پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع بیماری فوزاریوم خوشه گندم با استفاده از مدل فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در استان گلستان

Risk zonation mapping of Fusarium Head Blight disease of wheat using Fuzzy and GIS model in Golestan province

هانیه نادری[۱]، میرمسعود خیرخواه زرکش[۲*]، مسعود گودرزی[۳]

دریافت: ۱۳۹۵/۱/۲۱ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۲

چکیده

در این پژوهش، نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم مورد مطالعه قرار گرفت و مدل حاصل با نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده از گزارشات ایستگاه‌های تحقیقاتی گیاه‌پزشکی در استان گلستان با روش منطق فازی مقایسه شد. به این منظور میانگین معیارهای رطوبت، دما و بارش به مدت ۴۵ روز در بازه زمانی رشد گندم پاییزه در مرحله ۶۵ مقیاس زادوکس تعیین شد. با توجه به نظر بیماری شناسان گیاهی و زمان وقوع بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم در استان گلستان، در بازه زمانی اواسط فروردین تا اواخر اردیبهشت ماه برای هر سه روز یک پهنه‌بندی تهیه شد. در مجموع ۱۵ نقشه پهنه‌بندی ارایه و مناطق مستعد بیماری در این مدل مشخص گردید. پهنه‌بندی در چهار طبقه بی‌خطر (۲۵٪-۰)، کم‌خطر (۵۰٪-۲۶٪)، خطرناک (۷۵٪-۵۱٪) و پرخطر (۱۰۰٪-۷۶٪) طبقه‌بندی شد و نتایج با استفاده از روش کاپا مورد اعتبارسنجی قرار گرفت. نتایج نشان داد که وقوع و شیوع بیماری از نیمه دوم فروردین تا اواسط اردیبهشت ماه در صورت قرار داشتن خوشه‌ها در مرحله رشدی حساس به بیماری در مناطق تعیین شده با اعتبارسنجی بیش از ۷۶ درصد قابل پیش‌بینی است. این درحالی است که در این بازه زمانی علایم بیماری در خوشه‌ها قابل تشخیص نیستند. نتایج تحقیق حاضر، برای محققین و کارشناسان امر در زمینه پیش آگاهی و تصمیم‌گیری به موقع برای اعمال بهترین روش‌های مدیریت بیماری مفید خواهد بود.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، روش منطق فازی، فوزاریوم خوشه گندم (FHB)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه RS-GIS دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: kheirkhah@itc.blue

مقدمه

بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم یکی از بیماری‌های مخرب است که هرساله میلیون‌ها دلار خسارت بر غلات کشت شده در سراسر جهان وارد می‌کند. علاوه بر کاهش قابل توجه تولید غلات ناشی از این عامل بیمارگر قارچی، هزینه‌های مربوط به کنترل بیماری نیز بسیار شدید هستند (Parry *et al.,* 1995). با توجه به اهمیت استراتژیک گندم و خسارات ناشی از بیماری فوزاریوم خوشه گندم و عوامل مؤثر در شیوع آن، ارایه مدل پهنه‌بندی نقش بسیار مهمی در پیش آگاهی بیماری و مصرف به هنگام قارچ‌کش‌های مربوط دارد. بر اساس مطالعات انجام شده وقوع و همه‌گیری بیماری در شرایط آب و هوایی با رطوبت نسبی بیش از ۷۰٪ و میانگین دمای شبانه روز ۲۲-۱۴ درجه سلسیوس اتفاق می‌افتد (Shah *et al.,* 2014). پس از وقوع بیماری گسترش آن در هر خوشه اهمیت زیادی در شیوع بیماری دارد به‌طوری که دمای مطلوب برای رشد و گسترش عامل بیماری ۲۵-۱۴ درجه سلسیوس تعیین شده است (Shah *et al.,* 2014). هم چنین مطالعات رسی و همکاران (Rossi *et al*., 2001) نشان‌دهنده این است که، رطوبت نسبی در محدوده ۱۰۰-۶۵ درصد و بارش ۷۲-۴ ساعت و یا مقدار بیش از ۰/۲ میلی‌متر در شبانه روز، شرایط مساعد برای ایجاد بیماری را فراهم می‌کند. بر اساس طبقه‌بندی زادوکس (Zadoks *et al.,* 1974) خوشه‌های گندم در مراحل تشکیل پرچم (مرحله رشدی ۶۱ زادوکس) تا شیری شدن (مرحله رشدی ۶۵ زادوکس) نسبت به بیماری حساس هستند (Sutton, 1982). مناطق انتشار بیماری، عوامل اصلی ایجاد بیماری و اهمیت آن‌ها در استان گلستان توسط شریفی و همکاران تعیین شده است (Sharifi *et al.*, 2016).

براساس نظریه مجموعه فازی عضویت اعضإ در مجموعه به صورت کامل نبوده و درجه عضویتی هر کدام بین صفر تا یک می‌باشد. براین اساس مجموعه‌ای در نظر گرفته می‌شود که اعضای آن، واحدهای هر کدام از نقشه‌های پایه بوده و معیار عضویت در مجموعه مناسب برای مکان‌یابی و درجه عضویت بین صفر و یک می‌باشد (Zadeh, 1965).

