تعیین اطلس احتمال وقوع حداقل دمای استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی

علیرضا ضیایی[۱]، علی‌اکبر کامگار حقیقی[۱]، علیرضا سپاسخواه[۱] و سعید رنجبر[۲]

چکیده

در این تحقیق به منظور تهیه اطلس احتمال وقوع حداقل دما استان فارس از پارامتر حداقل روزانه دمای ۲۰ ایستگاه تبخیرسنجی سازمان آب منطقه‌ای و ۵ ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی در استان فارس استفاده گردید. ابتدا دو معیار زمانی اول فروردین‌ماه (برای تجزیه و تحلیل سرماه‌های بهاره) و اول مهرماه (برای تجزیه و تحلیل یخبندان‌های پاییزه و زمستانه)در نظر گرفته شد. هم‌چنین محدوده دمایی صفر الی ۱/۵- درجه سانتی‌گراد به عنوان سرما یا یخبندان‌های ملایم، محدوده ۱/۵- الی ۳- درجه سانتی‌گراد به عنوان سرما یا یخبندان‌های متوسط و محدوده کمتر از ۳- درجه سانتی‌گراد به عنوان سرما یا یخبندان‌های شدید بیان گردید. با مشاهده آمار ثبت شده، اولین و آخرین روزی که در آن روز هر کدام از این محدوده‌ها اتفاق افتاده بود، یادداشت شد. هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل در هر دو معیار زمانی (در صورت وجود) مشخص شد. سپس تاریخ‌های وقوع به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SMADA بر توابع توزیع مختلف برازش داده شده و بهترین تابع توزیع طبق پارامتر آماری میانگین مربع خطا انتخاب گردید(توزیع لوگ پیرسون تیپ۳ و توزیع پیرسون تیپ۳). سپس توسط همان نرم‌افزار SMADA احتمال وقوع این پارامترها در سطح ۵۰ و ۷۰ درصد تخمین زده شد. در نهایت با توجه به طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها و با استفاده از نرم‌افزارSurfer، نقشه‌های هم‌مقدار مربوط به هر کدام از تاریخ وقوع‌ها در سطح استان فارس رسم شد. با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان تاریخ وقوع انواع سرمازدگی‌ها را برای تصمیم‌گیری جهت انتخاب تاریخ مناسب کاشت و برداشت محصولات کشاورزی در نقاط مختلف استان پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: سرمازدگی، یخبندان ملایم، یخبندان متوسط، یخبندان شدید، اطلس سرمازدگی، استان فارس

مقدمه

از آنجا که تولید مواد غذایی بهتر و بیشتر یکی از مسایل مهم دنیای کنونی به حساب می‌آید و نظر به این‌که تولید محصول و قابلیت کشاورزی هر منطقه به آب و هوا و مشخصات اقلیمی آن منطقه بستگی دارد، مطالعه سازه‌های جوی مؤثر بر کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۷). یکی از مسایلی که تولیدات کشاورزی را در نقاط مختلف دنیا تهدید می‌کند، سرمازدگی و یخبندان است. به همین دلیل محافظت گیاهان در مقابل تنش سرمایی یکی از موضوعات مهم و قابل بحث در کشاورزی و به طور ویژه، تولید میوه‌ها و گیاهان باغی با ارزش

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

۲. کارشناس سازمان هواشناسی شیراز

بالاست (۶). به عنوان مثال داده‌های گزارش شده در سال زراعی ۷۶-۱۳۷۵ برای استان فارس، نشان می‌دهد که میزان آسیب ناشی از سرمای هوا برای تولیدات گوناگون زمستانه در سطح ۲۶ الی ۳۱ هکتار به مقدار ۳۳ تا ۵۳/۴ میلیون ریال، برای تولیدات تابستانه در سطح ۵ الی ۲۷۶۵ هکتار به مقدار ۲/۵ تا ۹۹۹۰ میلیون ریال و برای درختان مرکبات و انار در سطح ۲۰ الی ۱۲۲۴ هکتار به مقدار ۶۰ تا ۲۵۸۰ میلیون ریال و جمعاً در ۷/۳ هزار هکتار به مقدار ۱۸/۶ میلیارد ریال می‌باشد. از این رقم حدود ۲۶۰۰ میلیون ریال آن مربوط به سرمازدگی و یخزدگی مرکبات است (۸). این ارقام نشان می‌دهد بررسی آثار سرمازدگی و یخزدگی در گیاهان و تلاش برای پیشگیری آن از دیدگاه اقتصادی کاملاً توجیه پذیر است. از دیدگاه شمار زیادی از پژوهشگران، تأثیر مثبت این گونه پژوهش‌ها در اقتصاد، سیاست و خدمت به همنوعان شایان توجه می‌باشد (۱۳ و ۱۸). یکی از عوامل مهم در کنترل سرمازدگی، انتخاب فصل رشد به صورتی می‌باشد که در طول آن سرمازدگی وجود نداشته باشد. به عبارت دیگر تاریخ کاشت و برداشت به‌صورتی انتخاب می‌شود که گیاه در مراحل حساس به سرمازدگی با این پدیده مواجه نشود (۱).

