

تهیه نقشه پراکنش و شدت عارضه خشکیدگی خوشه خرما در منطقه بم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

محمدعلی رستمی^{۱*}، بهمن پناهی^۲، غلامرضا برادران^۳ و محمدجواد عساری^۴

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی؛ و مربی‌های پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۱

چکیده

در سال‌های اخیر عارضه خشکیدگی خوشه خرما به هزاران هکتار از باغ‌های خرماي بم خسارت زیاد وارد کرده است. در این مطالعه، از سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد که ابزاری برای کمک به تصمیم‌گیری‌ها در مدیریت موضعی محصول و راهکاری برای پایش عارضه خشکیدگی خوشه خرما است. در مرحله اول پژوهش حاضر، اطلاعات میدانی شامل درصد خسارت باغ‌ها از عارضه خشکیدگی، مختصات جغرافیایی و مساحت باغ‌ها به دست آمد؛ در مرحله دوم، داده‌های جمع‌آوری شده به سامانه اطلاعات جغرافیایی وارد شد؛ و در مرحله سوم، اطلاعات مورد نیاز از سامانه استخراج و نقشه پراکنش و شدت عارضه خشکیدگی خوشه خرما در مناطق بم و بروات به صورت نقطه‌ای و سطحی با سه روش میان‌یابی نزدیک‌ترین هم‌جوار، معکوس فاصله و کریجینگ تهیه شد و سپس آنالیز روند دنبال شد. نتایج نشان داد که شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما در باغ‌های کرانه‌های جنوبی منطقه بسیار بالاتر است تا در باغ‌های مناطق مرکزی و شمال منطقه، بنابراین مبارزه باید در این مناطق در مختصات جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی تا ۵۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی تمرکز یابد. خشکیدگی خوشه در ۵۶ درصد از تعداد کل باغاتی که در منطقه بم و بروات وجود دارند گزارش شده است و در ۵۷/۲ درصد از باغاتی که در آن‌ها خشکیدگی خوشه به ثبت رسیده است خشکیدگی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد و در ۵/۹ درصد آنها بیش از ۴۰ درصد به ثبت رسید. نتایج محاسبات نشان داد که در بیش از ۵۶/۲ درصد از کل باغ‌ها در منطقه مورد مطالعه، عارضه خشکیدگی خوشه خرما گزارش شده است. با تفسیر نتایج نقشه‌های پراکنش، شدت عارضه و ارتفاع منطقه، می‌توان نتیجه گرفت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه نخلستان‌هایی که در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند کمتر است و به طور کلی با افزایش ارتفاع از سطح دریا، میزان خسارت عارضه نیز کاهش می‌یابد. مساحت کل نخلستان‌های منطقه بم و بروات، به کمک تصویر ماهواره سنتینل ۲ به میزان ۳۶۴۷ هکتار و مساحت باغ‌های خسارت دیده ۲۰۴۹ هکتار برآورد شده است.

واژه‌های کلیدی

سنتینل ۲، کشاورزی دقیق، نخلستان

مقدمه

وابسته است. در سال‌های اخیر، آفات و بیماری‌ها و به‌ویژه عارضه خشکیدگی خوشه (شکل ۱)، خسارت‌های زیادی به محصول خرما وارد کرده است. در برخی استان‌ها از جمله کرمان، هرمزگان و بوشهر،

خرما با سطح زیر کشت ۲۱۸۰۰۰ هکتار، یکی از محصولات باغی پرارزش ایران است؛ اشتغال و درآمد اغلب ساکنان استان‌های جنوب کشور به این محصول

کاهش تولید محصول خرما ناشی از این عارضه تا ۸۵ درصد گزارش شده است (Pezhman, 2001; Karampoor, 2002; Pezhman & Hajian, 2002). خسارت این عارضه در منطقه بوم، ریگان و فهرج به دلیل این‌که این شهرستان‌ها دارای بیشترین سطح زیر کشت رقم مضافتی هستند بسیار چشم‌گیر است؛ این رقم در برابر عارضه خشکیدگی خوشه خرما بسیار حساس است (Shekofteh & Nikpoor, 2016). در منطقه بوم، ریگان و فهرج روی رقم مضافتی خرما نوارهای قهوه‌ای رنگ معمولاً در سطح فوقانی دم خوشه‌ها ایجاد می‌شود و به سرعت پیشرفت می‌کند. بروز این نشانه‌ها با افزایش دما، کاهش رطوبت نسبی، و وزش بادهای گرم و خشک هم‌زمان است. عارضه معمولاً در مرحله تبدیل خارک به رطب اتفاق می‌افتد و تا پیش از آشکار شدن عارضه، خوشه‌ها نشانه‌ای ویژه ندارند.

رفتار این عارضه در شرایط باغ بسیار مرموز و نامشخص است به گونه‌ای که ممکن است روی یک خوشه، میوه‌های سالم و مبتلا با هم دیده شوند. همچنین ممکن است روی یک درخت، یک یا چند خوشه سالم و تعدادی نیز مبتلا باشند یا از دو درخت هم‌جوار ممکن است یک درخت کاملاً سالم یا آلودگی کمتری داشته باشد. به علاوه، درختی که در یک سال به این عارضه مبتلا بوده است در سال بعد ممکن است مبتلا شود یا کاملاً سالم باشد. میوه‌های آلوده از نظر کمیت بسیار کوچک و کم‌حجم هستند و از نظر کیفیت در حد بسیار پایینی قرار دارند (Shekofteh & Nikpoor, 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد، برخی عوامل محیطی مانند تنش‌های ناشی از افت ناگهانی رطوبت نسبی، Ca ، بادهای گرم



شکل ۱- خشکیدگی خوشه خرما

Fig. 1- Drying blossom of date plan

و خشک، بروز تنش آبی، تغذیه نامناسب درختان و نیز عوامل زنده از جمله برخی قارچ‌های زهرابه‌ساز عوامل اولیه و ثانویه مؤثر در این نوع عوارض هستند (Karampoor *et al.*, 2003; Karampoor & Pezhman, 2003; Karampoor, 2003; Mirzaei *et al.*, 2002; Najafinia & Azadvar, 2002) سرحدی (Sarhaddi, 2002) در پژوهش‌هایی دریافت که در منطقه‌ای که او مطالعه می‌کرد هرچه شوری خاک بیشتر و بافت خاک سبک‌تر باشد شدت عارضه بیشتر است. پژمان و همکاران (Pezhman *et al.*, 2004) ضمن بررسی اثر انواع مختلف پوشش و تنک کردن بر عارضه خشکیدگی خوشه خرما دریافتند که پوشش حصیری و تنک کردن یک‌سوم نوک گل‌آذین، در مرحله گرده‌افشانی، بیشترین تأثیر

رفتار این عارضه در شرایط باغ بسیار مرموز و نامشخص است به گونه‌ای که ممکن است روی یک خوشه، میوه‌های سالم و مبتلا با هم دیده شوند. همچنین ممکن است روی یک درخت، یک یا چند خوشه سالم و تعدادی نیز مبتلا باشند یا از دو درخت هم‌جوار ممکن است یک درخت کاملاً سالم یا آلودگی کمتری داشته باشد. به علاوه، درختی که در یک سال به این عارضه مبتلا بوده است در سال بعد ممکن است مبتلا شود یا کاملاً سالم باشد. میوه‌های آلوده از نظر کمیت بسیار کوچک و کم‌حجم هستند و از نظر کیفیت در حد بسیار پایینی قرار دارند (Shekofteh & Nikpoor, 2016). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد، برخی عوامل محیطی مانند تنش‌های ناشی از افت ناگهانی رطوبت نسبی، Ca ، بادهای گرم

رود چه اتفاقی خواهد افتاد؟ جوشی و همکاران (Joshi *et al.*, 2004) طی پژوهش‌هایی دریافتند که سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند به عنوان ابزار تفسیر به مدیریت گونه‌های مهاجم کمک کند. این محققان کاربرد فناوری سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی را برای تهیه نقشه واقعی و پیش‌بینی گسترش گونه‌های مهاجم بررسی کردند. این سامانه، علاوه بر اطلاعات توصیفی، امکان ورود اطلاعات پیکسلی و یا برداری از منابع مختلف، از قبیل نقشه، تصویرهای هوایی و ماهواره‌ای، جی‌پی‌اس، تجهیزات نقشه‌برداری و غیره را دارد. در این سامانه، امکان تحلیل، پردازش و پرسش و پاسخ‌های مکانی موردنیاز کاربر وجود دارد. کوکس و وریسن (Cox & Vreysen, 2005) معتقدند موفقیت برنامه گسترده مدیریت آفات^۱ و سایر برنامه‌ها بستگی دارد به دقت اطلاعات در خصوص پراکندگی زمانی و مکانی آفات.

استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و فناوری سنجش از دور در برنامه مدیریت تلفیقی آفات^۲ (IPM) رو به افزایش است. مزایای سامانه اطلاعات جغرافیایی و اشتراک آن با برنامه گسترده کنترل آفات گیاهی هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است. پاناکوپولز و همکاران (Panagopoulos *et al.*, 2006) طی پژوهش‌هایی با هدف مطالعه کنترل دقیق آفت در مقیاس محلی (باغ) و مقیاس وسیع، دریافتند که برای افزایش دقت در اقدامات پیشگیرانه کنترلی، مانند استفاده از سموم شیمیایی، در سال‌های اخیر استفاده از نقشه جمعیت آفات افزایش یافته است. این محققان در پژوهش خود روی سه آفت در باغ‌های میوه، نقشه پراکندگی مکانی آفت را با سامانه اطلاعات جغرافیایی با روش‌های زمین‌آماري^۳ تهیه کردند. آلدرد و همکاران (Allred *et al.*, 2008) در تحقیقات خود دریافتند که

را بر کاهش آسیب عارضه و بهبود برخی ویژگی‌های کمی و کیفی میوه نشان می‌دهند. ره‌خدایی و پژمان (Rahkhodaei & Pezhman, 2007)، اثر دو عامل مهم دما و رطوبت نسبی هوا را در بروز عارضه خشکیدگی خوشه خرما، در سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۳ در منطقه جیرفت روی خرماي مضافتی بررسی و دما و رطوبت نسبی نخلستان را در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور (زمان پیدایش عارضه) با نصب دمانگار و رطوبت‌نگار، به‌صورت روزانه، پایش کردند. از زمان شروع عارضه، درصد آلودگی ۲۰ اصله نخل ۱۷-۱۵ ساله، هر ۵ تا ۶ روز یکبار اندازه‌گیری شد. پس از آن، همبستگی بین درصد واقعی آسیب و عوامل آب و هوایی تعیین شد. بر اساس نتایج به دست آمده، معلوم شد عارضه در مرحله تبدیل خارک به رطب (مردادماه) و در دماهای بالاتر از ۴۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی کمتر از ۲۵ درصد رخ می‌دهد. دو عامل میانگین دمای بیشینه (بین ساعت ۱۰ تا ۱۶) و میانگین ساعاتی که رطوبت نسبی بین ۲۵ تا ۵۰ درصد بود، بیشترین همبستگی را با عارضه نشان داده است.

برناردی (Bernardi, 2001) طی تحقیقاتی نشان داد که فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱، به همراه فناوری سنجش از دور و داده‌های محیطی، کاربردهای زیادی در خصوص مدیریت آفات و بیماری‌های گیاهی دارند. این فناوری، داده‌های مختلف را در یک سامانه جمع‌آوری می‌کند و اجازه دسترسی به داده‌ها را با توجه به مختصات مکانی آنها می‌دهد. این سامانه برای پاسخ دادن به پرسش‌های مهم به کار می‌رود، به‌طور مثال: چه اتفاقی در حال وقوع است؟ محل آن کجاست؟ چه چیزی و در چه جهتی تغییر کرده است؟ الگوی مکانی آن چگونه است؟ اگر شرایط همین‌گونه پیش

1- Geographic Information System (GIS)

3- Integrated Pest Management

2- Area Wide Pest Management Program

4- Geostatistical Methods

از یک دستگاه موقعیت‌یابی جهانی (GPS)^۲ ثبت کرد. پس از برداشت داده‌ها، نقشه پراکندگی علف‌های هرز با استفاده از نرم‌افزار تولید شد. در پردازش داده‌های مکانی قبل از به‌کارگیری روش‌های زمین‌آماري، نرمال بودن داده‌ها اغلب مورد توجه قرار می‌گیرد. افزون بر بررسی اعداد پرت و نوع توزیع داده‌ها، یکی دیگر از عملیات مهم در مطالعات زمین‌آماري که اغلب نادیده گرفته شده است، آنالیز روند^۳ سطحی (تغییرات بلند دامنه) است. با به‌کارگیری آنالیز روند سطحی، می‌توان نقش عوامل مختلف را روی داده‌ها ارزیابی کرد (Mirzaee *et al.*, 2016). ویژگی‌های زمین‌آمار که سبب استفاده گسترده آن شده است، استوار بودن بر تغییرات محلی و در نظر گرفتن وابستگی هر نقطه در ارتباط با نقاط همسایه است. برای این منظور، از روش‌های مختلف میان‌یابی مکانی استفاده می‌شود تا از طریق روندی مشخص، مقدار در نقطه مجهول با استفاده از نقاط نمونه‌برداری شده محاسبه شود. درون‌یابی مکانی اصولاً بر اساس تشابه نقاط نزدیک به هم استوار است و بنابراین نقاط مجاور تأثیر بیشتری در تعیین مقدار نقطه مجهول دارند (Eslami *et al.*, 2015). در این پژوهش، نقشه پراکنش و شدت عارضه خشکیدگی سرخوشه درختان خرما در منطقه بم در سال ۹۵-۹۴، به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش زمین‌آمار تهیه و مناطق تراکم خسارت و جهت گسترش عارضه به کمک نقشه‌ها و آنالیز روند بررسی شد. این نقشه‌ها می‌توانند به کارشناسان بخش اجرا و مدیران در زمینه بررسی و یافتن عوامل گسترش عارضه و راهکارهای جلوگیری از گسترش آن، تعیین محل تراکم عارضه

کشاورزی دقیق با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی (به دلیل وجود نقشه‌های بیشینه و کمینه مواد مغذی خاک) کمک به کاهش آلودگی‌های زیست‌محیط (ناشی از مصرف بیش از حد مواد شیمیایی) و افزایش عملکرد می‌شود. این محققان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی دقیق را استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، برای زمین‌مرجع^۱ کردن داده‌ها می‌دانند. ثابت شده است که دستورالعمل‌های به‌کار رفته بر مبنای نمونه‌های زمین‌مرجع شده و مدیریت موضعی، بار آفات را کاهش داده‌اند. بومیستر و همکاران (Bouwmeester *et al.*, 2010) در تحقیقاتی دریافتند که سامانه اطلاعات جغرافیایی زمینه‌بازرزی برای پایش، پیش‌بینی، مدیریت و مبارزه با شیوع آفات و بیماری‌های گیاهی مهیا می‌کند. در مبحث پایش، این فناوری می‌تواند وسعت حوزه عمل آفت یا بیماری را به منظور شناسایی الگوی مکانی گسترش آن، تعیین کند و داده‌های یاد شده را با داده‌های مکانی پیوند دهد. این سامانه همچنین توانایی پیش‌بینی نقشه انتشار بیماری را دارد. بدین صورت امکان آماده‌سازی برنامه‌های کنترل و تعیین آستانه طغیان، به دلیل تغییرات محیطی، وجود دارد. مین‌باشی (Minbashi, 2009) بررسی، شناسایی و تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز مزارع گندم و جو آبی کشور را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ به انجام رساند. او نوع علف‌های هرز را به تفکیک گونه و جنس شناسایی و نمونه‌برداری کرد. این محقق تراکم بوته را برای علف‌های هرز اندازه‌گیری و مختصات جغرافیایی محل نمونه‌برداری را با استفاده

1- Georeferencing
3- Trend Analysis

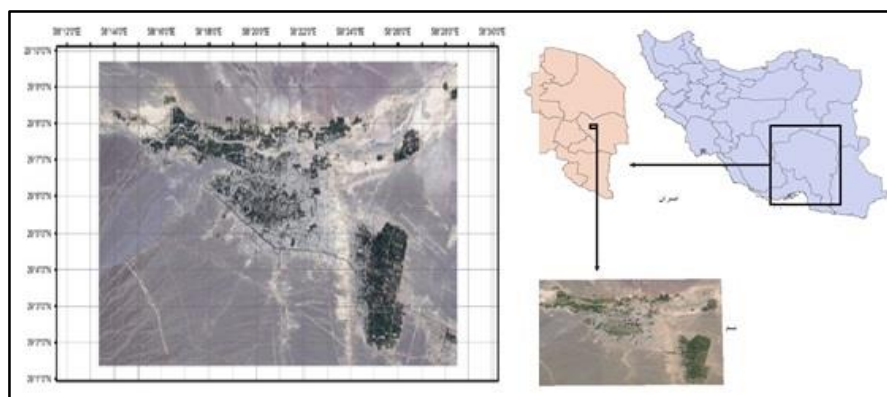
2- Global Positioning System

عرض شمالی و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا واقع است. فاصله بم از کرمان ۱۹۵ کیلومتر، آب و هوای آن گرم و خشک و میزان بارندگی سالانه آن به طور متوسط ۶۸ میلی‌متر است. بروات در حدود شش کیلومتری شرق شهر بم قرار دارد. در سال‌های اخیر عارضه پژمردگی و خشکیدگی خوشه خرما از عمده‌ترین مشکلات موجود در تولید این محصول بوده است. این عارضه، همزمان با کاهش ناگهانی رطوبت نسبی هوا، افزایش دما و وزش بادهای گرم و خشک رخ می‌دهد. میوه‌های خرما در اواخر مرحله خلال به طور ناگهانی و خیلی سریع می‌پژمرند و سرانجام خشک و غیر قابل مصرف می‌شوند. شکل ۲، موقعیت منطقه مورد مطالعه و مختصات جغرافیایی بم و بروات و پراکنش نخلستان‌های خرما را نشان می‌دهد.

به منظور توزیع امکانات و تمرکز بر مبارزه، تعیین سمت و سوی گسترش عارضه، ارزیابی نتایج مبارزه و پیشگیری از بروز عارضه، و تصمیم‌گیری برای توسعه باغ‌ها در آینده، کمک کنند.

مواد و روش‌ها

پژوهش در نخلستان‌های شهرستان بم اجرا شد که یکی از قطب‌های مهم خرمای کشور، به‌ویژه رطب مضافتی، است. این شهرستان از شمال و غرب به شهرستان کرمان، از جنوب غرب به شهرستان جیرفت، از جنوب به شهرستان عنبرآباد و رودبار جنوب، از شرق به شهرستان نرماشیر و ریگان و فهرج محدود می‌شود. شهرستان بم ۵۱۷۵ کیلومترمربع مساحت دارد و در ۵۸ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۶ دقیقه



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (شهر بم و بروات)

Fig. 2- Geographical location of the study area (Bam and Bravat)

از آنها در میان ساختمان‌های مسکونی هستند و مجموعاً در منطقه‌ای به وسعت ۲۲۵۰ هکتار پراکنده‌اند.