حجم بالای داده‌ها و کاربردهای روز افزون آن‌ها در نظام‌های مختلف در ارتباط با زمین، مانند منابع طبیعی، محیط زیست، خاک، معادن و کشاورزی از یک سو و ماهیت تغییرپذیری آن‌ها در بعضی از موارد مانند محیط زیست و منابع طبیعی از سوی دیگر ضرورت استفاده از ابزارهای کمکی و روش‌های نوین را مطرح ساخته‌اند. توسعه و تکامل بسیار سریع فناوری کامپیوتری در دو دهه اخیر، امکانات و تسهیلات فنی بسیار زیادی را در رابطه با پردازش هندسی و گرافیکی داده‌های مرتبط با زمین و سازمان‌دهی، مدیریت و بکارگیری اطلاعات موضوعی را به طور مجزا فراهم ساخته است. ضرورت در اختیار داشتن و بکارگیری تسهیلات فوق به طور یکپارچه و توأمان در رابطه با داده‌های زمینی، منجر به طراحی و ایجاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی گردیده است. سیستم اطلاعات جغرافیایی Geographic Information systems (GIS)، سیستم کامپیوتری هستند که جهت ذخیره و بکارگیری اطلاعات جغرافیایی از آن‌ها استفاده می‌شود (Aronoff, 1986). مهم‌ترین هدف GIS، دستیابی به روش‌های استراتژیک در بکارگیری اطلاعات جغرافیایی به منظور تقویت فرآیند تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی می‌باشد و هم چنین با ارزیابی و بررسی تغییرات پدیده‌های جغرافیایی در طول زمان در تشخیص بحران‌های احتمالی از سرعت بالایی برخوردار است.

با توجه به اینکه امنیت لازم برای تأمین مواد غذایی همواره یکی از مهم‌ترین مسائل کشورهای در حال توسعه بوده است، امروزه برای بهبود بازده محصولات، کاهش خطر خسارات و هم چنین بکارگیری تکنولوژی نوین مانند پهبادها برای مدیریت بهینه مزرعه، دسترسی به داده‌های مکانی برای هر مزرعه، امری ضروریست (Molden *et al*., 2007). گندم به عنوان یکی از محصولات استراتژیک کشاورزی و غذای اصلی اغلب مردم جهان، منبع مهم درآمد کشورها محسوب می‌شود، در عین حال زراعت این محصول نسبت به سایر محصولات ساده‌تر بوده و تطابق بیش‌تری با شرایط مختلف آب و هوایی دارد (خدابنده، ۱۳۸۹؛ دستان و داداشی، ۱۳۹۳) و (Shuanghe *et al.,* 2009). آگاهی از شرایط رشد این محصول و انتخاب مکان‌های مناسب، جهت کاشت آن و

دست‌یابی به بیش‌ترین عملکرد در واحد سطح و کاهش خسارت‌های ناشی از آفات و بیماری‌ها از اهداف مهم محسوب می‌شود.

بیش از ۴۰ مدل آب و هوایی براساس پیش‌بینی وقوع بیماری‌های گیاهی در آلمان ارایه شده و کاربرد آن در مؤسسه مرکزی سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری Decision support Systems (DSS)، به منظور حفاظت از محصول با موفقیت همراه بوده است (Racca *et al.,* 2011). در خصوص پیش‌آگاهی وقوع بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم در ایالات متحد آمریکا، کانادا و آلمان مدل‌های متعددی ارائه شده است. از آن‌جایی که پس از وقوع علائم بیماری امکان کنترل بیماری تقریباً وجود ندارد، لذا تنها راه کنترل بیماری، سم‌پاشی مزرعه در زمان گلدهی با توجه به مدل‌های پیش‌آگاهی بیماری می‌باشد (Van Maanen *et al.,* 2003; Dewolf *et al*., 2004). دن و همکاران (Dan *et al*., 2016) در یکی از استان‌های ساحلی ژاپن، تکنیک‌های GIS و سنجش از دور را برای ارزیابی دقیق سازگاری انواع مختلف برنج مقاوم به شوری را به کار بردند.

در ایران صفایی و علیزاده (۱۳۸۵) با استفاده از مدل پیش آگاهی بیماری فوزاریوم خوشه گندم و داده‌های جمع‌آوری شده از مزارع گندم استان گلستان، مدلی برای پیش‌بینی مقدار بیماری در استان پیشنهاد کردند که میزان اعتبار آن به صورت کاربردی تعیین نشده است. در پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم، دماوندی و همکاران (۱۳۸۹) مقاله‌ای تحت عنوان "پهنه‌بندی مناطق مناسب کشت گندم دیم در استان زنجان با استفاده از GIS" به منظور شناخت و درجه‌بندی پتانسیل تولید اراضی برای کشت گندم دیم و شناسایی مناطق مستعد دیم و پراکنش آن‌ها انجام شد. در این مطالعه اطلاعات خاک و اراضی، توپوگرافی و داده‌های هواشناسی از جمله نوع اقلیم، متوسط بارندگی و متوسط دما در استان زنجان مورد استفاده قرار گرفت. همچنین محمدپور و حسینی (۱۳۸۹) پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم استان کردستان بر اساس عناصر اقلیمی را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. این تحقیق با هدف تعیین نواحی مستعد کشت گندم دیم در استان کردستان از طریق تلفیق عناصر اقلیمی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی صورت گرفت. کمالی و همکاران (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم را در استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS به منظور شناخت و درجه‌بندی پتانسیل اراضی کشت گندم دیم و پراکنش آن‌ها انجام دادند. کاظمی و همکاران (۱۳۹۲) پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی اراضی استان گلستان را جهت کشت سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام دادند و با مطالعات بوم‌شناختی پتانسیل محیطی را در مناطق مختلف مشخص کردند. امیدی قلعه‌ای و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از عناصر اقلیمی و سیستم اطلاعات جغرافیایی و با بهره‌گیری از نیازهای رویشی گندم دیم در استان کرمانشاه با دو روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی، نقشه نهایی پتانسیل اقلیمی مناسب گندم در سطح استان بررسی شد. ادغام سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور برای نقشه‌برداری و مدل‌سازی عوامل مؤثر بر تنوع قارچ‌های بیماری‌زا در مزارع گندم نیز صورت گرفته است. این تحقیق به رابطه بین تنوع زیستی قارچ‌های بیماری‌زا با عوامل (آب و هوا، توپوگرافی و خاک) قرار داشت، بررسی شده است. نتیجه آن نقشه‌هایی برای تشخیص مناطق آسیب‌پذیر به قارچ‌های بیماری‌زا به منظور تعیین مناطق پرخطر می‌باشد (Lorestani *et al.,* 2013).