وایتمن (۱۷) دماهای سرمازدگی اکثر میوه‌ها، گیاهان و گل‌ها را بر پایه محاسبات آزمایشگاهی به تفصیل بیان کرد. تام و شاو (۱۵) دریافتند که تاریخ‌های وقوع سرمازدگی در منطقه مورد تحقیق تصادفی و دارای توزیع نرمال می‌باشد و از نظر آماری نیز این مطلب را تأیید کردند. آنها پی بردند که معمولاً آخرین سرمازدگی‌ها در بهار و اولین سرمازدگی‌ها در پاییز از نوع تشعشعی است.

کارپیرو (۱۰) دریافت که در مناطق کوهستانی دمای حداکثر روزانه می‌تواند به عنوان معیاری مناسب جهت پیش‌بینی وقوع سرما به‌کار رود. این محقق توانست تاریخ وقوع آخرین سرمازدگی‌ها در بهار در منطقه مونتانا را در روزهایی که حداکثر دمای روزانه به ۲۱ درجه سانتی‌گراد می‌رسید، تخمین بزند. باندوناس و همکاران (۹) خاطرنشان کردند که برای اکثر نقاط استرالیا، احتمال وقوع سرمازدگی در دمای ۶ درجه سانتی‌گراد (دماهای بزرگ‌تر و نزدیک به صفر) بسیار کم و در دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد زیاد است.

کتز و مورفی (۱۱) خاطر نشان کردند که پیشگویی میزان و نوع خسارت احتمالی که در یک سرمازدگی معین اتفاق می‌افتد، به عوامل زیادی بستگی دارد که نوع گیاه، یکی از این عوامل است. لیندکویست و همکاران (۱۲) تحقیقی را تحت عنوان تعیین یک روش تخمین سرمازدگی در مناطق کوهستانی در سوئد ارایه کردند. ونتس‌کویچ (۱۶) گیاهان را بر طبق توانایی آنها به تحمل دماهای کم در مراحل مختلف به پنج دسته گیاهان با مقاومت بسیار زیاد، گیاهان مقاوم، گیاهان نیمه مقاوم، گیاهان با مقاومت کم و گیاهان حساس تقسیم‌بندی کرده است. اشنایدر (۱۴) ذکر می‌کند که معمولاً یکی از اصول اولیه در پیش‌بینی سرمازدگی، یافتن راهی جهت تخمین دمای حداقل است.

خلجی پیربلوطی و سپاسخواه (۲) با انجام پژوهشی تحت عنوان بررسی آماری اولین سرمای بهاره و یخبندان‌های زودرس پاییزه در مناطق باجگاه و کوشکک استان فارس، تاریخ وقوع این یخبندان‌ها در دوره برگشت‌های مختلف (۱، ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله) برای هر کدام از دو منطقه مورد تحقیق را به‌دست آورده و در نهایت تصمیم‌گیری مدیریتی لازم برای کاهش خسارت ناشی از سرمازدگی و یخبندان انجام شد.

در این تحقیق دمای صفر الی ۱/۵-، ۱/۵- الی ۳- و کمتر از ۳- درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب به عنوان سرما یا یخبندان ملایم، سرما یا یخبندان متوسط و سرما یا یخبندان شدید در نظر گرفته شده است. تعیین تاریخ وقوع سرما یا یخبندان‌های ملایم، متوسط و شدید در مناطق مختلف استان فارس، تعیین تاریخ وقوع کمترین حداقل دما در مناطق مختلف استان فارس و رسم خطوط هم‌مقدار این تاریخ وقوع‌ها برای استان فارس از اهداف این پژوهش بوده است.