این تحقیق به منظور تهیه نقشه پراکنش و شدت عارضه خشکیدگی خوشه خرما در منطقه بم، به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش زمین‌آمار در سه مرحله اجرا شد. در مرحله اول،

همان‌گونه که در شکل مشخص است تجمع نخلستان‌ها، در منطقه بروات است. در شهرستان بم قسمتی از نخلستان‌ها در حاشیه شهر به صورت یکپارچه و قسمتی دیگر به صورت خانه باغ یا در میان ساختمان‌های مسکونی و مجموعاً در منطقه‌ای به وسعت ۹۰۰۰ هکتار پراکنده‌اند. در منطقه بروات بیشتر باغ‌های خرما به صورت یکپارچه و بخش کمی

خوشه‌های آسیب دیده بر تعداد کل خوشه‌های خرما می‌باشد. محاسبات برای ۲۷۸۸ باغ بود که در آنها خشکیدگی خوشه خرما گزارش شده بود. با استفاده از این داده‌ها، نقشه پراکنش عارضه خشکیدگی خرما با نرم‌افزار ArcMap رسم شد.

به منظور بررسی تغییرات ارتفاع منطقه مورد مطالعه از سطح دریا و تأثیر احتمالی آن بر عارضه خشکیدگی خوشه خرما، نقشه ارتفاع منطقه از جنوب نخلستان‌های بروات تا مال نخلستان‌های بم، به فاصله ۲۱/۵ کیلومتر، به کمک گوگل ارث تهیه شد.

اطلاعات میدانی از باغ‌های خسارت دیده جمع‌آوری شد؛ در مرحله دوم، داده‌های جمع‌آوری شده به نرم‌افزار ArcGIS 10.3 وارد شد؛ و در مرحله سوم، اطلاعات موردنیاز از سامانه استخراج و نقشه پراکنش و شدت عارضه تهیه شد.

مرحله اول: جمع‌آوری اطلاعات میدانی

در این مرحله، اطلاعات لازم از قبیل تعداد کل درختان، تعداد درختان تحت تأثیر عارضه خشکیدگی، مساحت و مختصات جغرافیایی همه باغ‌های منطقه مورد مطالعه، مربوط به سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴، از صندوق بیمه کشاورزی دریافت شد (جدول ۱). خسارت به هر باغ با تقسیم تعداد

جدول ۱- نمونه اطلاعات جمع‌آوری شده از مشخصات باغ برای محاسبه درصد خشکیدگی خوشه خرما

Table 1- Sample data collected from garden specifications to calculate percentage of drying blossom of date palm

تعداد خوشه‌های تلقیح شده	تعداد خوشه‌های تلقیح نشده	تعداد خوشه‌های دچار عارضه خشکیدگی	تعداد خوشه‌های سالم	تعداد کل خوشه‌های درخت	نمونه
Number of inoculated clusters due to non-covered factors	Number of uninoculated clusters due to cover factors	Number of dried up clusters due to disorder	Number of healthy clusters	Total number of tree clusters	Sample
0	0	0	5	5	1
0	0	1	4	5	2
0	0	0	4	4	3
0	0	2	4	6	4
0	0	3	1	4	5
0	0	6	18	24	Total

طول و عرض جغرافیایی به شکل درجه ثبت شد. داده‌های جمع‌آوری شده در فایل اکسل به سامانه اطلاعات جغرافیایی وارد شدند. پس از فراخوانی داده‌های فایل اکسل، سیستم تصویر^۱ لایه و نقاط تعیین شد. سیستم تصویر می‌تواند جغرافیایی یا UTM^۲ باشد. با انتخاب سیستم تصویر (UTM و Zone 40)، نقاط نشان‌دهنده محل باغ‌های مورد مطالعه روی صفحه ArcGIS آشکار شدند. این نقاط همان باغ‌هایی هستند که بر اساس طول و عرض

مرحله دوم: تهیه نقشه باغ‌های مبتلا

پس از استخراج مختصات باغ‌های مورد مطالعه با جی پی اس گارمین مدل eTrex 10 لازم بود این آمار و اطلاعات به یک فایل اکسل وارد شود تا قابلیت انتقال به نرم‌افزار ArcGIS و تولید نقشه را داشته باشد. این فایل شامل مختصات جغرافیایی باغ و درصد خسارت وارد شده به آن در اثر عارضه خشکیدگی خوشه خرما بود. برای اینکه فرمت داده‌ها با نرم‌افزارهای Excel و ArcGIS قابل شناسایی باشد،

1- Projection

2- Universal Transverse Mercator Coordinate System

موقعیت نقطه در تصویر نزدیک‌ترین باشد، این درجه خاکستری به موقعیت نقطه در شبکه منظم اصلی نسبت داده می‌شود. این روش، سریع‌ترین روش نمونه‌برداری مجدد به‌شمار می‌آید. علاوه بر این، از مقادیر حقیقی موجود در تصویر استفاده می‌کند و بنابراین ارقامی جدید تولید نمی‌کند که گاه ممکن است غیرواقعی باشند. این موضوع به خصوص برای موقعی بسیار مفید خواهد بود که قرار است تصویر طبقه‌بندی گردد (Esmaili, 2009; Zhu, 2016). در روش معکوس فاصله، فرض بر این است که نقاط نمونه از مکان تأثیر می‌پذیرند؛ به بیان دیگر، پیکسل‌های نزدیک به نقاط نمونه اثر بیشتری نسبت به پیکسل‌های دورتر از این نقاط دارند. در این روش، فاصله هر نقطه با نقطه مجاور سنجیده و بر حسب مقدار فاصله به آن وزن داده می‌شود. سرانجام، ارزش سلول مرکزی ماتریس با جمع ارزش‌های نقاط همجوار و میانگین وزنی آنها به دست می‌آید. تابع محاسباتی این روش به شکل رابطه ۱ است:

$$x = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Z_i}{D_i} \right) / \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{D_i} \right) \quad (1)$$

که در آن،

X = ارزش برآورد شده از روش میان‌یابی؛ Z_i = ارزش رزش نقاط موجود (نقاط همجوار)؛ D_i = فاصله بین X و هر نقطه موجود (Ensaafi-Moghadam & Rafiei-Emam, 2009). روش کریجینگ از کمی‌سازی همبستگی بین نقاط اندازه‌گیری شده استفاده می‌کند و پس از آن به پیکربندی فضای اطراف نقاط مورد پیش‌بینی، بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده می‌پردازد. تابع محاسباتی در کریجینگ برای تخمین مقادیر مورد نظر به صورت رابطه ۲ است.

جغرافیایی برداشت شده، با جی‌پی‌اس تعیین محل شده و به عارضه خشکیدگی خوشه خرما دچار بودند.

در مرحله بعد، این فایل به یک لایه shapfile تبدیل شد تا قابلیت تهیه نقشه را داشته باشد. نرم‌افزار این قابلیت را دارد تا نام هر یک از باغ‌ها را به هر صورتی که کاربر پیش‌بینی کرده است روی نقاط نشان دهد. در این پژوهش، هر باغ با درصد خشکیدگی خوشه خرما در آن باغ نمایش داده شد. بدین صورت نقشه پراکنش باغ‌ها به صورت نقطه‌ای و سطحی ایجاد شد. در روش نقطه‌ای از دسته‌بندی با استفاده از نمادهای نقطه‌ای و نمادهای ویژه طبقه‌بندی تدریجی^۱ در نرم‌افزار ArcMap استفاده شد. در طبقه‌بندی تدریجی، داده‌ها بر اساس بزرگی اندازه‌شان در نقشه نمایش داده شدند. با این روش نمادگذاری، داده‌ها که همان میزان خسارت وارد شده به محصول خرما در نقاط مختلف هستند، مناطق با میزان خسارت بالا را در نقشه نمایان ساختند. با استفاده از این نقشه در مراحل بعد یعنی تفسیر نقشه‌ها می‌توان دلایل تراکم خسارت را استخراج کرد. در نقشه نقطه‌ای، داده مربوط به هر صفت خاص در نقشه، به مختصات زمینی محل برداشت آن پیوند داده می‌شود و در نقشه نمایش داده خواهد شد. این نقشه فقط اطلاعاتی در خصوص نقاط معلوم ارائه می‌دهد که داده‌های آن برداشت شده است، اما در روش سطحی داده‌های نامعین بر اساس معادلات ریاضی تخمین زده می‌شوند که به آن میان‌یابی^۲ گفته می‌شود.

در این پژوهش، داده‌ها با سه روش نزدیک‌ترین همجوار^۳، معکوس فاصله^۴ و کریجینگ^۵، به کمک ابزار Spatial Analyst در نرم‌افزار ArcMap میان‌یابی شدند. در روش نزدیک‌ترین همجوار، مقدار درجه خاکستری پیکسلی انتخاب می‌شود که به

1- Graduated Symbols
3- Nearest Neighbor
5- Kriging

2- Interpolation
4- Inverse distance weighted (IDW)

از شدن عارضه را در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه آشکار می‌سازد که تصمیم‌گیری برای چگونگی مبارزه با این عارضه، اعمال مدیریت، توزیع امکانات، اعمال قوانین بیمه‌ای و پیش‌بینی‌های لازم برای آینده را امکان‌پذیر می‌کند.