با توجه به اهمیت و ماهیت این بیماری و عدم وجود داده‌های مربوط به پهنه‌بندی مناطق مستعد این بیماری در ایران، تحقیق حاضر با تأکید بر پهنه‌بندی به روش مدل فازی اجرا شد.

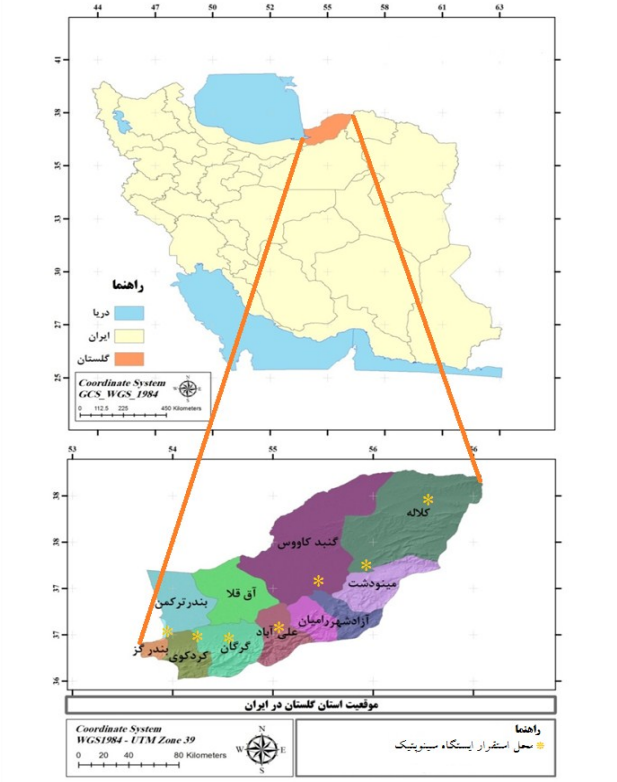
مواد و روش‌ها

داده‌های مکانی

داده‌های مکانی به کار برده شده در این پژوهش به ترتیب شامل نقشه کاربری اراضی، نقشه تقسیمات سیاسی استان گلستان و موقعیت مکانی ایستگاه‌های سینوپتیک می‌باشند.

منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸/۳۱ کیلو مربع، ۱/۳ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۳۱ دقیقه و ۴ ثانیه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ در بخش شمالی کشور واقع شده است (شکل ۱) (شاهکویی، ۱۳۸۰).



شکل ۱- موقعیت استان گلستان در ایران، شهرستان‌های مربوط و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک

Fig. 1. Situation of Golestan province in Iran, related cities and location of synoptic stations

داده‌های اقلیمی

داده‌های اقلیمی مورد نظر با توجه به ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان گلستان (جدول ۱) از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. اطلاعات مربوط به رطوبت و دما در بازه زمانی سه ساعتی و اطلاعات بارش روزانه از ایستگاه‌های سینوپتیک، همراه با طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع آن مربوط به سالهای ۲۰۱۱ الی ۲۰۱۳ میلادی دریافت شد.

جدول ۱- فهرست ایستگاه های سینوپتیک استان گلستان (منبع سازمان هواشناسی کشور)

Table 1. Synoptic station list of Golestan province (source of weather organization)

کد ایستگاه Station code	ایستگاه سینوپتیک Synoptic Station	استان Province	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع Altitude
99242	Bandar-e-Torkaman	Golestan	36.9	54.06667	0
99241	Gorgan(Hashemabad)	Golestan	36.85	54.26667	13.3
88113	Kalaleh(Airport)	Golestan	37.385	55.45944	128.8
99240	Gonbad-e-kavus	Golestan	37.267	55.21278	37.2
99300	Aliabad-e-katul	Golestan	36.9	54.88333	184
40738	Gorgan	Golestan	36.905	54.41361	0
40721	Maravehtappeh	Golestan	37.801	55.94333	460

مراحل رشد گیاه

در این پژوهش با توجه به زمان کاشت و مراحل رشدی گیاه، مرحله حساس به بیماری با توجه به جدول زادوکس، مرحله ۶۱ الی ۶۹ تعیین و بازه زمان مربوط، با در نظر گرفتن وسعت استان گلستان و تغییرات آب و هوایی از ۱۷ فروردین تا ۲۸ اردیبهشت در نظر گرفته شد.

