکه به مرکز شبکه که معادل نقطه مبدا بود، نسبت داده شد.

Discussion

بحث

تغییرات شدت آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۵، وقوع مداوم آن را در مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. فراوانی شدت آسیب بیماری در طول دوره نمونه‌برداری و در سال‌های مطالعه در نوسان بود. به طوری که از مرداد تا شهریور فراوانی آسیب به اوج می‌رسید و در همه مناطق مورد مطالعه این روند یکسان بود. در ماه‌های دیگر، اختلاف بین تراکم شدت آسیب تفاوت ناچیزی نشان داد (شکل ۲). علاوه بر این، عملکرد مدل‌های رگرسیونی پیش‌بینی شده هر سال برآزش خوبی را نشان دادند. یافته‌ها آزمون همبستگی نشان داد عوامل آب و هوایی که منجر به افزایش درگیری نخل خرما با این بیماری می‌شوند شامل درجه حرارت پرباران‌ترین ماه سال، مجموع بارندگی پاییز سال قبل، متوسط رطوبت نسبی سال قبل و متوسط رطوبت خشک‌ترین ماه سال بودند. 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. در این پژوهش‌ها نیز نظیر یافته‌ها این پژوهش استفاده از زمین‌آمار در ردیابی جمعیت موفقیت آمیز بوده و مدل‌های خطی چند متغیره آب و هوایی به روش قابل قبولی از نظر آماری و کاربردی توانایی پیش‌آگاهی تغییرات تراکم جمعیت آن‌ها را داشتند (Latifian and Zare 2003, 2009).

در تکوین سیستم‌های مدیریت تلفیقی بیماری‌های گیاهی از پیش‌آگاهی برای تصمیم‌گیری صحیح استفاده می‌شود. برای این منظور از مدل‌های مختلفی استفاده می‌شود (Madden and Ellis 1988, Dent 1995). کاربردی‌ترین این مدل‌ها که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفت، مدل تغییرات تطبیق فنولوژیکی با شرایط آب و هوایی است. در مدل‌های پیش‌آگاهی فنولوژیکی وقایع بیولوژیکی دوره‌های بیماری‌ها در رابطه با تغییرات فصلی در شرایط آب و هوایی و رشد میزبان مورد بررسی قرار گرفته و از



شکل ۳. نقشه کریجینگ پراکنش شدت آسیب بیماری خشکیدگی خوشه خرما در مناطق مختلف استان خوزستان.

Figure 3. Kriging map of distribution of date palm bunch feeding in different regions of Khuzestan province

رابطه‌های به دست آمده جهت پیش‌آگاهی بیماری استفاده می‌گردد (Gendi 1998, Loisselle 2003,) (Mawby and Gold 1984).

در ایران در رابطه با آفات خرما مطالعاتی انجام شده که یافته‌ها مشابهی داشته است (Latifian 2014,) (Latifian and Zare 2003, Latifian and Solymannejadian 2002). مقایسه یافته‌ها نشان می‌دهد

که در اکثر موارد، مدل‌های لجیستیکی در بررسی روابط عوامل آب و هوایی با تغییرات پارامترهای جمعیتی آفات (Loiselle 2003) و مدل‌های رگرسیون خطی چند متغیره در پیش‌بینی تغییرات شدت آسیب نسبت به عوامل متعدد آب و هوایی (Latifian and Solymannejadian 2002, Latifian and Zare 2003) از کارایی لازم برخوردار بوده‌اند. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که در شیوع بیماری خشکیدگی خوشه خرما شاخص‌های هواشناسی مرتبط با دما و رطوبت از اهمیت بالایی برخوردار بوده است.

در مدل واریوگرافی بیماری خشکیدگی خوشه خرما مقدار خطا در مناطق مختلف حدود $4/1 - 0/15$ درصد بود که از نظر کاربردی در برنامه مدیریت تلفیقی مدیریت قابل قبول است. این مدل‌ها با دقت مناسبی بروز بیماری خشکیدگی خوشه خرما در مناطق آبادان، شادگان، اهواز خرمشهر و بهبهان پیش‌بینی کرده‌اند. مناطقی نزدیک آبادان و شادگان الگوی توزیع مناسب‌تری برای بیماری نشان می‌دهند. عوامل مختلفی نظیر اقلیم، ارتفاع منطقه، درخت ژنتیکی ارقام و غیره از نیروی غالب در تعیین نوع درخت ساختار مکانی یک بیماری یا آفت می‌باشند (Sciarretta and Trematera 2014). لازم است نقش این عوامل در بروز اختلاف در الگوی پراکنش بیماری خشکیدگی خوشه خرما در مناطق مختلف در پژوهش‌های آینده مورد بررسی قرار گیرند. نقشه‌های کربجینگ نشان دهنده وجود بیماری با شدت آسیب متفاوت بوده اما سطح مناطق با ضریب خطر پایین در کل منطقه کم بود (شکل ۳). شیوع این بیماری از یک سال به سال دیگر متفاوت است، اما شیوع آن در پاتوسیستم‌های گروه چهارم که کانون‌های عفونت جدید هستند، در طول پنج سال انجام پژوهش وجود داشته است. با تجزیه و تحلیل نقشه‌ها به طور واضح همبستگی خاصی میان شدت آسیب بیماری در کانون‌های آلودگی با شدت کل بیماری مشاهده شد. به طوری که با افزایش سطح کانون‌های آلودگی، بر وسعت مناطق با خطر زیاد و متوسط افزوده شده است.