برای تهیه نقشه پهنه‌ای یا سطحی، از ابزار spatial analyst و دستور Interpolation در نرم‌افزار ArcMap استفاده شد. دسته‌بندی تعداد کلاس‌های نقشه می‌تواند به صورت خودکار با نرم‌افزار اجرا یا به صورت دستی تعداد دسته‌ها و فاصله آنها توسط کاربر اختیار شود. در این پژوهش، دسته‌بندی تعداد کلاس‌ها و نمادگذاری نقشه به روش دسته‌بندی با فاصله‌های مساوی^۵ در نظر گرفته شد. در این حالت، شدت خسارت در مناطق مختلف در نقشه با رنگ‌های متفاوت دیده می‌شود. بدین ترتیب نقشه یاد شده قابلیت چاپ شدن را برای تفسیر چشمی و استفاده در سایر نرم‌افزارهای وابسته دارد. راهنمای نقشه با فاصله ۱۰ درصد خشکیدگی خوشه از ۱۰ تا ۵۰ درصد تنظیم شد اما به دلیل کم بودن تعداد باغ‌های با خشکیدگی بیش از ۵۰ درصد، کلیه باغ‌ها در گستره بالای ۵۰ درصد خشکیدگی خوشه، تا بیشترین خشکیدگی مشاهده شده در باغ‌ها (یعنی خشکیدگی ۷۵ درصد)، در یک دسته جای داده شدند. نقشه‌های تولید شده به منظور استفاده از آنها توسط مدیریت‌های بخش اجرا، به صورت لایه یا با فرمت‌های تصویری نظیر JPEG ذخیره شدند.

مرحله سوم: استخراج اطلاعات و تفسیر نقشه‌ها
شناسایی محل‌های تراکم خسارت و تعیین جهت (سمت و سوی) گسترش عارضه
برای تعیین محل‌های تراکم خسارت و سمت و سوی گسترش عارضه، نقشه پراکنش عارضه

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

که در آن،

$Z(x_i)$ = مقدار پارامتر مورد نظر در نقطه x_i ; h = فاصله بین زوج نقطه مورد نظر؛ و $N(h)$ = تعداد زوج نقطه اندازه‌گیری شده که به فاصله‌های h از هم جدا شده‌اند (Abbasi et al., 2018).

در این مطالعه، برای اعتبارسنجی روش‌های مختلف میان‌یابی از معیارهای جذر میانگین مربع خطا^۱، جذر میانگین مربع خطای استاندارد^۲، متوسط خطا^۳ و ضریب همبستگی^۴ استفاده شد. جذر میانگین مربع خطا و ضریب همبستگی با رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند (Sabeti, & Soltani- Gerdefaramarzi, 2017).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (E_s - E_0)^2} \quad (3)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

مقدار شاخص جذر میانگین مربع خطا هر قدر کوچک‌تر باشد بهتر است و این شاخص برای مقایسه مدل‌ها به کار می‌رود. مقدار بهینه متوسط خطا برابر صفر و مقدار بهینه شاخص جذر میانگین خطای استاندارد و ضریب همبستگی برابر یک است (Golshan et al., 2014). نقشه سطحی پراکنش عارضه خشکیدگی خوشه خرما و شدت آن با سه روش میان‌یابی نزدیک‌ترین همجوار، معکوس فاصله و کریجینگ تولید شدند. نقشه سطحی پراکنش عارضه خشکیدگی خوشه خرما و شدت آن با سه روش میان‌یابی نزدیک‌ترین همجوار، معکوس فاصله و کریجینگ تولید شدند. نقشه سطحی، نمایش بهتری

1- Root Mean Square Error (RMSE)

2- Root Mean Square Error Standardized (RMSE)

3- Mean Error

4- Coefficient Of Correlation

5- Equal Interval Classification

تصویر ماهواره‌ای استخراج شد. مساحت باغ‌های خسارت دیده از عارضه خشکیدگی خوشه نیز از اطلاعات فرم‌ها استخراج شد. با تعیین نسبت مساحت باغ‌های آسیب‌دیده به کل مساحت باغ‌های منطقه مورد مطالعه، درصد سطح خسارت‌زده تعیین شد. در این پژوهش، برای محاسبه سطح زیر کشت درختان خرما از تصویرهای سنجنده سنتینل ۲^۱ و روش طبقه‌بندی نظارت استفاده شد.

این تصویرها دارای توان تفکیک مکانی متغیر ۱۰ تا ۶۰ متر و شامل ۱۳ باند در محدوده طیفی مرئی (۴۹۰ تا ۶۶۰ نانومتر)، مادون قرمز نزدیک (۷۰۵ تا ۹۴۵ نانومتر)، و مادون قرمز موج کوتاه (۱۳۷۵ تا ۲۱۹۰ نانومتر) است. علاوه بر این، سنتینل ۲ دارای عرض برداشت ۲۹۰ کیلومتر و توان تفکیک زمانی پنج روز در استوا است (Ezzatabadipoor, 2016). تصویر مورد نیاز از وبگاه این ماهواره با استفاده از رابط جستجوگر آن^۲ دریافت شد. تصویرهای دریافت شده تا سطح 1c تصحیح شده‌اند که شامل تصحیحات رادیومتریک، تصحیحات هندسی و زمین مرجع کردن است.

طبقه‌بندی نظارت شده با بازدهای میدانی متعدد و به روش حداکثر احتمال^۳ پی گرفته شد. این روش بر مبنای احتمالات استوار است. یعنی احتمال اینکه یک پیکسل به هریک از مجموعه‌های m کلاس تعلق داشته باشد، بررسی می‌شود و پس از آن پیکسل به کلاسی اختصاص می‌یابد که بیشترین احتمال را داشته باشد. به این منظور برای هریک از پوشش‌های سه‌گانه سطح منطقه مورد مطالعه (باغ‌های خرما، خاک و سایر عوارض مانند مناطق شهری و بیابانی) پلات‌های تعلیمی شناسایی و با جی‌پی‌اس گارمین^۴ مختصات آنها یادداشت شد.

خشکیدگی خوشه خرما بررسی شد. مناطق دارای بیشترین تراکم عارضه تعیین شدند و روند پیشرفت عارضه نیز بررسی شد.

برای تعیین روند پیشرفت عارضه از آنالیز روند استفاده شد. برای این کار ابتدا نرمال بودن داده‌های درصد خشکیدگی در ۲۷۸۸ باغ، که اطلاعات آنها در این پژوهش به کار گرفته شد، به کمک نرم‌افزار ArcMap و دستور QQplot بررسی گردید. عموماً برای تحلیل روند سطحی، نوع خاصی از رگرسیون چندگانه به کار گرفته می‌شود (رابطه ۵) که در آن متغیرهای مستقل، مختصات جغرافیایی نقاط و متغیر وابسته، ویژگی مورد بررسی هستند که در این پژوهش درصد خشکیدگی خوشه‌های خرما در باغ‌های منطقه مورد مطالعه بود.

$$Z_i = f(X_i, Y_i, \alpha_i, \beta_i) + \varepsilon \quad (5)$$

که در آن،

Z = ویژگی درصد خشکیدگی خوشه خرما؛ X و Y = مختصات جغرافیایی؛ β = شیب؛ α = عرض از مبدأ؛ و ε = کمیت خطا (Mirzaee et al., 2016). آنالیز روند با نرم‌افزار ArcMap اجرا و نمودار آن به صورت سه بعدی نمایش داده شد. بدین صورت، روند تغییرات درصد خشکیدگی خوشه خرما نسبت به پارامتر مکان (مختصات جغرافیایی)، که نشان‌دهنده تغییرات یا گسترش عارضه در منطقه است، به کمک نمودار بررسی شد.

محاسبه درصد سطحی خسارت نسبت به کل باغ‌های موجود خرما

برای این کار، مساحت کل باغ‌های خرما به دو روش، یکی از آمار موجود و دیگری از

1- Sentinel-2

3- Maximum Likelihood

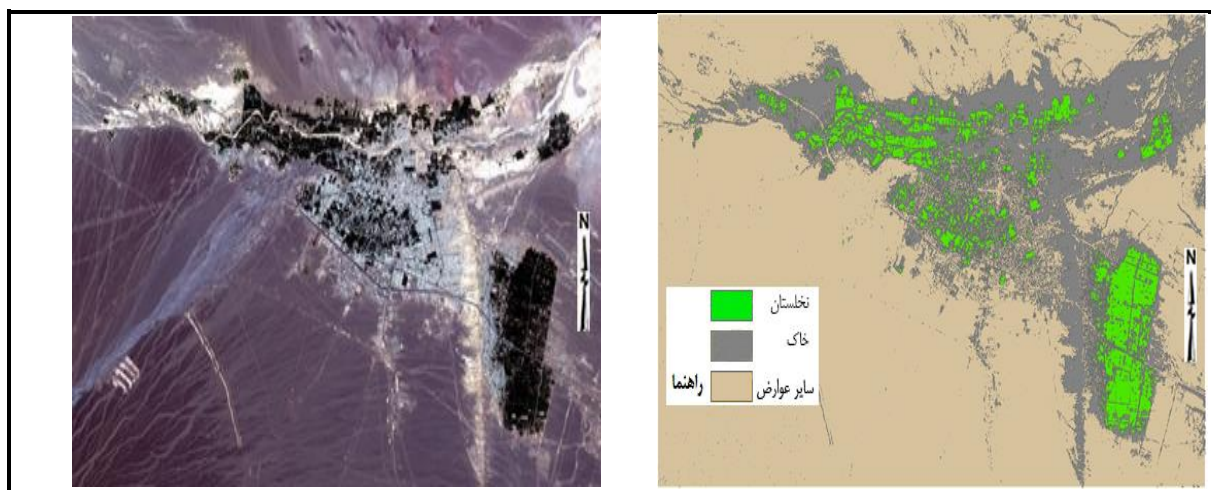
2- Copernicus Open Access Hub

4- GARMIN GPS

در منطقهٔ بم و بروات ۳۶۴۷ هکتار به دست آمد (شکل ۴). دقت نتایج این طبقه‌بندی با معیارهای ارزیابی ماتریس خطا و ضریب کاپا تأیید شد (صحت کلی ۹۸/۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۷). برآورد سطح کل باغ‌هایی که در آنها عارضهٔ خشکیدگی گزارش شده است و سطح کل باغ‌های به دست آمده از تصویر ماهواره‌ای، نشان می‌دهد که بیش از ۵۷/۲ درصد باغ‌ها دچار عارضه خشکیدگی خوشه خرما هستند. این میزان در منطقهٔ بروات و بم به ترتیب اندکی بیش از ۸۵ و ۲۸ درصد برآورد شده است.