تهیه سوابق بیماری در مناطق مورد مطالعه

برای تهیه نقشه‌های مناطق مسبوق به آلودگی، از اطلاعات موجود در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان و ایستگاه‌های تابع استفاده شد.

روش تحقیق

با توجه به مطالعات و منابع، سه فاکتور رطوبت نسبی، دما و میزان بارش به عنوان عوامل اصلی دخیل در وقوع و گسترش بیماری فوزاریم خوشه گندم به صورت میانگین سه روزه در نظر گرفته شد (Rossi *et al*., 2001). سپس با تهیه اطلاعات ثبت شده از ۷ ایستگاه سینوپتیک استان گلستان و در نظر گرفتن مختصات جغرافیایی هر ایستگاه در سیستم Universal Transverse Mercator (UTM)، داده‌ها به نرم‌افزار Arc GIS 10.3 انتقال داده شد. برای تهیه نقشه‌های اقلیم، رطوبت نسبی، دما و میزان بارش مربوط به میانگین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ در بازه زمانی ۱۷ فروردین تا ۲۸ اردیبهشت ماه با توجه به مرحله تشکیل گل در خوشه‌ها و ظهور بساک پرچم‌ها در سنبلچه‌ها تا پایان گل‌دهی (بر اساس جدول زادوکس مرحله ۶۱ تا ۶۹) در کاشت پاییزه گندم که حساس‌ترین زمان استقرار و توسعه بیماری است، در نظر گرفته شد. بر اساس داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی مورد نظر، داده‌های نقطه‌ای دما، میزان بارش و رطوبت نسبی با روش Inverse Distance Wighted (IDW) درون‌یابی و به سطح تعمیم داده شد.

آماده‌سازی لایه‌ها برای مدل‌سازی

در این تحقیق با توجه به سه معیار ذکر شده که روند افزایشی آن‌ها خطر ریسک را بالا می‌برد، برای تعریف درجه عضویت و فازی‌سازی لایه‌ها از تابع large استفاده شد، برای پهنه‌بندی نهایی و تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و حساسیت خیلی کم عملگر جمع فازی از عملگر Gamma Fuzzy با ضریب ۰/۹ استفاده شد. نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم تهیه و نقشه‌های مذکور در چهار طبقه بی‌خطر، کم‌خطر، خطرناک و پرخطر طبقه‌بندی شد.

نقشه پراکنش وقوع بیماری

برای تعیین اعتبار مدل پهنه‌بندی تهیه شده، مدل با نقشه تهیه شده از پهنه‌بندی وقوع بیماری فوزاریوم خوشه گندم مبتنی بر مستندات و گزارشات موجود در مراکز تحقیقاتی و خدمات کشاورزی مستقر در سطح استان مقایسه گردید تا صحت آن با روش ضریب کاپا ارزیابی شود. به همین منظوربر اساس نقشه جغرافیایی استان گلستان با در نظر گرفتن سطح زیر کشت گندم، به صورت تصادفی یک مزرعه حدوداً یک هکتاری در هر یک از شهرهای استان مربوط انتخاب و بررسی شد و تعداد مزارع آلوده و درصد بیماری در منطقه، براساس رابطه زیر تعیین گردید.

۱۰۰ × (تعداد کل مزارع بررسی شده / تعداد مزرعه آلوده به بیماری) = درصد نسبی مزارع آلوده به بیماری