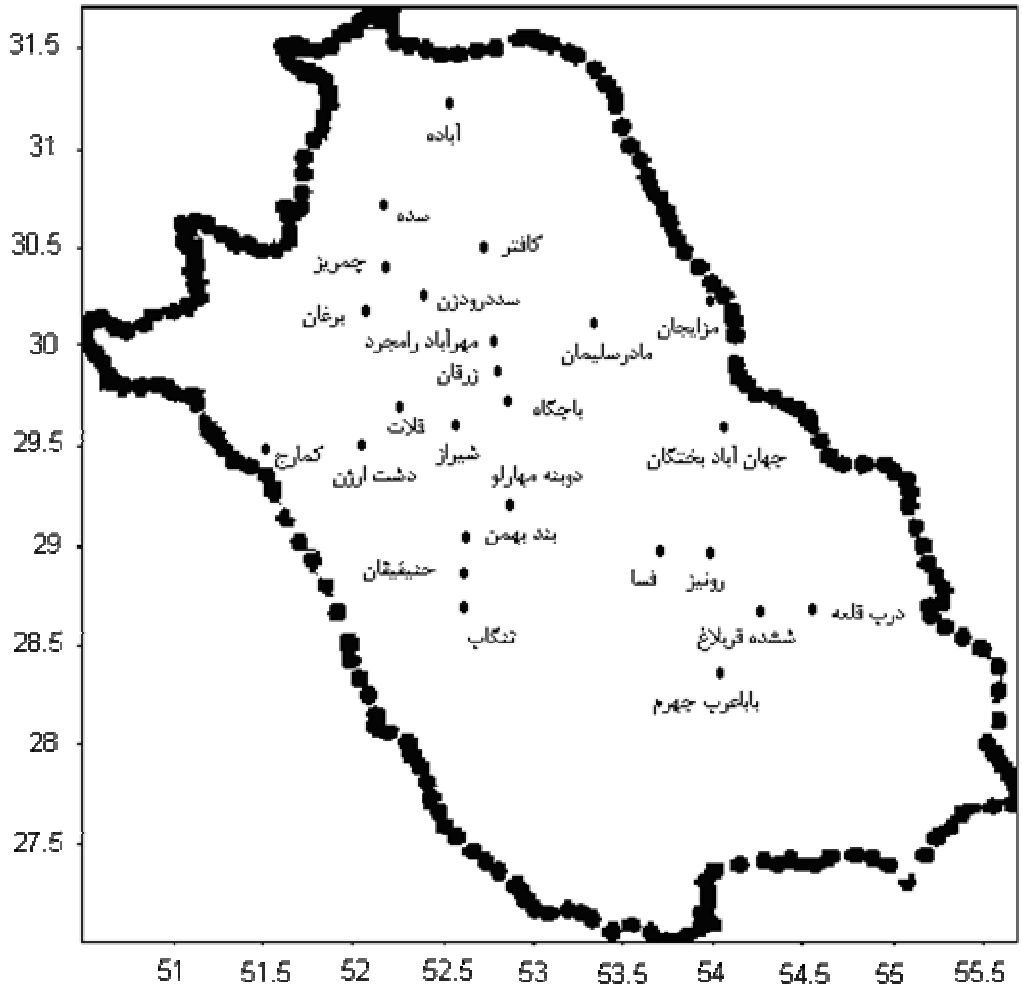
مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش از پارامتر حداقل دمای روزانه زیر

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های تبخیرسنجی مورد مطالعه در این تحقیق

شماره ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (دقیقه- درجه)	عرض جغرافیایی (دقیقه- درجه)	ارتفاع (متر)	دوره آماری (سال)
۱	قلات	۵۲-۱۹	۲۹-۴۸	۲۰۸۰	۲۶
۲	دوبنه	۵۲-۴۹	۲۹-۲۱	۱۵۲۰	۱۸
۳	دشت ارژن	۵۱-۵۹	۲۹-۳۹	۲۰۱۵	۲۳
۴	بند بهمن	۵۲-۳۴	۲۹-۱۳	۱۷۰۰	۲۰
۵	برغان	۵۲-۰۱	۳۰-۱۳	۲۲۰۰	۱۹
۶	مهرآباد رامجرد	۵۲-۴۲	۲۹-۵۸	۱۵۹۵	۲۷
۷	چمریز	۵۲-۰۷	۳۰-۲۷	۱۸۴۰	۲۲
۸	جهان آباد بختگان	۵۳-۵۱	۲۹-۴۳	۱۵۸۰	۱۹
۹	باجگاه	۵۲-۴۶	۲۹-۵۰	۱۸۱۰	۳۱
۱۰	مادرسلیمان	۵۳-۱۱	۳۰-۱۲	۱۸۵۰	۲۱
۱۱	کافتر	۵۲-۴۴	۳۰-۳۱	۲۳۱۵	۲۲
۱۲	سده	۵۲-۱۱	۲۹-۴۴	۲۲۰۰	۲۲
۱۳	مزایجان	۵۳-۴۸	۳۰-۱۸	۲۱۲۰	۲۰
۱۴	درب قلعه	۵۴-۲۳	۲۸-۵۵	۱۴۳۰	۲۲
۱۵	رونیز	۵۳-۴۶	۲۹-۱۲	۱۵۹۰	۲۶
۱۶	ششده قربلاغ	۵۴-۰۱	۲۸-۵۶	۱۴۰۰	۱۵
۱۷	باباعرب جهرم	۵۳-۴۶	۲۸-۳۵	۱۰۸۰	۲۲
۱۸	کمارج	۵۱-۲۹	۲۹-۳۷	۸۴۵	۲۳
۱۹	حنیفیقان	۵۲-۳۳	۲۹-۰۶	۱۶۶۰	۲۲
۲۰	تنگاب	۵۲-۳۱	۲۸-۵۵	۱۴۶۰	۱۸
۲۱	سد درودزن	۵۲-۲۶	۳۰-۱۳	۱۶۲۰	۱۶
۲۲	شیراز	۵۲-۲۶	۲۹-۳۳	۱۴۹۱	۳۲
۲۳	زرقان	۵۲-۴۳	۲۹-۴۷	۱۵۹۶	۲۱
۲۴	آباده	۵۲-۴۰	۳۱-۱۵	۲۰۳۰	۲۶
۲۵	فسا	۵۳-۴۳	۲۸-۵۴	۱۲۸۸	۲۹