پلات‌ها در تصویرهای سنجنده سنتینل ۲ به عنوان ROI به نرم‌افزار معرفی شدند. برای طبقه‌بندی باغ‌ها از پلات‌های تعلیمی استفاده و مساحت نخلستان‌ها تخمین زده شد. به منظور ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصویر ماهواره‌ای، از معیارهای ارزیابی ماتریس خطا^۲ و ضریب کاپا^۳ استفاده شد.

شکل ۳، تصویر برداشت شده با ماهوارهٔ سنتینل ۲ از منطقه در تاریخ ۲۲ فروردین ۱۳۹۵ را نشان می‌دهد. با طبقه‌بندی نظارت شده در تصویر ماهوارهٔ سنتینل ۲، سطح زیر کشت خرما



شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ (سمت راست) و تصویر تفکیک شده با روش طبقه‌بندی نظارت شده (سمت چپ)
 Fig. 3- Sentinel 2 satellite image (right) and classified image by supervised classification method (left)

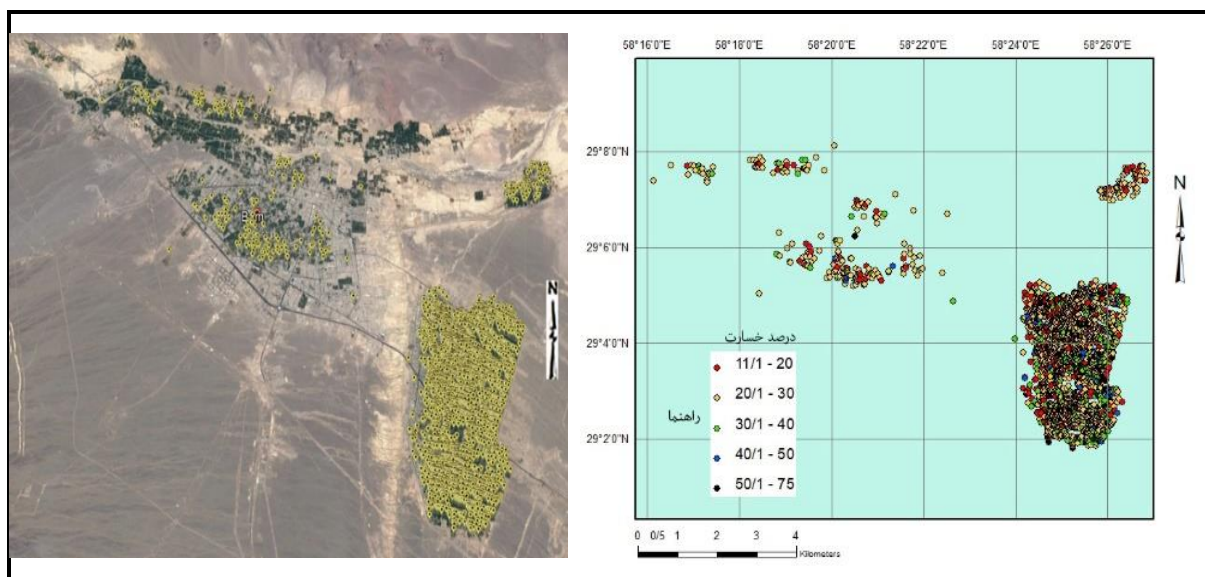
خشکیدگی گزارش شده است. در شهرستان بم، بیشتر باغ‌هایی که در آنها عارضه خشکیدگی گزارش شده در مناطق مسکونی هستند و با پیشروی به سمت شمال بم (و نزدیک شدن به کوه‌های اطراف بم) عارضه کاهش یافته است. علت این موضوع احتمالاً بر بالا بودن دما در محیط‌های شهری و پایین‌تر بودن دما و بالاتر بودن رطوبت در مناطق نزدیک به کوه است.

نقشهٔ پراکنش خسارت عارضهٔ خشکیدگی خوشهٔ خرما در منطقهٔ مورد مطالعه (روش نقطه‌ای)

شکل ۴، نقشهٔ پراکنش عارضهٔ خشکیدگی خوشهٔ خرما در بم و بروات را نشان می‌دهد که با استفاده از نرم‌افزار ArcGis تهیه شده است؛ تصویر گوگل ارث از همین منطقه نیز در کنار آن گذاشته شده است. همان‌گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، در اکثر باغ‌های بروات عارضه

1- Region of Interest
 3- Kappa Coefficient

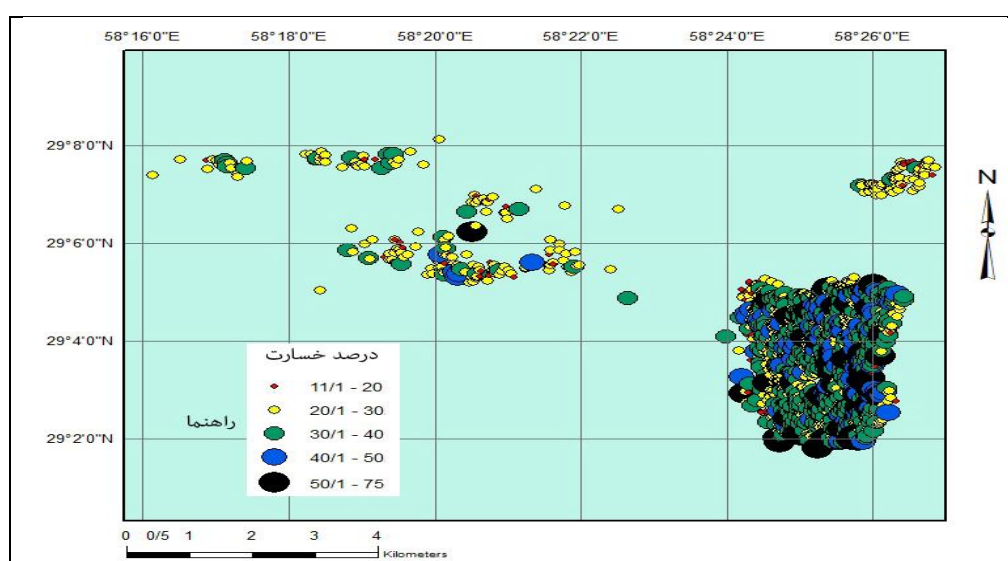
2- Confusion Matrix



شکل ۲- نقشه پراکنش و تصویر گوگل ارث باغ‌های دارای عارضه خشکیدگی خوشه خرما
 Fig. 4- Distribution map and Google Earth image of gardens with drying blossom

نقشه‌ها، می‌توان دلایل تراکم خسارت را استخراج کرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود که میزان خسارت در بیشتر باغ‌هایی که در آنها عارضه خشکیدگی خوشه خرما دیده شده بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است. در مجموع، در منطقه مورد مطالعه، از ۲۷۸۸ باغ گزارش خشکیدگی به ثبت رسیده است.

برای تفسیر آسان‌تر شدت عارضه خشکیدگی در منطقه مورد مطالعه، نقشه نقطه‌ای به کمک نماد تدریجی نیز تولید شده است (شکل ۵)؛ در این نقشه، مکان جغرافیایی هر باغ آسیب دیده به کمک نقاطی نشان داده شده است که اندازه آنها متناسب با درصد خسارت وارد شده به محصول خرماست. با استفاده از این نقشه در مراحل بعد، یعنی تفسیر



شکل ۳- نقشه پراکنش و شدت خسارت به باغ‌هایی که عارضه خشکیدگی خوشه خرما در آنها گزارش شده است.
 Figure 5- Distribution and severity map of orchards in which drying blossom of date palm has been reported

خشکیدگی خوشه کمتر از ۴۰ درصد گزارش شده است. بیشترین میزان گزارش خسارت در بازه ۲۱ تا ۳۰ درصد و ۵۷/۳ درصد از کل باغ‌های خسارت دیده را شامل می‌شود. متوسط درصد خسارت دیدگی خوشه‌ها در این بازه ۲۵ درصد بوده است.

جدول ۲ اطلاعات مربوط به شدت خشکیدگی خوشه خرما را نشان می‌دهد. در جدول ۲ مشاهده می‌شود که ۵/۹۵ درصد از باغ‌ها، خسارت خشکیدگی بیش از ۴۰ درصد بوده است و به مفهومی دیگر در بیشتر باغ‌های خسارت دیده،

جدول ۱- اطلاعات مربوط به شدت خشکیدگی خوشه خرما در نخلستان‌های منطقه مورد مطالعه

Table 2- Information on the severity of drying blossom of date palm in the study area

میانگین درصد	میانگین درصد	تعداد باغ‌ها	مساحت باغ‌های	درصد خشکیدگی	شدت خشکیدگی
خوشه‌های خشک شده	خوشه‌های خشک شده	Number of gardens	آسیب‌دیده (هکتار)	(سطح)	Degree of Damage
در هر باغ	در هر باغ		Damaged orchards area (ha)	Drying percentage (Surface)	
Percentage of dried clusters in each garden	Average percentage of dried clusters				
11-20	16.8	551	405	19.8	ضعیف
21-30	25	1596	1174	57.3	Low
31-40	33.6	475	348	17	متوسط
41-50	43.6	107	77	3.8	Medium
51-75	58.1	59	43	2.1	شدید Much

نقشه سطحی پراکنش عارضه را نشان می‌دهند که با سه روش میان‌یابی نزدیک‌ترین همجوار، معکوس فاصله و کریجینگ در منطقه مورد مطالعه تهیه شده‌اند.