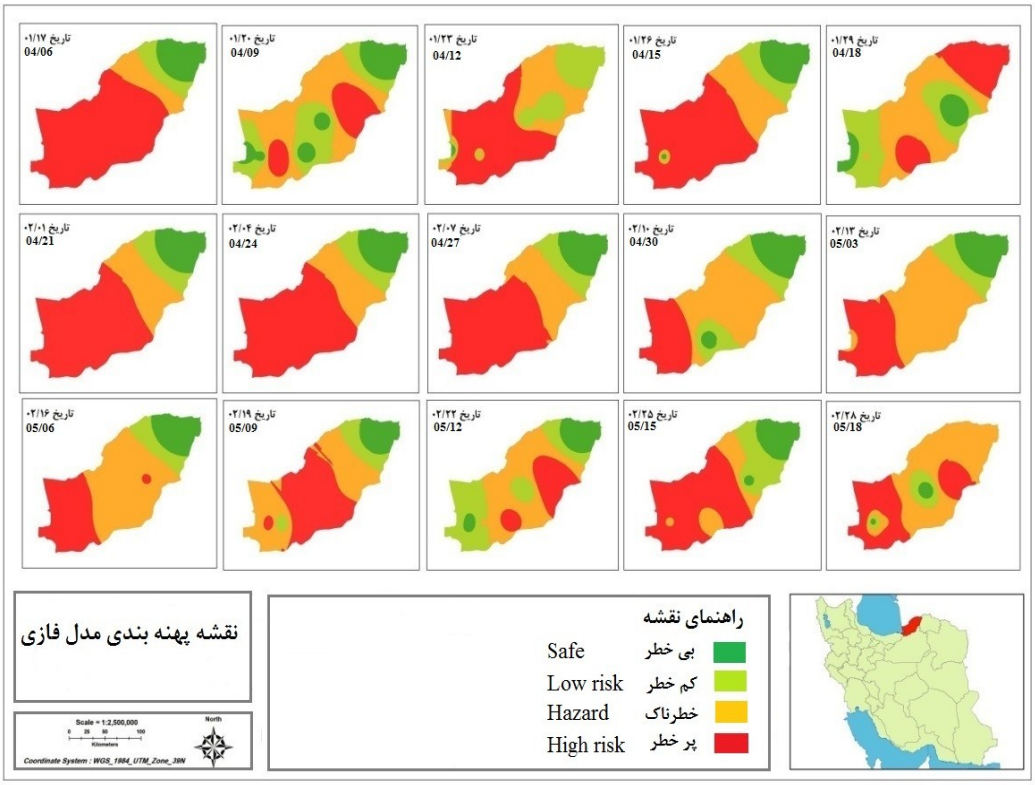
بررسی و ارزیابی صحت مدل

با توجه به این که ارزیابی نتایج بدست آمده از مدل پهنه‌بندی با روش ضریب کاپا امکان‌پذیر می‌باشد. لذا نقاط تصادفی در نقشه پایه (داده معلوم یا واقعیت زمینی) انتخاب شد. مقایسه آن‌ها به صورت نقطه به نقطه با نقاط متناظر در نقشه به دست آمده انجام شد. سپس برای داده‌های به دست آمده ماتریس خطا تشکیل شد. در این

ماتریس، ستون‌ها به داده‌های واقعی و سطرها به داده‌های نقشه ارایه شده اختصاص داده شد (جدول ۳). پس از تعیین عوامل مؤثر در وقوع و شیوع بیماری، اطلاعات دما، رطوبت نسبی و میزان بارش، تعیین و میانگین سه روز برای هر سه فاکتور لحاظ شد. سپس هر لایه با داده‌های نقطه‌ای با هدف تعمیم دادن اطلاعات به سطح، با روش IDW درون‌یابی شد. با آگاهی از مراحل رشد گندم و هم چنین حساس‌ترین زمان آلودگی گیاه به بیماری از زمان گلدهی و گرده‌افشانی تا مرحله خمیری شدن و هم‌چنین با توجه به زمان کاشت گندم (پاییز)، زمان در نظر گرفته شده برای پهنه‌بندی از تاریخ ۱۷ فروردین تا ۲۸ اردیبهشت (6 April- 18 May) مد نظر قرار گرفت.

نتایج

بر اساس نتایج به دست آمده پانزده نقشه پهنه‌بندی در مدل فازی از روند شرایط محیطی، با در نظر گرفتن طبقه‌بندی در چهار کلاس به دست آمد (شکل ۲).



شکل ۲- طبقه‌بندی مناطق مستعد بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم با مدل فازی

Fig. 2. Classification of susceptible areas of *Fusarium* spp. of wheat cluster with fuzzy model

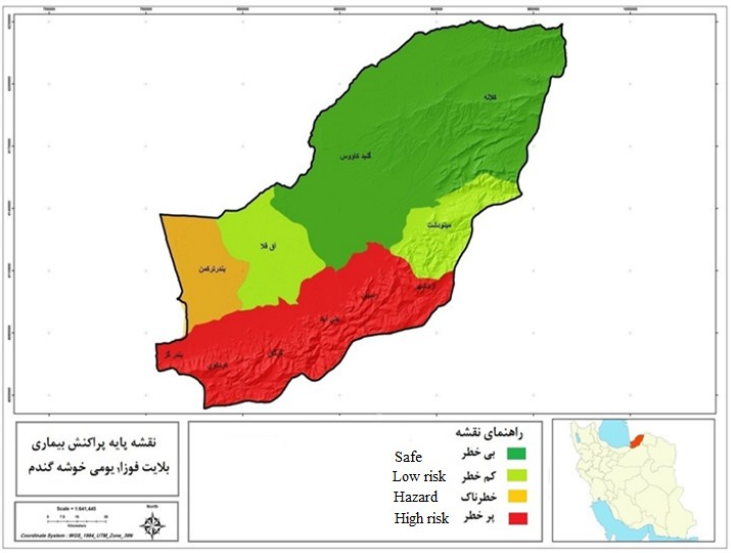
نقشه پراکنش بیماری براساس گزارشات موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور (جدول ۲) و درصد مزارع آلوده به بیماری به تفکیک شهرستان‌های استان گلستان و نظر کارشناسان ایستگاه‌های مربوط به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. این منطقه در چهار کلاس بی‌خطر، کم‌خطر، خطرناک و پرخطر طبقه‌بندی شد و براساس طبقه‌بندی مذکور نقشه آن نیز تهیه شد (شکل ۳ و جدول ۳).

در این پژوهش ۱۰۰ نقطه به‌صورت تصادفی در نقشه پایه در نظر گرفته شد که صحت آن با مدل ارائه شده در ماتریس خطای ضریب کاپا در محیط اکسل سنجیده شد. مدل فازی با صحت ۷۶ درصد و ضریب کاپای ۰/۷ اعتبار آن به‌دست آمد (جدول ۴).