صفر استفاده گردید. با مراجعه به سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، آمار مورد نظر جمع‌آوری شد. با مشاهده آمار مورد نظر مشخص شد که ۲۰ ایستگاه تبخیرسنجی مربوط به سازمان آب منطقه‌ای و ۵ ایستگاه مربوط به سازمان هواشناسی دارای این آمار در درازمدت(بالاتر از ۱۵ سال) هستند. مشخصات این ۲۵ ایستگاه و هم‌چنین نقشه موقعیت جغرافیایی این ایستگاه‌ها به‌ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ آمده است. شکل ۱ محور افقی طول جغرافیایی و محور عمودی عرض جغرافیایی را نشان می‌دهد. در مجموع آمار ۲۵ ایستگاه به ترتیب مراحلی که ذکر شده است، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های تبخیر سنجی مورد مطالعه در این تحقیق بر روی نقشه استان فارس

۱. تعیین و حذف داده‌های پرت

در این مرحله لازم بود که داده‌های پرت مشخص و در ادامه کار از محاسبات حذف گردد. نکته قابل توجه آن است که وجود چنین داده‌هایی ناشی از مشکلات یا خطاهای اندازه‌گیری نبوده و واقعاً مشاهدات استثنایی می‌باشند (۴). در پژوهش حاضر با استفاده از نرم‌افزار آماری SMADA داده‌های پرت معین و از سری داده‌ها حذف شدند.

۲. تعیین همگنی داده‌ها

پس از آن با استفاده از آزمون "ران" همگنی داده‌ها به‌ترتیب زیر مورد بررسی قرار گرفت.

ابتدا داده‌ها بر طبق سال وقوع ردیف و میانه یا میانگین داده‌ها مشخص شدند. سپس از ابتدای داده‌هایی که بر حسب سال ردیف شده‌اند، شروع کرده، هر یک از داده‌ها که بالاتر از میانه یا میانگین باشد، با علامت a و هر کدام که پایین‌تر از میانه یا میانگین باشد، با علامت b مشخص شدند (به عدد میانه یا میانگین علامتی تعلق نگرفت). پس از آن به ترتیب تعداد دنباله‌های a و b شمارش شده و مجموع دنباله‌ها با علامت U مشخص گردید. در نهایت با استفاده از جدول ۲ و با توجه به تعداد a و b های شمارش شده اگر عددU بین ارقام نوشته شده در جدول مذکور قرار گیرد، داده‌ها همگن می‌باشند، یعنی تصادفی بودن آنها در سطح ۹۵ درصد مورد قبول است (۶).

جدول ۲. جدول آزمون Run- Test

	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
۲								۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶	۲ ۶
۳		۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۲ ۸	۳ ۸	۳ ۸	۳ ۸	۳ ۸	۳ ۸	۳ ۸
۴	۲ ۹	۲ ۹	۲ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۰	۴ ۱۰	۴ ۱۰	۴ ۱۰	۴ ۱۰	۴ ۱۰
۵	۲ ۱۰	۳ ۱۰	۳ ۱۱	۳ ۱۱	۳ ۱۲	۳ ۱۲	۴ ۱۲	۴ ۱۲	۴ ۱۲	۴ ۱۲	۴ ۱۲	۴ ۱۲	۴ ۱۲	۵ ۱۲	۵ ۱۲	۵ ۱۲
۶		۳ ۱۱	۳ ۱۲	۳ ۱۲	۴ ۱۳	۴ ۱۳	۴ ۱۳	۴ ۱۳	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۶ ۱۴	۶ ۱۴
۷			۳ ۱۳	۴ ۱۳	۴ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۵	۵ ۱۵	۶ ۱۵	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۶
۸				۴ ۱۴	۵ ۱۴	۵ ۱۵	۵ ۱۵	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۷	۷ ۱۷	۷ ۱۷	۷ ۱۷	۷ ۱۷
۹					۵ ۱۵	۵ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۶	۶ ۱۷	۷ ۱۷	۷ ۱۸	۷ ۱۸	۷ ۱۸	۸ ۱۸	۸ ۱۸	۸ ۱۸
۱۰						۶ ۱۶	۶ ۱۷	۷ ۱۷	۷ ۱۸	۷ ۱۸	۷ ۱۸	۸ ۱۹	۸ ۱۹	۸ ۱۹	۸ ۲۰	۹ ۲۰
۱۱							۷ ۱۷	۷ ۱۸	۷ ۱۹	۸ ۱۹	۸ ۱۹	۸ ۲۰	۹ ۲۰	۹ ۲۰	۹ ۲۱	۹ ۲۱
۱۲								۷ ۱۹	۸ ۱۹	۸ ۲۰	۸ ۲۰	۹ ۲۱	۹ ۲۱	۹ ۲۱	۱۰ ۲۲	۱۰ ۲۲
۱۳									۸ ۲۰	۹ ۲۰	۹ ۲۱	۹ ۲۱	۱۰ ۲۲	۱۰ ۲۲	۱۰ ۲۳	۱۰ ۲۳
۱۴										۹ ۲۱	۹ ۲۲	۱۰ ۲۲	۱۰ ۲۳	۱۰ ۲۳	۱۱ ۲۳	۱۱ ۲۴
۱۵											۱۰ ۲۲	۱۰ ۲۳	۱۱ ۲۳	۱۱ ۲۴	۱۱ ۲۴	۱۲ ۲۵
۱۶												۱۱ ۲۳	۱۱ ۲۴	۱۱ ۲۵	۱۲ ۲۵	۱۲ ۲۵
۱۷													۱۱ ۲۵	۱۲ ۲۵	۱۲ ۲۶	۱۳ ۲۶
۱۸														۱۲ ۲۶	۱۳ ۲۶	۱۳ ۲۷
۱۹															۱۳ ۲۷	۱۳ ۲۷
۲۰																۱۴ ۲۸

ردیف افقی بالای جدول ۲ مربوط به تعداد a و b (هر کدام که بزرگ‌تر بود) و ردیف عمودی جدول مربوط به تعداد a و b (هر کدام که کوچک‌تر بود) می‌باشد. نتایج به‌دست آمده حاکی از همگن بودن آمار تمام ایستگاه‌ها بود.