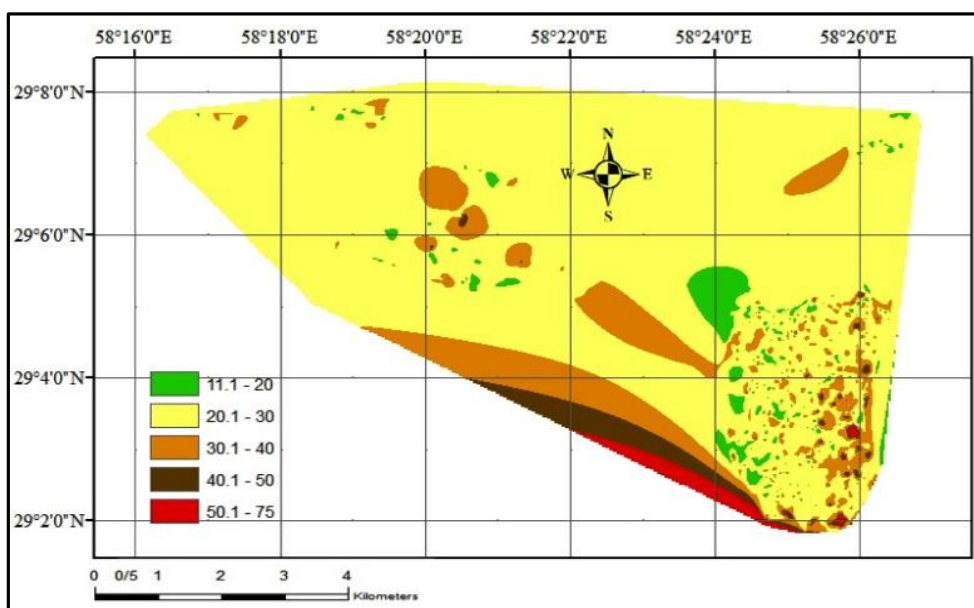
به منظور بررسی روند تغییرات عارضه خشکیدگی خوشه خرما در منطقه و تعیین سمت و سوی گسترش آن به کمک نقشه‌های ۶ تا ۸ لازم بود از آنالیز روند نیز بهره‌گیری شود. به کمک نرم‌افزار ArcMap و دستور QQplot، نرمال بودن داده‌های درصد خشکیدگی خوشه خرما در منطقه نشان داده شد. سطوح روند با برآزش بهترین مدل رگرسیونی در جهت‌های جغرافیایی تجزیه و تحلیل شدند. محور X و Y نمودار سه‌بعدی (شکل ۹) به ترتیب بیانگر جهت شرق-غرب و شمال-جنوب است. نقاط قرمز رنگ نشان‌دهنده موقعیت و مقادیر متغیرهاست. خط آبی و خط سبز به ترتیب

تهیه نقشه سطحی (پهنه‌ای) میزان تراکم خسارت وارد شده به باغ‌ها

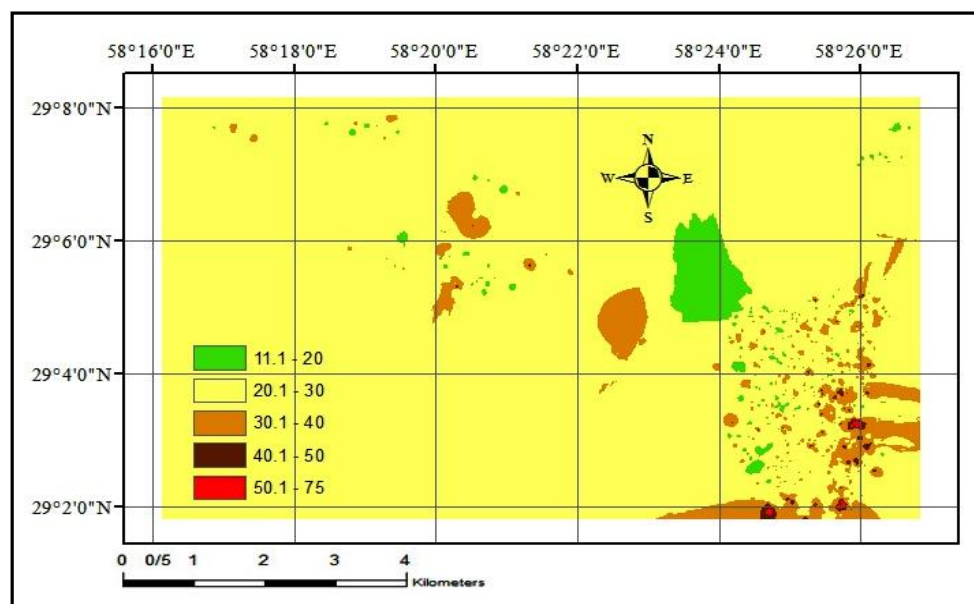
در این پژوهش، نقشه تراکم خسارت وارد شده به باغ‌ها بر اثر عارضه خشکیدگی خوشه با روش سطحی نیز تهیه شد. در نقشه نقطه‌ای، داده مربوط به صفتی خاص در کنار مختصات زمینی واقعی محل برداشت آن داده نمایش داده می‌شود و فقط اطلاعاتی در خصوص نقاط معلوم ارائه می‌کند که داده‌های آن برداشت شده است. اما در روش سطحی، داده‌های نامعین بر اساس معادلات ریاضی تخمین زده می‌شوند و بنابراین می‌توان تخمین مناسبی از تراکم و پراکنش خسارت را در نقاطی به دست آورد که اطلاعات آن در دسترس نیست. این نقشه‌ها همچنین خروجی گرافیکی و دسته‌بندی مناسب‌تری از صفات مورد مطالعه را برای تفسیر نقشه‌ها مهیا می‌کنند. شکل‌های ۶ تا ۸

نشان دهنده نوع روند در جهت‌های شمال - جنوب و شرق - غرب است. صاف بودن خط‌های آبی و سبز بیانگر نبود روند و افزایش خطی در جهت جغرافیایی خاص است، شکل سهمی (درجه ۲) خط‌های آبی و قرمز نیز به ترتیب بیانگر مدل خطی روند (درجه ۱) و مدل غیرخطی روند (درجه ۲) است (Mirzaee et al., 2016). اگر داده‌ها دارای روند باشند، می‌توان روند را با یک فرمول ریاضی بیان کرد. ابزار آنالیز روند در نرم‌افزار ArcMap بررسی وجود روند را در داده‌های ورودی و درجه چندجمله‌ای ممکن می‌کند که بیانگر روند موجود در داده‌هاست.

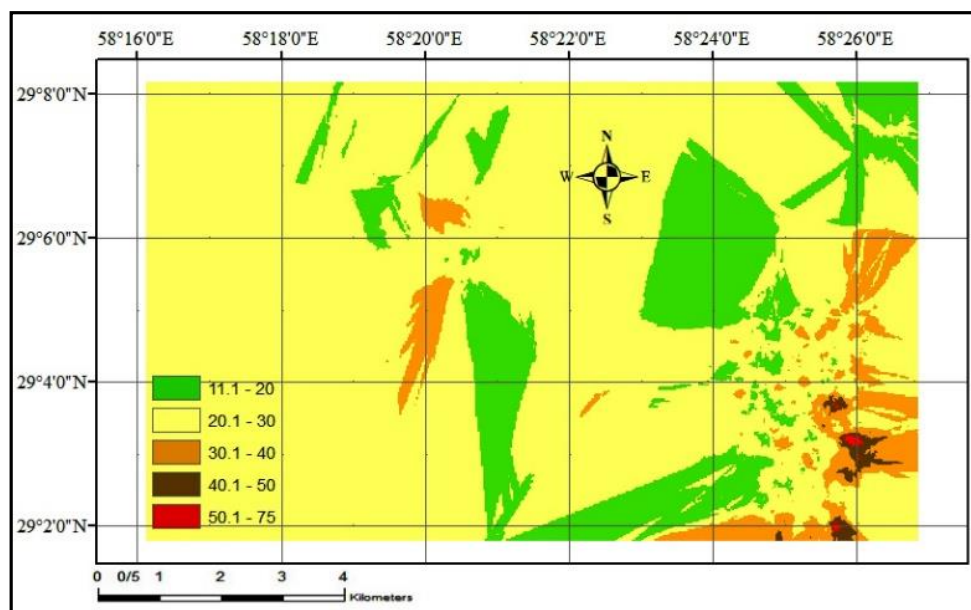
نشان دهنده نوع روند در جهت‌های شمال - جنوب و شرق - غرب است. صاف بودن خط‌های آبی و سبز بیانگر نبود روند و افزایش خطی در جهت جغرافیایی خاص است، شکل سهمی (درجه ۲) خط‌های آبی و قرمز نیز به ترتیب بیانگر مدل خطی روند (درجه ۱) و مدل غیرخطی روند (درجه ۲) است (Mirzaee et al., 2016).