در این بررسی در برخی از تاریخ‌های نمونه برداری، مقدار اثر قطعه‌ای یا ناگت خیلی بزرگ بود. همان طور که از تعریف سمی واریانس و تغییرنا استنباط می‌شود به طور نظری مقدار اثر قطعه‌ای باید به سمت صفر میل کند زیرا بین نمونه و خودش واریانس وجود ندارد ولی در عمل، مقادیر غیر صفر ناگت در داده‌ها به فراوانی یافت می‌شوند که می‌تواند ناشی از عوامل متعددی مثل رفتار بیماری، غیر یکنواختی نخلستان‌های منطقه، بزرگ بودن شبکه نمونه برداری انتخاب شده یا خطای نمونه برداری باشد (Liebhold et al. 1993). احتمال داده می‌شود اگر شبکه‌های نمونه برداری کوچک‌تر انتخاب می‌شدند مقادیر ناگت کاهش پیدا می‌کرد. اما با توجه به وسعت منطقه نمونه برداری امکان انتخاب شبکه‌های کوچک‌تر وجود نداشت چون تعداد نمونه و به دنبال آن هزینه نمونه برداری به میزان قابل توجهی افزایش می‌یافت. مقایسه شاخص‌های مورد استفاده در ردیابی این بیماری با پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که روش زمین آمار در بیان پیش‌آگاهی، نحوه پراکنش و ردیابی بیماری خشکیدگی خوشه خرما در منطقه مورد مطالعه موفق بوده است (Young and Kwang- 2011, Caffarra et al. 2019, Hyung). نظیر چنین مدل‌های باید برای سایر بیماری‌های نخل خرما طراحی شود و سپس در برنامه‌های IPM به صورت عملیاتی مورد استفاده قرار گیرند. برنامه‌های IPM نیازمند یک رویکرد مؤثر و چارچوب تحلیلی برای تحلیل خطر بیماری می‌باشند. در این برنامه‌ها، ارزیابی شاخص‌های روند توسعه بیماری، فنولوژی رشد محصول (میزبان) و تأثیرات زیست محیطی روش‌های مدیریت مدیریت در کنار داده‌های آب و هوا و سایر متغیرهای اقلیمی برای ارزیابی و پیش‌بینی نحوه

گسترش بیماری ضروری است (Ojiambo *et al.* 2017). محدودیت‌های بکارگیری داده‌های مکانی پراکنش و استفاده محدود از فناوری‌های نظارت در سطح زیست بوم‌های کشاورزی از موانع گسترش سیستم‌های تصمیم‌گیری در مدیریت تلفیقی مدیریت عوامل خسارت‌زای گیاهی بوده است که با استفاده از روش‌های زمین‌آمار قابل بر طرف شدن است (Devadas *et al.* 2015, West and Kimber 2015, Mahlein 2016).

مطالعات مشابه در زمینه طراحی مدل‌های تأثیر آب و هوا بر روند توسعه بیماری‌های گیاهی انجام شده است. یافته‌ها نشان داده که نیاز اساسی برای استفاده کاربردی در این مدل‌ها، ارتقاء توانایی آن در تعیین پویایی بیماری گیاهی تحت مدیریت در مقیاس مکانی است. همچنین نیاز به چارچوب و مدل‌های جدیدی برای تلفیق مدل‌های پیش‌بینی تأثیر تغییرات آب و هوا بر بیماری‌های گیاهی در طی زمان با مدل‌های گسترش بیماری در مقیاس مکانی برای برنامه‌ریزی و تعیین استراتژی‌های مدیریت بیماری، سازگار با تغییرات آب و هوایی وجود دارد (Newberry *et al.* 2016, Riley *et al.* 2015). یافته‌های این پژوهش گامی مؤثر در جهت گسترش برنامه‌ریزی دقیق استراتژی‌های مدیریت بیماری خشکیدگی خوشه خرما با در نظر گرفتن نحوه پویایی آن در مقیاس زمانی و مکانی است.