جدول ۲- میانگین درصد مزارع آلوده در مناطق مورد بررسی

Table 2. Average percentage of infected fields in the studied areas

Cities in Golestan Province	شهرستان‌های استان گلستان	سطح زیر کشت (هکتار) Under cultivation area (Hectare)	گزارش آلودگی Pollution report	درصد آلودگی Percentage of contamination
Gorgan	گرگان	250025	24	96
Kordko	کردکو	12038	10	83
Aliabad	علی آباد	22610	18	81
Azadshahr	آذرشهر	10052	8	80
Gonbad-e-kavus	گنبدکاووس	28615	4	14
Ramiyan	رامیان	13070	10	76
Minodasht	مینودشت	11678	4	45
Bandar-e-Torkaman	بندرترکمن	2800	2	67
Agh ghala	آق قلا	21140	6	28
Bandar-e-gaz بندر	گز	3100	3	100
Kalaleh	کلاله	9560	1	10



شکل ۳- نقشه پراکنش بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم در استان گلستان

Fig. 3. Distribution map of *Fusarium* spp. Of wheat cluster in Golestan province

جدول ۳- طبقه‌بندی نقشه پراکنش بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم در منطقه در چهار طبقه

Table 3. Classification of distribution map of *Fusarium* spp. Of wheat cluster in four-story area

کد طبقه code	درصد آلودگی Percentage of contamination	Class	کلاس	Cities	شهرستان‌ها
1	0-25	Safe	بی‌خطر	Kalaleh, Gonbad-e-kavus	کلاله، کنبد کاووس
2	26-50	Low risk	کم‌خطر	Agh ghala, Minodasht	آق قلا، مینودشت
3	51-75	Hazard	خطرناک	Bandar-e-Torkaman	بندر ترکمن
4	76-100	High risk	پرخطر	Kordko, Aliabad, Azadshahr, Ramiyan, Gorgan, Bandar-e-gaz	کردکو،علی آباد آذرشهر،رامیان گرگان، بندر گز

جدول ۴- ماتریس خطای ضریب کاپا مدل فازی

Table 4. Fuzzy Kappa coefficient error matrix

Class	کلاس	بی‌خطر Safe	کم‌خطر Low risk	خطرناک Hazard	پرخطر High risk	جمع Total	صحت کار Correctness
Safe	بی‌خطر	24	4	2	5	35	68.58
Low risk	کم‌خطر	0	10	2	4	16	62.50
Hazard	خطرناک	0	0	0	3	3	0
High risk	پرخطر	0	0	4	42	46	91.30
Total	جمع	24	14	8	54	100	
Correctness	صحت	76					
Kappa coefficient	ضریب کاپا	0.72					

با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان منطقه شمال شرقی استان گلستان را منطقه‌ای بی‌خطر و قسمت میانی را از کم خطر تا خطرناک متغیر و در قسمت جنوب غربی، پرخطر دانست.

بحث

آب و هوای استان گلستان تحت تأثیر عوامل گوناگونی مانند عرض جغرافیایی، ارتفاع، امتداد رشته کوه‌های البرز، نزدیکی به دریا، بیابان ترکمنستان و نیز جلگه سیبری در شمال روسیه، وزش بادهای محلی و ناحیه‌ای، جابه جایی توده‌های هوایی شمالی و غربی و پوشش متراکم جنگلی از تنوع زیادی برخوردار است. از میان عوامل یاد شده، سه عامل رشته کوه‌های البرز (رشته کوه‌های جنوب و شرق استان)، توده‌های هوا و مجاورت با دریای خزر، نقش عمده‌ای در شکل‌گیری و تنوع آب و هوا ایفا می‌کنند. تغییرات ارتفاع در استان که از سطح دریا تا حدود ۴۰۰۰ متر را شامل می‌شود، سبب تنوع پراکندگی مکانی دما و بارش شده است. وجود رطوبت فراوان و برخورد آن به ارتفاعات موجب صعود و سردی هوا و در نتیجه بارندگی می‌شود (شاهکویی،۱۳۸۰).

مناطق جنوب استان گلستان، از شهرستان بندر گز تا مینودشت، بیش‌ترین بارش و کم‌ترین دما را دارند، که با نزدیک به ارتفاعات البرز با وجود پوشش جنگلی مناسب، نسبت به سایر نواحی استان، تغییرات محسوسی در آب وهوا دیده می‌شود، به‌طوری که در زرین‌گل، رامیان، فاضل‌آباد و ناهارخوران گرگان میزان بارندگی افزایش می‌یابد. در حالی که در قسمت‌های شمال و شرق استان گلستان به علت دور بودن از دریای خزر، کاهش ارتفاعات البرز شرقی و نزدیکی به بیابان‌های ترکمنستان تغییرات محسوسی در آب و هوا دیده می‌شود، از جمله خشکی و گرمای هوا تشدید می‌گردد و به تدریج شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک و خشک حاکم می‌شود که می‌توان به شهرهایی از جمله کلاله، گنبدکاووس و آق‌قلا اشاره نمود. روند افزایشی دما از غرب به شرق و از جنوب به شمال کاملاً مشهود است و روند کاهشی بارش نیز از غرب به شرق و از جنوب به شمال حکم‌فرما است. هم چنین روند رطوبت نیز با بارش رابطه مستقیم داشته و با توجه به خصوصیات سه فاکتور اصلی، انواع آب و هوای نیمه مرطوب معتدل، مرطوب معتدل، نیمه‌خشک و نیمه‌خشک معتدل را می‌توان مشاهده کرد. با توجه به شرایط اقلیمی موجود در استان گلستان و تنوع آب و هوایی آن و همچنین در نظر گرفتن فاکتورهای وقوع بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم، بی‌خطر بودن منطقه شمالی استان و پرخطر بودن قسمت جنوبی قابل توجیه است.