شکل ۶- نقشه سطحی پراکنش و شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما (روش نزدیک‌ترین همجوار)
Fig. 6- Drying blossom of date palm distribution and severity surface map (Nearest Neighbor Method)



شکل ۷- نقشه سطحی پراکنش و شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما (روش معکوس فاصله)
Fig. 7- Drying blossom of date palm distribution and severity surface map (Inverse Distance Weighting method)



شکل ۶- نقشه سطحی شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما (روش کریجینگ)
 Figure 8- Drying blossom of date palm distribution and severity surface map (Kriging method)

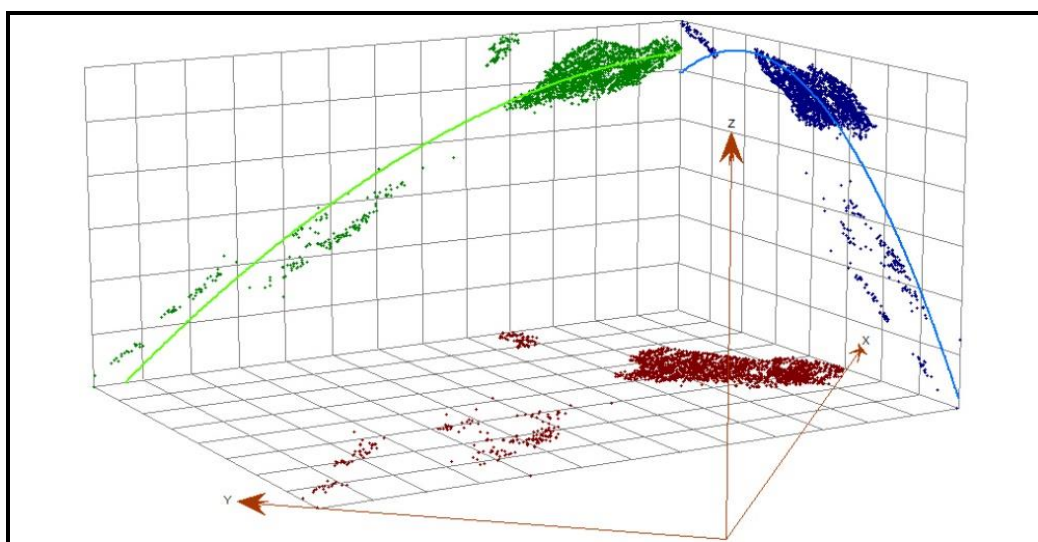
به جنوب است. با توجه به سهمی‌گون بودن هر دو نمودار سبب و آبی، می‌توان روند تغییرات خشکیدگی را در دو جهت غرب به شرق و شمال به جنوب با چندجمله‌ای درجه ۲ بیان کرد. بنابراین، بهترین مدل رگرسیونی برای نشان دادن تغییرات خشکیدگی در هر دو جهت، از نوع درجه ۲ است و تغییرات درصد خشکیدگی خوشه تابعی درجه دو از تغییرات مکان (مختصات جغرافیایی) است.

نتیجه‌گیری از شکل‌های ۶ تا ۹ آن است که شدت خسارت در باغ‌های کرانه‌های جنوبی منطقه بسیار بالاتر است تا در باغ‌های کرانه‌های نواحی مرکزی و شمال منطقه؛ (سطوح با رنگ قهوه‌ای و قرمز یعنی درصد خشکیدگی خوشه خرما بالاتر از ۴۰ درصد). مطالعات متعدد برای بررسی و شناخت دلایل خشکیدگی سرخوشه‌های خرما تاکنون به نتیجه قطعی نرسیده است. به همین دلیل، تمرکز کارشناسان برای کنترل عارضه، بر عملیات بهیابگی و استفاده از پوشش‌های مناسب برای خوشه خرماست.

محور عمودی در نمودار آنالیز روند (شکل ۹)، تعیین‌کننده محل اندازه‌گیری خشکیدگی خوشه خرما و مقدار آن است. داده‌های درصد خشکیدگی خوشه خرما روی صفحات عمود برهم، شرقی- غربی و شمالی- جنوبی، نمایش داده شده‌اند. بهترین نمودار بیانگر داده‌های ورودی، با نرم‌افزار ArcMap روی صفحات برآزش شده است که نشانگر وجود روند در جهتی خاص است. نمودار برآزش شده اگر صاف (افقی) باشد، نشانگر فقدان روند در داده‌های ورودی است و اگر دارای شیب باشد نشانگر وجود روند است. نمودار اگر یک خط شیب‌دار باشد، به معنای آن است که داده‌های ورودی روندی دارند که با یک فرمول درجه ۱ قابل بیان است اما اگر نمودار سهمی شکل باشد، وجود روند با یک فرمول درجه ۲ سازگارتر است. در شکل ۹، نمودار سبزرنگ بیانگر وجود روند در داده‌های خشکیدگی در جهت غرب به شرق و نمودار آبی رنگ بیانگر وجود روند در داده‌های خشکیدگی در جهت شمال

(Shirazi *et al.*, 2003). بنابراین، تمرکز مبارزه باید در این مناطق یعنی ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی تا ۵۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی باشد. همان‌گونه که در شکل ۸ مشاهده می‌شود، خشکیدگی خوشه در بیشتر باغ‌های آسیب‌دیده بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است و در مورد باغ‌هایی که اطلاعاتی از آنها در دست نیست، خسارت‌ها در این گستره تخمین زده می‌شود.

در مناطق جنوبی، دمای محیط بالاتر از مناطق شمالی است، باغ‌ها در معرض بادهای داغ تابستانه هستند و رطوبت هوا نیز پایین است اما باغ‌های نواحی شمالی که به کوه‌های اطراف بم نزدیک هستند در معرض دمای ملایم‌تر بوده و باغ‌ها در مسیر وزش بادهای داغ نیستند و رطوبت هوا نیز بالاتر است به همین علت خشکیدگی در باغ‌های مناطق جنوبی بیشتر از باغ‌های مناطق شمالی است (Sarhaddi, 2002; Karampoor, 2002; Poozesh-



شکل ۹- بررسی بود یا نبود روند سطحی در داده‌های خشکیدگی خوشه خرما

Fig. 9- Check for existence or absence of a surface trend in date palm drying blossom

به تنش‌های محیطی (به ویژه تنش‌های گرمایی و خشکی) صورت گرفته است، باعث کاهش عارضه شده است. به همین دلیل، در باغ‌های حاشیة جنوبی منطقه مورد مطالعه که طبق نقشه ۸، در آنجا شدت عارضه بیشتر است، باید به منظور کنترل عارضه تمهیدات ویژه‌ای اندیشیده شوند که عبارت‌اند از؛ مدیریت صحیح آبیاری، تغذیه بهینه درخت خرما، رعایت نسبت ۸ تا ۱۰ برگ به ازای یک خوشه، تنک کردن، هدایت صحیح و به‌موقع خوشه‌ها به میان و پایین برگ‌ها، پوشش‌دهی خوشه‌ها با کیسه

نتایج به دست آمده از ۲۱ پروژه تحقیقاتی در سراسر کشور نشان می‌دهد عوامل بیماری‌زای گیاهی مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها در عارضه خشکیدگی خوشه خرما دخالت ندارند و عوامل آب و هوایی به ویژه افزایش دما، کاهش ناگهانی رطوبت نسبی هوا و وزش بادهای گرم و خشک در مرحله تبدیل خارک به رطب را می‌توان عامل اصلی در بروز و تشدید عارضه معرفی کرد. از طرف دیگر، کلیه راهکارهایی که با هدف تعدیل شرایط حرارتی و رطوبتی در نخلستان و افزایش مقاومت درختان خرما

حصیری، احداث بادشکن در اطراف نخلستان‌ها، مبارزه با آفات میوه‌خوار و آسیب‌رسان به خوشه‌ها، و میانه‌کاری نخلستان‌ها با محصولاتی مانند یونجه و سورگوم (به منظور تعدیل دما و رطوبت) (Rahkhodaei, 2015). نتایج اعتبارسنجی و ارزیابی کارایی روش‌های میان‌یابی با استفاده از میانگین مربع خطا و ضریب همبستگی در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی کارایی روش‌های میان‌یابی مورد استفاده در تهیه نقشه‌های سطحی

r	ME	RMSES	RMSE	روش میان‌یابی Intrpolation Method
0.96	-0.2	0.92	5.5	نزدیک‌ترین همجوار Nearest Neighbor
0.62	0.35	0.87	5.32	معکوس فاصله Inverse Distance Weighting
0.42	0.11	0.91	5.58	کریجینگ Kriging

یافته است. از شکل‌های ۶ تا ۸ نیز می‌توان دریافت که با پیشروی از جنوب منطقه بروات به سمت شمال بم، تعداد باغ‌هایی که در آنها خشکیدگی خوشه خرما گزارش شده است کاهش چشمگیری یافته و شدت خسارت‌ها کمتر بوده است. از نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که با افزایش ارتفاع از سطح دریا، از شدت خسارت خشکیدگی کاسته شده است. دلیل این موضوع احتمالاً پایین‌تر بودن دمای محیط در این نواحی، افزایش رطوبت و نزدیک‌تر بودن به کوه‌های اطراف شهرستان بم باشد.

نتایج نشان می‌دهد میان‌یابی به روش نزدیک‌ترین همجوار دارای ضریب همبستگی بالاتری نسبت به دو روش دیگر است و مجذور خطای میانگین استاندارد آن به یک نزدیک‌تر است، بنابراین روش یاد شده نتایج بهتر و نقشه مربوط نیز کارایی مناسب‌تری برای تعیین پراکنش عارضه خشکیدگی دارد. شکل ۱۰، نقشه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ارتفاع از سطح دریا، از جنوب نخلستان‌های بروات تا شمال نخلستان‌های منطقه بم و به فاصله ۲۱/۵ کیلومتر، از ۹۷۵ متر به ۱۱۹۰ متر افزایش



شکل ۱۰- نقشه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه
Fig. 10- Height map of the study area

نتیجه گیری

پراکنش، شدت عرضه، و ارتفاع منطقه می توان به این نتیجه رسید که نخلستان هایی که در ارتفاع بالاتر از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا قرار دارند، کمتر خسارت دیده اند و با افزایش ارتفاع از سطح دریا از ۹۷۵ متر به ۱۱۹۰ متر خسارت عرضه نیز کاهش داشته است. مساحت کل نخلستان های منطقه بم و بروات، به کمک تصویر ماهواره ای سنیتل ۲، و به شیوه طبقه بندی نظارت شده محاسبه و ۳۶۴۷ هکتار برآورد شده است. دقت نتایج این طبقه بندی با معیارهای ارزیابی ماتریس خطا و ضریب کاپا تأیید شده است (صحت لی ۹۸/۲ درصد و ضریب کاپا ۰/۹۷). باغ هایی که در منطقه مورد مطالعه عارضه خشکیدگی خوشه خرما در آنها گزارش شده است بیش از ۵ درصد از کل باغ های موجود در منطقه بم و بروات هستند.