۳. تعیین تاریخ وقوع سرما یا یخبندان‌های ملایم، متوسط، شدید و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل در ایستگاه‌های مختلف

با توجه به این‌که دماهای زیر صفر در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد

و شهریور اتفاق نمی‌افتد، برای انجام این پژوهش دو معیار زمانی یکی اول فروردین ماه و دیگری اول مهرماه، برای همه ایستگاه‌ها در نظر گرفته شد. اول فروردین ماه برای تجزیه و تحلیل سرماهای بهاره و اول مهرماه برای تجزیه و تحلیل یخبندان‌های پاییزه و زمستانه. به عبارت دیگر دماهای زیر صفر در فصل بهار به عنوان سرما و دماهای زیر صفر در فصل پاییز و زمستان به عنوان یخبندان در نظر گرفته شد. هم‌چنین سه محدوده دمایی صفر الی ۱/۵- ، ۱/۵- الی ۳- و کمتر از ۳- درجه سانتی‌گراد نیز در بررسی‌ها منظور گردید. محدوده صفر الی ۱/۵- به عنوان سرما یا یخبندان‌های ملایم، محدوده ۱/۵- الی ۳- به عنوان سرما یا یخبندان‌های متوسط و محدوده کمتر از ۳- درجه سانتی‌گراد به عنوان سرما یا یخبندان‌های شدید بیان شد. با مشاهده آمار حداقل دمای روزانه ثبت شده، اولین و آخرین روزی که در آن روز هر کدام از این محدوده‌ها اتفاق افتاده باشد، نسبت به هر دو معیار زمانی (در صورت وجود) مشخص شد. مثلاً در مورد یخبندان‌ها اگر اولین و آخرین اتفاق محدوده دمایی صفر الی ۱/۵- در روزهای پنجم آذر و بیست و پنجم اسفند بود، آن روزها با اعداد ۶۵ و ۱۷۵ مشخص شد. هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل در هر دو معیار زمانی برای هر ایستگاه یادداشت شد. به همین ترتیب برای تمام ایستگاه‌ها در هر سال این کار انجام گردید. سپس برای هر ایستگاه تاریخ اولین و آخرین سرما یا یخبندان‌های ملایم، متوسط و شدید به صورت جدول دسته بندی شد.

۴. تعیین بهترین تابع توزیع برای تاریخ‌های وقوع سرما یا یخبندان‌های ملایم، متوسط، شدید و هم‌چنین اولین تاریخ وقوع کمترین حداقل دما

در این مرحله اعداد به‌دست آمده برای اولین و آخرین سرمازدگی یا یخبندان‌های ملایم، متوسط و شدید و هم‌چنین تاریخ‌های وقوع کمترین دمای حداقل در هر ایستگاه به صورت جداگانه توسط نرم افزار SMADA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. توسط نرم افزار ذکر شده تابع توزیع‌های مختلف بر این تاریخ‌ها برازش داده شده و بهترین تابع توزیع با توجه به پارامتر آماری میانگین مربع خطا (Root Mean Square) که معادله آن در زیر آمده است، مشخص شد (۳).

$$RMS = \left[\frac{\sum (X_{mi} - X_{pi})^2}{n} \right]^{0.5} \qquad [1]$$

که در آن RMS میانگین مربع خطا، X_m داده‌های واقعی، X_p داده‌های تخمین زده شده، n تعداد داده‌ها و i شماره ردیف داده‌هاست.

۵. تعیین اولین و آخرین تاریخ‌های وقوع سرما یا یخبندان‌های ملایم، متوسط، شدید و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل در ایستگاه‌های مختلف با احتمال وقوع‌های متفاوت توسط نرم‌افزار SMADA

سپس با توجه به بهترین تابع توزیع تاریخ اولین و آخرین سرما یا یخبندان و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل در هر دو معیار زمانی ذکر شده با احتمال ۵۰ و ۷۰ درصد مشخص شدند که فقط نتایج مربوط به احتمال ۷۰ درصد آورده شده است. به‌دلیل این‌که سرمازدگی یک پدیده جوی است و نمی‌توان با احتمال بالا آن را پیش بینی کرد، بنابراین در این تحقیق از دو احتمال ۵۰ و ۷۰ درصد استفاده شده است.