با در نظر گرفتن جدول زادوکس و کشت پاییزه، زمان گلدهی از اواخر فروردین ماه تا اوایل اردیبهشت ماه می‌باشد، که این پهنه‌بندی با توجه به وسعت اقلیم منطقه گلستان در هر منطقه متغیر است. لزوم تهیه سری‌های زمانی پهنه‌بندی در منطقه و مطابقت با زمان گلدهی و آگاهی از شرایط محیطی مناسب برای شروع بیماری، می‌تواند در پیشگیری و استفاده به موقع از سموم قارچ‌کش مفید باشد.

نتایج نشان داد که نقشه‌های به‌دست آمده در بازه زمانی تعیین شده قادر به تفکیک مناطق مستعد از مناطق

غیرمستعد به بیماری است. هر چند بعد از نیمه اول اردیبهشت ماه، بیماری در مناطق مستعد فقط در خوشه‌ها گسترش می‌یابد، نقشه‌های مربوط به نیمه دوم اردیبهشت ماه نشان‌دهنده پتانسیل گسترش و شیوع بیماری در منطقه است. در این زمان علائم بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم کاملاً مشهود بوده و استفاده از قارچ‌کش‌ها در این مقطع زمانی کاملاً بی‌فایده است و موجب اتلاف هزینه و آلودگی زیست محیطی در منطقه می‌شود. تحقیقات مشابه در کشور آلمان توسط راکا و همکاران (۲۰۱۱) نیز با هدف حفاظت از محصول و محیط زیست انجام و مدل‌هایی برای پیش‌بینی وقوع برخی از بیماری‌های گیاهی ارایه شده که با موفقیت همراه بوده است.

در ایالات متحده آمریکا، پرتال www.wheatscab.psu.edu (۲۰۱۷) قادر به پیش‌بینی بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم با صحت حدود ۸۰ –۷۰ در صد وقوع بیماری است. این در حالی است که نقشه‌های پهنه‌بندی ارایه شده در تحقیق حاضر با استفاده از مدل فازی با صحت ۷۶٪ قادر به پیش‌بینی وقوع این بیماری در مناطق مورد بررسی در استان گلستان است.

با توجه به بررسی‌های کتابخانه‌ای و میدانی عوامل مؤثر در پهنه‌بندی بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم مشخص شد. رطوبت نسبی، میانگین دمای روزانه منطقه و میزان بارش عوامل اصلی وقوع و گسترش بیماری در خوشه‌های گندم در مزارع به شمار می‌روند. در این تحقیق عوامل مذکور در پهنه‌بندی این بیماری مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس نظر کارشناسان بیماری‌شناسی گیاهی و مقالات مرتبط، (Sharifi *et al.*, 2016)، (Shah *et al.*, 2014) و (Rossi *et al*., 2001) رطوبت، دما و بارش به ترتیب بیش‌ترین اثر را در وقوع و گسترش بیماری نشان می‌دهد. در این مطالعه، نقشه‌های به دست آمده در بازه زمانی ۴۵ روز، ۱۵ پهنه‌بندی در چهار کلاس قابل مشاهده است.

نتایج پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع بیماری بلایت فوزاریومی خوشه گندم نشان داد که قسمت جنوب و جنوب غرب سواحل دریای خزر در استان گلستان از مناطق پرخطر و قسمت شمال شرقی از جمله کلاله جزو مناطق بی‌خطر تا کم‌خطر محسوب می‌شود. این نقشه‌ها می‌تواند به کارشناسان کمک کند تا مناطق و زمان آسیب‌پذیری به گندم را تعیین کنند و با مدیریت زمان کاشت و یا استفاده از قارچ‌کش‌ها در زمان مناسب به کاهش خسارات ناشی از بیماری و هم چنین کاربرد به موقع از سموم در حفاظت از محصولات زراعی و زیست محیطی نقش مهمی را ایفا کند. نتایج حاضر قابلیت پهنه‌بندی و استفاده در پیش‌بینی بیماری مذکور، در مناطق کشت گندم در استان گلستان را با قطعیت ۷۶٪ دارا است. لذا روش فازی روشی کارآمد در پهنه‌بندی مناطق مستعد به این بیماری است و کاربرد نتایج آن در روش‌های پیش آگاهی و مدیریت تلفیقی بیماری، دقت، سرعت و عملکرد کارشناسان امر را بیش‌تر خواهد کرد.

تشکر و قدر دانی

نگارندگان از همکاری کارشناسان محترم سازمان فضایی ایران، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور و پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کمال تشکر را دارند.

منابع **References**

امیدی قلعه‌ای محمدی، م.، خراج‌پور، ح.، قادری، ف. و امیدی قلعه‌ای محمدی، ش. ۱۳۹۵. استفاده از مدل فازی در پتانسیل‌یابی کشت گندم دیم در استان کرمانشاه، پنجمین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم جغرافیا و برنامه‌ریزی، معماری و شهرسازی، تهران، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار، ۸ صفحه.

خدابنده، ن. ۱۳۸۹. غلات. چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۳۸ صفحه.