نتایج بررسی ها نشان می دهد که شدت خسارت عارضه خشکیدگی خوشه خرما در باغ های کرانه های جنوبی منطقه بسیار بیشتر است تا در مناطق مرکزی و شمال منطقه. بنابراین تمرکز مبارزه و عملیات به زراعی و به باغبانی باید در این مناطق و در مناطق و در مختصات جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی تا ۵۸ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی پی گرفته شود. درصد خشکیدگی خوشه در بیشتر باغ های خسارت دیده (۵۷/۲ درصد از کل باغ های خسارت دیده) بین ۲۰ تا ۳۰ درصد است و در ۵/۹ درصد از باغ های خسارت دیده، عارضه خشکیدگی بیش از ۴۰ درصد به ثبت رسیده است. با تفسیر نتایج نقشه های

مراجع

- Abbasi, A., Mirzaei, F., & Sohrabi, T. (2018). Exploring distribution of heavy metals in wastewater-irrigated agricultural soil using kriging method and hydrus model (case study: south of Tehran). *Iranian Journal of Health & Environment*, 11(3), 351-364. (in Persian)
- Allred, B., Daniels, J. J., & Ehsani, M. R. (2008). *Handbook of Agricultural Geophysics*. CRC Press.
- Bernardi, M. (2001). Linkages between FAO agroclimatic data resources and the development of GIS models for control of vector-borne diseases. *Acta Tropica*, 79, 21-34.
- Bouwmeester, H., Abele, S., Manyong, V. M., Legg, C., Mwangi, M., Nakato, V., Coyne, D., & Sonder, K. (2010). Potential benefits of GIS techniques in disease and pest control: an example based on a regional project in central Africa. *Acta Horticulture*, 879, 333-340.
- Cox J. S. H., & Vreysen M. J. B. (2005). *Use of Geographic Information Systems and Spatial Analysis in Area-Wide Integrated Pest Management Programmes that Integrate the Sterile Insect Technique*. In: Dyck V. A., Hendrichs J., Robinson A. (Eds.) *Sterile Insect Technique* (453-477). Springer, Dordrecht.
- Ensafi-Moghadam, T., & Rafiei-Emam, A. (2009). Climatic droughts zoning using inverse distance weighted method. *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 16(2), 274-292. (in Persian)
- Eslami, H., Salajegheh, A., Khalighi-Sigaroodi, SH., Ahmadi, H., & Ayubi, Sh. (2015). Spatial variability of rainfall erosivity indices using geostatistics in Khouzestan province. *Journal of Rain and Watershed Management*, 67(3), 393-406. (in Persian)

- Esmacili, F. (2009). *2D Projector conversion of an image, recovered image with two interpolation methods; Bilinear Interpolation and Nearest Neighbor. Geomatics National Conference*. May 5. Tehran, Iran. (in Persian)
- Ezzatabadipoor, H. (2016). *Introducing satellite sentinel-2 pictures. Third International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design*. Sep. 18. Nikan Institute of Higher Education, Tehran, Iran. (in Persian)
- Golshan, M., Ebrahimi, P., & Esmaliori, A. (2014). Choosing the best method of interpolation for the average zoning of annual temperature in Iran. *Journal of Geography and Sustainability of Environment*, 14(5), 57-71. (in Persian)
- Joshi, C., de Leeuw J., van Duren, I. C. (2004). *Remote sensing and GIS applications for mapping and spatial modelling of invasive species. XXth ISPRS Congress: Geo-imagery bridging continents*. July 12-23. Istanbul, Turkey.
- Karampoor, F. (2002). Abstract the results of plant protection research in the field of date palm killing in Iran. *Technical Report*. Hormozgan Agricultural Research Center, Iran. (in Persian)
- Karampoor, F. (2003). *Effect of water spraying, Ditan M45 and sodium diacetate on the wilting and palatal worsening effects. Summary of Articles of the Ninth Specialized Conference of Dates*. Sep. 14. Bam, Iran. (in Persian)
- Karampoor, F., & Pezhman, H. (2003). Investigating the possible involvement of fungal pathogens in the incidence or worsening of wilting and palm killing. *Research Report*, AREEO, Dates and Tropical Fruit Research Institute of the Country, No. 864/84. (in Persian)
- Karampoor, F., Farzadfar, Sh., & Eizedpanah, K. (2003). Investigating the possibility of interference of viral and viral agents in palatability. *Research Report*, AREEO, National Institute of Plant Protection.
- Minbashi, M. (2009). Surveying, identification, and preparation of mapping of weed distribution of wheat and barley farms by using Geographic Information System. *Research Report*, AREEO, Plant Protection Research Institute of Iran, Weed Research Department. (in Persian)
- Mirzaei, M., Karampoor, F., & Davoodian, A. (2002). The study of the role of palm straw management factors on the incidence of palm decay. *Research Report*, AREEO, Hormozgan Agricultural Research Center. (in Persian)
- Mirzaee, S., Ghorbani-Dashtaki, Sh., Mohammadi, J. Asadi, H., & Asadzadeh, F. (2016). Trend surface analysis and its effects on variogram modeling and mapping of some soil properties. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(1), 137-153.
- Najafinia, M., & Azadvar, M. (2002). *Isolation of fungal agents with delayed clogging complication in Jiroft, Kahnouj and Bam areas. Summary of Articles of the 8th Specialty Dates Conference*. Sep. 20. Bam, Iran. (in Persian)
- Panagopoulos, T., Jesus, J., Antunes, M., Beltrao, J. (2006). Analysis of spatial interpolation for optimising management of a salinized field cultivated with lettuce. *European Journal of Agronomy*, 24, 1-10.
- Pezhman, H. (2001). *Date Guide (Planting, Maintenance and Harvesting)*. Ministry of Agriculture-Jahad. Agricultural Education Publishing Center. (in Persian)
- Pezhman, H., & Hajian, S. (2002). Performance report of the third tropical date and tropical research institute. *Journal of Palm*, 101, 43-54.
- Pezhman, H., Roshan-Sarvestani, V., & Rahkhodaei, A. (2004). Effects of different types of thinning and cover on the wilting and worsening of Mazafati date cluster in Jiroft area. *Journal of Iranian Horticultural Science and Technology*, 5(4), 215-230.

- Poozesh-Shirazi, M. R., Khademi, R., & Dehmollaei, M. (2003). *Investigation on the effect of some meteorological factors on drying blossom of date palm in Bushehr province. Ninth Specialty Conference of Dates*. Sep. 14. Bam, Iran. (in Persian)
- Rahkhodaei, E. (2015). How to treat the wilting and drying blossom of date palm. *Research Report*. No. 472. The Dates and Semi-Tropical Fruits Research Institute, AREEO. (in Persian)
- Rahkhodaei, A., & Pezhman, H. (2007). Effect of temperature and relative humidity on the wilting and dryness of Mazafati date cluster in Jiroft area. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 8(3), 149-160.
- Saberi, A., & Soltani-Gerdefaramarzi, S. (2017). Evaluation of geostatistical methods in mapping the severity of the drought in West Azerbaijan province. *Journal of Irrigation Engineering and Water*, 27(7): 151-167.
- Sarhaddi, J. (2002). *Effect of texture and soil salinity on the drought stress condition of date cluster. Eighth Specialty Conference of Dates*. Sep. 20. Bam, Iran. (in Persian)
- Shekofteh, H., & Nikpoor, M. (2016). Effect of calcium and potassium foliar application on palatability. *Journal of Horticulture (Agricultural Science and Technology)*, 30(3), 358-365.
- Zhu, A. X. (2016). Resampling, Raster. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. Haardback*. John Wiley & Sons Inc.

Preparation of Distribution and Severity Map for Drying Blossom of Date Palm in Bam Region by Geographic Information System

M. A. Rostami*, B. Panahi, G. Baradaran and M. J. Assari

*Corresponding Author: Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Resource Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kerman, Iran. Email: marostami1351@gmail.com

Received: 21 October 2018, Accepted: 11 May 2019

Abstract

In recent years, the drying blossom of date palm caused extensive damage to a considerable part of date palm orchards of Bam and Baravat, south of Iran. Drying blossom is responsible for a large amount of product loss and has been expanding in recent years. In this study, the technology of GIS was used as a quick and easy solution for monitoring of the drying blossom of date palm. It was carried out in three stages: collecting field information from damaged orchards, feeding GIS with all collected data, and extracting required information and the maps from the system which showed the severity and distribution of drying blossom in Bam and the suburb by three methods: nearest neighbor, inverse distance weighted (IDW), and kriging. Results, upon data normalization, and the trend analysis showed that the severity of the damage in the southern coastal orchards was much higher than that in central and northern regions; the finding led us to focus on certain geographical coordinates (58 degrees and 20 minutes east longitude and 29 degrees and 4 minutes northern latitude to 58 degrees and 26 minutes east longitude and 29 degrees and 2 minutes north latitude). It has been found that the rate of drying blossom of date palm in 57.2% of the total damaged orchards were between 20-30%, and in 5.9% of the damaged gardens higher than 40%. Interpreting the results of the distribution of drying blossom on maps showed a relation between the severity of the disorder and the elevation of the area. It could be seen that the palm trees grown at altitudes above 1000 m suffered less damage; in other words, the higher the altitude, the less severity of drying blossom. The pictures received from Sentinel satellite showed that 56.2% or 2049 ha out of 3647 ha total area of palm orchards of Bam and Baravat was affected by drying blossom.

Keywords: Date Cluster, Palm Garden, Precision Farming, Sentinel-2