Conclusion

نتیجه‌گیری

برای اصلاح الگوی مدیریت این بیماری، طراحی سیستم ردیابی و پیش‌آگاهی ضرورت دارد. به کمک مدل‌های برازش شده در این پژوهش ضمن امکان ردیابی بیماری، می‌توان قبل از وقوع حداکثر آسیب بیماری آن را پیش‌آگاهی نموده و مدیریت را به نحو مناسبی برنامه‌ریزی کرد. یافته‌ها این پژوهش در واقع گام‌های اساسی در ایجاد سیستم تصمیم‌گیری در شبکه مراقبت نخیلات است. هر سال هزینه‌های زیادی برای مدیریت این بیماری در نخلستان‌های کشور استفاده می‌شود که علاوه بر هزینه‌های خسارت اقتصادی مشکلات اقتصادی- اجتماعی دنبال دارد. بنابراین کاهش هزینه‌ها و در عین حال مدیریت موثر این بیماری، منافع اقتصادی و اجتماعی زیادی را به دنبال خواهد داشت. مدیریت مکان- ویژه بیماری راهکاری برای رسیدن به این اهداف می‌باشد. یافته‌های حاصل از این پژوهش نه تنها اطلاعات مهمی در زمینه بوم‌شناسی بیماری خشکیدگی خوشه خرما فراهم می‌کنند بلکه می‌تواند در مدیریت مکان- ویژه این بیماری نیز مورد استفاده قرار گیرند. یافته‌های این پژوهش در این موارد برای مدیریت تلفیقی مدیریت و شبکه مراقبت بیماری‌های نخیلات کاربرد دارد. (۱) تعیین شاخص‌های ردیابی و پیش‌آگاهی بیماری شامل ویژگی‌های خسارت‌زایی، تطابق فنولوژیکی با شرایط رشد محصول، ارزیابی اثرات خصوصیات خاک نخلستان بر بروز بیماری، تعیین اثرات بیوکلیمایی نظیر بارندگی، دما، باد و سایر عوامل و تأثیر تغییرات آن‌ها بر تغییرات شدت بیماری. (۲) تعیین استراتژی‌ها و الگوریتم‌های مدیریت، نظارت و پیش‌بینی بیماری برای تعیین خطر شیوع، تعیین مناطق آسیب دیده و سطح خسارت اقتصادی ناشی از بیماری. (۳) ایجاد یک سیستم هوشمند برای ارائه خدمات پیش‌بینی بیماری شامل جمع‌آوری و پردازش داده‌ها و سرویس‌دهی به مدیریت منطقه‌ای نخلستان‌ها (نقشه‌های آسیب‌شناسی دوره‌ای). (۴) فراهم‌سازی اطلاعات لازم برای مدیریت بیماری در مدیریت حفاظت از نخیلات منطقه. خروجی‌های مدل‌های حاصل از این پژوهش برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری حوزه حفظ نباتات به دولت، کلینیک‌های گیاه‌پزشکی، شرکت‌های تجاری عرضه نهاده‌های مدیریت بیماری و نخل‌داران کاربرد دارد.