دستان، س. و داداشی رودباری، ع. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی زراعی- اقلیمی اراضی کشاورزی مازندران برای کشت گندم دیم با مجموعه (AHP). استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مقالات سیزدهمین همایش علوم زراعت و اصلاح

نباتات ایران و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران .انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۴ الی ۶ شهریور، کرج، ایران.

دماوندی، ع.، طاهری، م.، اسماعیلی، م. و خلفی، ج. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی مناطق مناسب کشت گندم دیم در استان زنجان با استفاده ازGIS. فن‌آوری‌های نوین کشاورزی، ۱۳۸۹(۱): ۸۹-۸۱.

دودانگی، م. و ملاغلامعلی، م. ۱۳۹۳. سالنامه آماری استان گلستان، معاونت آمار و اطلاعات. انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان، ۷۱۲ صفحه.

شاهکوئی، ا. ۱۳۸۰. بررسی نقش اقلیم در برنامه‌ریزی گردشگری استان گلستان. نشریه سازمان جغرافیائی نیروهای مسلح، ۲۰ (۷۹): ۵۲-۵۷.

صفایی، ن. و علیزاده، ع. ۱۳۸۵. ارزیابی مدل‌های زمانی پیشرفت بیماری بلایت فوزاریومی سنبله گندم و ارائه یک مدل پیش آگاهی برای آن در استان گلستان. فصلنامه بیماری‌های گیاهی، (۴۲): ۶۱۷- ۵۹۲.

کاظمی، ح.، طهماسبی سروستانی، ز.، کامکار، ب.، شتایی، ش. و صادقی، س. ۱۳۹۲. پهنه‌بندی زراعی – بوم شناختی اراضی استان گلستان جهت کشت سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳ (۴): ۷۸-۶۲.

کمالی، غ. ع.، ملائی، پ. و بهیار، م. ب. ۱۳۸۹. تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی وGIS. نشریه آب و خاک، ۲۴(۵): ۹۰۷-۸۹۴.

محمدپور، ک. و حسینی، س. ا. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت گندم دیم در استان کردستان بر اساس عناصر اقلیمی با استفاده ازسیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) ، همایش کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی محیطی، خرم‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد.

Anonymous, 2017. Fusarium head blight predication center. US Commentary, www.wheatscab.psu.edu.

Aronoff, S. 1986. Geographic Information System: A management perspective. WDL Publications, Ottawa, 290 pp.

Dan, T. T., Trinh, T. T. N., Minh, V. Q. and Van, H. N. 2016. Adaptability zoning for salty-tolerant rice varieties in soc trang prefecture by using GIS and remote sensing. Journal of Geological Resource and Engineering, 3: 142-150.

Dewolf, E., Lipps, P., Miller, D., Knight, P., Molineros, J., Francl, L. and Madden, L. V. 2004. Evaluation of prediction models for wheat Fusarium head blight in the US. 2004. Pages 439. in: Second International Symposium on Fusarium Head Blight; incorporating the Eighth European *Fusarium* Seminar; *In:* Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J. and Ard, R.W. East Lansing, MI**,** Michigan State University, Orlando**,** FL, USA.

Lorestani, E. Z., Kamkar, B., Razavi, S. E. and da Silva, J. A. T. 2013. Modeling and mapping diversity of pathogenic fungi of wheat fields using geographic information systems (GIS). Crop Protection, 54: 74-83.

Molden, D., Frenken, K. and Barker, R. 2007. Trends in water and agricultural development. In: Molden, D. Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan, 33: 57-89.

Parry, D.W., Jenkinson, P. and Mcleod, L. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals - a review. Plant Pathology, 44: 207-238.

Racca, P., Kleinhenz, B., Zeuner, T., Keil, B., Tschöpe, B. and Jung, J. 2011. Decision Support Systems in Agriculture: Administration of Meteorological Data, Use of Geographic Information Systems (GIS) and Validation Methods in Crop Protection Warning Service ZEPP-Central Institution for Decision Support Systems in Crop Protection Udesheimerstr Kreuznach Germany, 16: 322-354.

Rossi, V. A., Ravanetti, E., Pattori, D. and Giosuè, S. 2001. Influence of temperature and humidity on the infection of wheat spikes by some fungi causing Fusarium head blight. Journal of Plant Pathology, 83(3): 189-198

Shah, D. A., De Wolf, E. D., Paul, P. A. and Madden, L. V. 2014. Predicting Fusarium head blight epidemics with boosted regression trees. Phytopathology, 104(7): 702-714.

Sharifi, K., Zare, R., Zamanizadeh, H. R., Mirabolfathy, M. and Rezaee, S. 2016. Identification of *Fusarium* species associated with Fusarium head blight of wheat in the North of Iran and phylogenetic analysis of the dominant species. Rostaniha, 17: 173–187.

Shuanghe, S., ShenBin, Y., BingBai, L., BingXiang, T., ZengYuan, L. and Toan Thuy, L. 2009. A scheme for regional rice yield estimation using ENVISAT ASAR data, Science in China Series D: Earth Sciences, 52(8): 1183-1194.

Sutton, J. C. 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. Canadian Journal of Plant Pathology, 4: 195-209.

Van Maanen, X. M. and Xu, XM. 2003. Modelling plant disease epidemics. European Journal of Plant Pathology, 109: 669–682.

Zadoks, J. C., Chang, T. T. and Konzak, B. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research, 14: 415- 421.

Zadeh, L. A. 1965. Fuzzy sets. In Information and Control, 8(3): 338-353.