۶. رسم خطوط هم‌مقدار تاریخ وقوع اولین و آخرین یخبندان‌های ملایم، متوسط، شدید، تاریخ وقوع کمترین حداقل دما و هم‌چنین تاریخ وقوع آخرین سرمای ملایم در استان فارس

برای انجام این مرحله (مرحله نهایی) طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها و هم‌چنین تاریخ وقوع‌ها با استفاده از نرم‌افزار Surfer بر روی نقشه استان فارس آورده و نقشه‌های هم‌مقدار تاریخ‌های وقوع رسم شد. در این تحقیق برای استفاده از نرم‌افزار Surfer از روش شبکه‌بندی زمین آمار استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج به‌دست آمده از آزمون "ران" در مورد همگنی آمار نشان داد که حداقل دمای روزانه در سطح ۹۵ درصد تصادفی بودند. سپس برای هر کدام از ۲۵ ایستگاه تاریخ وقوع اولین و آخرین سرما و یخبندان‌های ملایم، متوسط، شدید و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل نسبت به دو معیار زمانی ذکر شده به‌دست آمد. قابل ذکر است که فقط ۶ ایستگاه در فصل بهار دارای دماهای زیر صفر و یا به عبارتی سرما بودند. با مشاهده تاریخ‌های مندرج در جداول معلوم شد که تاریخ وقوع سرما یا یخبندان‌های مختلف از هیچ قاعده و قانون خاصی پیروی نمی‌کند. مثلاً در یک سال اولین یخبندان ملایم در ماه مهر و در سال دیگر در ماه آبان و یا اولین یخبندان شدید در یک سال زودتر از اولین یخبندان ملایم اتفاق می‌افتد که این نکات برای ایستگاه‌های دیگر و نیز در مورد آخرین تاریخ وقوع سرما یا یخبندان نیز صادق است. نتایج این ایستگاه‌ها در پایان نامه کارشناسی ارشد با عنوان تعیین اطلس سرمازدگی استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی مربوط به بخش مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز موجود است (۵). پس از آن تابع توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال دو پارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳ و توزیع گامبل به تاریخ‌های وقوع سرما و یخبندان‌ها برازش داده شد و هر کدام از توزیع‌ها که میانگین مربع خطای کمتری داشتند، به عنوان بهترین تابع توزیع انتخاب شدند.

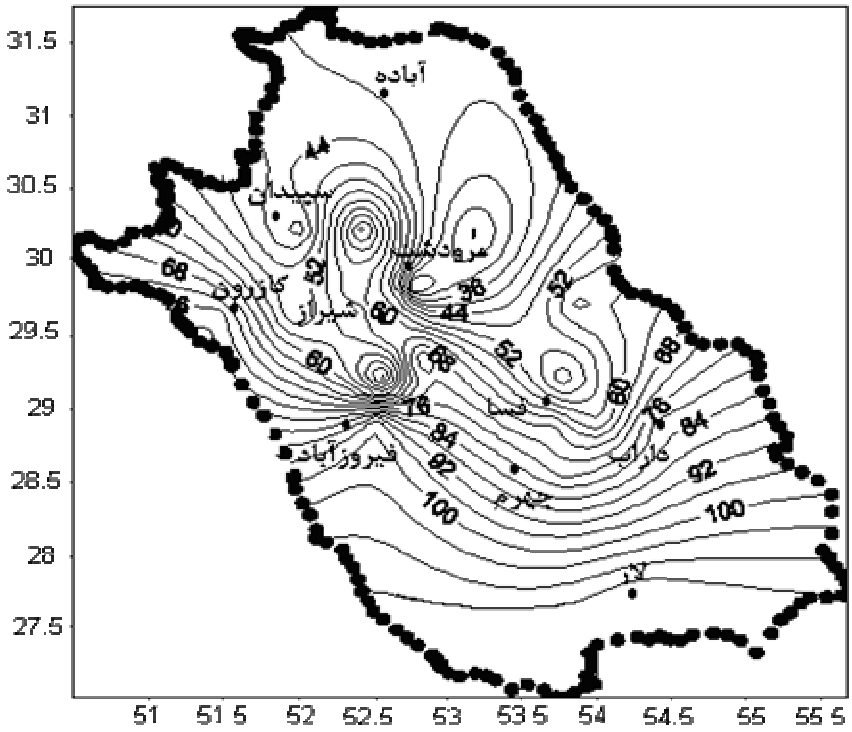
در مرحله بعد با استفاده از بهترین توابع توزیع تعیین شده در مرحله قبل برای اولین و آخرین تاریخ وقوع سرما یا یخبندان‌های ملایم، متوسط، شدید و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل ایستگاه‌های مختلف، تاریخ وقوع این عوامل در سطوح احتمال ۵۰ و ۷۰ درصد تخمین زده شد. نتایج در جداول ۳ و ۴ آورده شده است. خانه‌های خالی در این جداول نشان دهنده عدم وجود محدوده دمایی ذکر شده در یک ایستگاه معین است. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Surfer نقشه‌های هم‌مقدار تاریخ‌های وقوع ذکر شده رسم شد. نتایج در شکل‌های ۲ تا ۸ آورده شده است. نکته کلی قابل ذکر که از این نمودارها استنباط می‌شود، این است که هر چه عرض جغرافیایی ایستگاه یا منطقه‌ای کمتر شود، اولین یخبندان‌ها دیرتر و آخرین یخبندان‌ها زودتر اتفاق می‌افتند. همان‌طور که گفته شد، هدف از رسم این نقشه‌ها تصمیم‌گیری برای انتخاب تاریخ مناسب کاشت و برداشت محصولاتی است که در مناطق مختلف استان فارس به عمل می‌آید. به عنوان مثال یکی از موارد کاربرد نقشه‌های مربوط به اولین تاریخ وقوع یخبندان‌ها برای تعیین موقع برداشت محصول در مزارعی است که برای استفاده کارخانه‌های صنایع غذایی دیر کشت شده‌اند. مثلاً محصول گوجه‌فرنگی در استان فارس در زمان‌های مختلف کشت می‌شود. بنابراین کارخانه‌های تولید رب گوجه‌فرنگی برای طولانی‌تر شدن مدت فعالیت خود محصولی را که دیرتر برداشت شده است را مورد استفاده قرار می‌دهند. تاریخ برداشت نیز باید با توجه به زمان شروع سرما و میزان مقاومت گیاه به دماهای زیر صفر هوا تعیین شود. کاربرد دیگر این نقشه‌ها (نقشه‌های مربوط به آخرین تاریخ وقوع یخبندان‌ها) برای تعیین تاریخ کشت صیفی‌جاتی مانند گوجه‌فرنگی است. با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان مناطقی که آخرین تاریخ وقوع یخبندان آنها در دی یا بهمن باشد (مناطق گرم) را مشخص و نسبت به کشت این نوع گیاهان در اواخر زمستان (زودتر از موعد معمول) اقدام نمود. همان‌طور که در قسمت‌های قبل و هم‌چنین اوایل این قسمت گفته شد، فقط ۷ ایستگاه در بخشی از سال‌های آماری خود دچار سرمازدگی‌های بهاره شدند و یا به عبارت دیگر دارای دماهای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد بودند. بنابراین در مورد سرمازدگی‌های بهاره، فقط خطوط هم‌مقدار مربوط به تاریخ وقوع آخرین سرمازدگی ملایم رسم شدند. زیرا فقط این پارامتر در هفت ایستگاه به وقوع پیوست.