References

منابع

1. Caffarra A, Donnelly A, Chuine B (2011) Modelling the timing of *Betula pubescens* budburst. II. Integrating complex effects of photoperiod into process-based models. *Climate Research* 46:159–170.
2. Dent D (1995) *Integrated Pest Management*. Chapman and Hall, London, 356p.
3. Devadas R, Lamb DW, Blackhouse D, Simpfendorfer S (2015) Sequential application of hyperspectral indices for delineation of stripe rust infection and nitrogen deficiency in wheat. *Precision Agriculture* 16:477-491.
4. Loiselle, BA, Howell CA, Graham CH, Goerck JM, Brooks T, Smith KG, Williams PH (2003) Avoiding pitfalls of using species distribution models in conservation planning. *Conservation Biology*, 17:1591-1600.
5. Gendi SM (1998) Population fluctuation of *Thrips tabaci* on onion plants under environmental condition. *Arab Universities Journal of Agriculture Science (Egypt)*. 69:267-276.
6. Goovaerts P (1997) *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, 512p.
7. Johnston KJ, Ver Hoef K, Krivoruchko M, Lucas N (2003). *Using ArcGIS Geostatistical Analyst*. ESRI Press, Redlands, CA.
8. Journel AG, Huijbregts CJ (1978) *Mining Geostatistics*. Academic Press. Inc. 599p.
9. Karimzadeh R, Hegazi MJ, Helali H, Iranpour 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.
10. Karampour F, Davoodian A (2010) Study on effects of bunch covering on date palm bunch fading in Iran. In *IV International Date Palm Conference* 882:1219-1227.
11. Katherine AR (2001) *Geostatistic using SAS software*. Own analytic inc. Deep. River, CT, 6p.
12. Latifian M, Solymannejadian E (2002) Study of the lesser moth *Batrachedra amydraula* (Lep: Batrachedridae) distribution based on geostatistical models in Khuzestan province. *Journal of Entomological Research* 1:43-55.
13. Latifian M, Zare M (2003) The forecasting model of The Date Lesser moth (*Batrachedra amydraula*) based on climatic factors. *Journal of Agriculture Science* 2:27-36.
14. Latifian M, Zare M (2009) The effects of climatic factors on Date palm scale (*Parlatoria blanchardi* Targ.) (Hem.: Dispididae) in Khuzestan province. *Plant Protection Journal* 1:277-287
15. Latifian M (2014) Date palm spider mite (*Oligonychus afrasiaticus* McGregor) forecasting and monitoring system. *WALIA Journal* 30:79-85.

16. Liebhold AM, Rossi RE, Kemp WP (1993) Geostatistics and geographic information systems in applied insect ecology. Annual Review of Entomology 38:303-327.
17. Latifian M, Rad B (2017) Efficacy of cultural control for date palm borer management. Indian Journal of Plant Protection 45:7-11.
18. Madden LV, Ellis MA (1988) How to develop plant disease forecasters. Pp: 191-208. In: Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology. Springer, Berlin, Heidelberg.
19. Mahlein AK (2016) Plant disease detection by imaging sensors-parallels and specific demands for precision agriculture and plant phenotyping. Plant Diseases 100:241-251
20. Manion PD (2003) Evolution of concepts in forest pathology. Phytopathology 93:1052-1055.
21. Mawby WD, Gold HJ (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.
22. Newberry F, Qi A, Fitt BDL (2016) Modelling impacts of climate change on arable crop diseases: progress, challenges and applications. Current opinion in plant biology 32:101-109.
23. Ojiambo PS, Yuen J, Van den Bosch F, Madden LV (2017) Epidemiology: past, present and future impacts on understanding disease dynamics and improving plant disease management—A summary of focus issue articles. Phytopathology 107:1092-1094.
24. Park YL, Krell RK, Carroll M (2007) Theory, technology, and practice of site-specific insect pest management. Journal of Asia Pacific Entomology 10:89-101.
25. Russo JM, Liebhold AM, Kelley JGW (1993) Mesoscale weather data as input to a gypsy moth (Lepitoptera: Lymantriidae) phenology model. Journal of Economic Entomology 86:838-844.
26. Russo JM (2000) Weather forecasting for IPM. pp. 453-473. In: Emerging Technologies For Integrated Pest Management: Concepts, Research, and Implementation. American Phytopathological Society (APS) Press.
27. 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.
28. Schaub LP, Raulin FW, Gray DR, Logan JA (1995) Landscape framework to predict phenological events for gypsy moth (Lep: Lymantriidae) management programs. Environmental Entomology 24:10-18.
29. Sharov AA (1996) Sharov, A. A. (1996). Modelling forest insect dynamics. PP.293-303. In: E Ko-rpilahti EM, Mikkela T, Salonen (eds.). Caring for the Forest: Research in a Changing World. Congress Report.
30. Qadir A, Shakeel, F, Ali A (2020) Phytotherapeutic potential and pharmaceutical impact of Phoenix dactylifera (date palm): current research and future prospects. Journal of Food Science and Technology 57:119-1204.

31. Story M, Congalton RG (1994) Accuracy assessment: A user's perspective: LK Fenestermaleer. Remote sensing thematic assessment. American society for Photo-Grammetric and Remote Sensing 257-259.
32. West J, Kimber R (2015) Innovations in air sampling to detect plant pathogens. Annals of Applied Biology 166:4-17.
33. Wright RJ, Devries TA, Young LJ, Jarvi KJ, Seymout RC (2002) Geostatistical analysis of small-scale distribution of european corn borer Coleop: Carabidae larvae and damage in whorl stage corn. Environmental Entomology 31:160-167.
34. Young JK, Kwang-Hyung K (2019) An Integrated Modeling Approach for Predicting Potential Epidemics of Bacterial Blossom Blight in Kiwifruit under Climate Change. Plant Pathology Journal 35:459-472.