جدول ۳. نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار Smada در مورد اولین و آخرین تاریخ وقوع سرماها نسبت به اول فروردین‌ماه با احتمال ۷۰ درصد

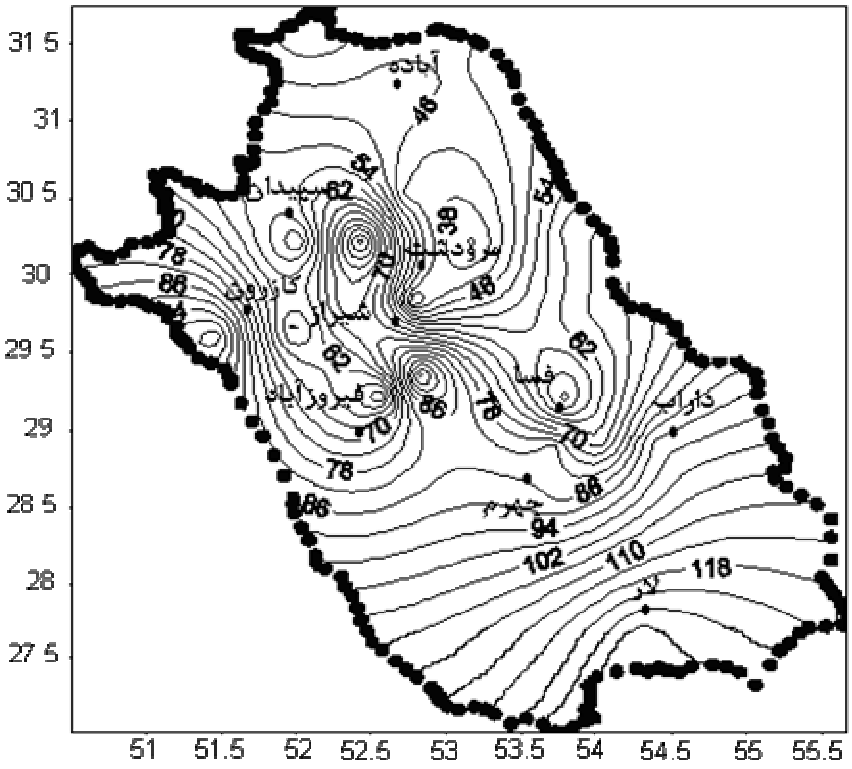
ایستگاه	اولین سرمازدگی ملایم	اولین سرمازدگی متوسط	اولین سرمازدگی شدید	آخرین سرمازدگی ملایم	آخرین سرمازدگی متوسط	آخرین سرمازدگی شدید
برغان	۲	۳		۱۶	۱۰	
باجگاه	۲	٤	۵	۱۸	۸	۷
مادر سلیمان	٤	۲	۳	۱۹	۱٤	۷
کافتر	۳	٤		۱۲	۱۱	
سده	۲			۹		
حنیفیقان	۳			۹		
دشت ارژن	٤	۵		۲۰	۱۵	

جدول ۴. نتایج به‌دست آمده از نرم‌افزار Smada در مورد اولین و آخرین تاریخ وقوع یخبندان‌ها و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد

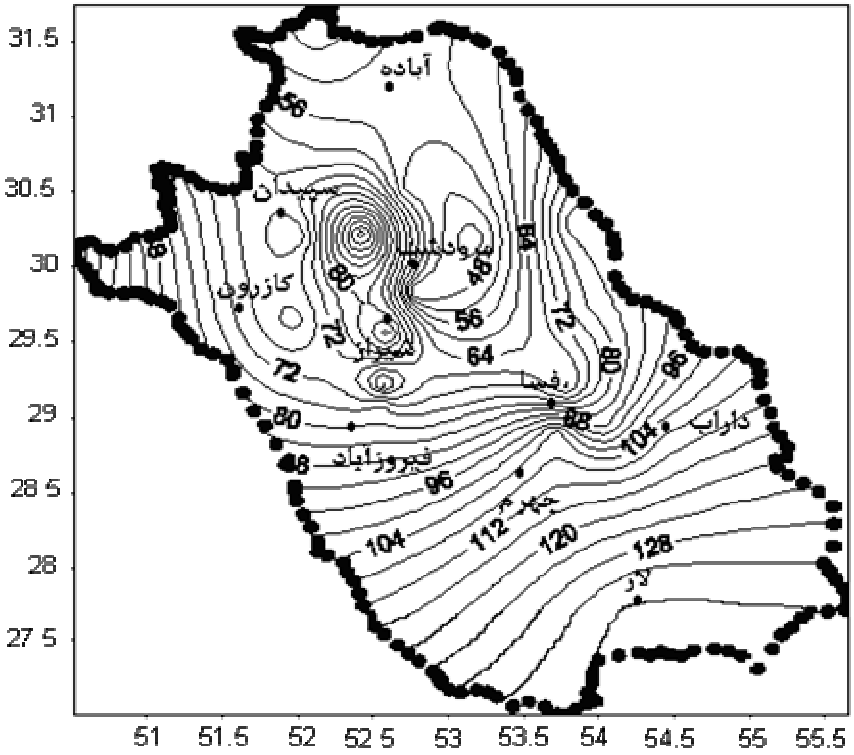
ایستگاه	اولین یخبندان ملایم	اولین یخبندان متوسط	اولین یخبندان شدید	آخرین یخبندان ملایم	آخرین یخبندان متوسط	آخرین یخبندان شدید	سردترین روز نسبت به اول مهرماه
قلات	٦١	٧٧	٧٨	١٦٢	١٥٢	١٥٠	١٠٦
دوبنه	٧٦	١٠٥		١٣٩	١٢٥		١١٧
دشت ارژن	٤٨	٥٢	٦٢	١٥٧	١٦٨	١٦٠	٩٥
بند بهمن	٣٧	٤٩	٥٣	١٦٨	١٦٤	١٥٦	٩٩
برغان	٣٨	٤٦	٦١	١٧٢	١٧٠	١٦٩	١١٠
مهرآباد رامجرد	٤٧	٥٦	٦٦	١٦٨	١٥٤	١٤٣	٩٧
چمریز	٤٨	٦٣	٧٣	١٦٩	١٦١	١٥٤	١٠٦
جهان آباد بختگان	٦١	٦٥	٧٨	١٥٧	١٤٥	١٣٩	٩٨
باجگاه	٢١	٣٣	٤٢	١٧٣	١٧٢	١٦٦	١٠١
مادرسلیمان	٢٣	٣٣	٤١	١٧٢	١٧١	١٦٩	١٠٩
کافتر	٤٣	٤١	٥٠	١٥٠	١٦٥	١٧٠	١١٦
سده	٤٥	٥٧	٦١	١٦٤	١٦٧	١٦١	١١٢
مزایجان	٤٤	٦٤	٨٦	١٦٦	١٦٣	١٤٣	٩٥
درب قلعه	٨٠	٩٥	١٠٦	١٣٥	١٢٨	١١٥	١٠٣
رونیز	٤١	٤٨	٦٣	١٦٤	١٦٣	١٥٣	٩٣
ششده قربلاغ	٥٦	٦٧	٨٨	١٥٨	١٤٤	١٢٥	١٠٣
باباعرب جهرم	٧٤	٨٤		١٤٣	١١٥		٩٢
کمارج	٧٩	١٠٤		١٤٦	١٣٤		١٠١
حنیفیقان	٥٥	٦٤	٧٦	١٦٧	١٥٢	١٣٣	١١٠
تنگاب	٩٩			١٢١			١٠٨
سد درودزن	٧٨	٩٧	١٠٨	١٤٥	١٣٤	١١٥	١١٦
شیراز	٦٥	٧٧	٩١	١٥٢	١٣٣	١٢١	١٠٣
زرقان	٤٦	٥٣	٦٢	١٦٥	١٦٠	١٥١	١٠٩
آباده	٣٩	٤٩	٥٦	١٦٨	١٦٦	١٦٤	١١٠
فسا	٦٨	٨٣	١٠٦	١٤٨	١٣٦	١١٨	١٠٣



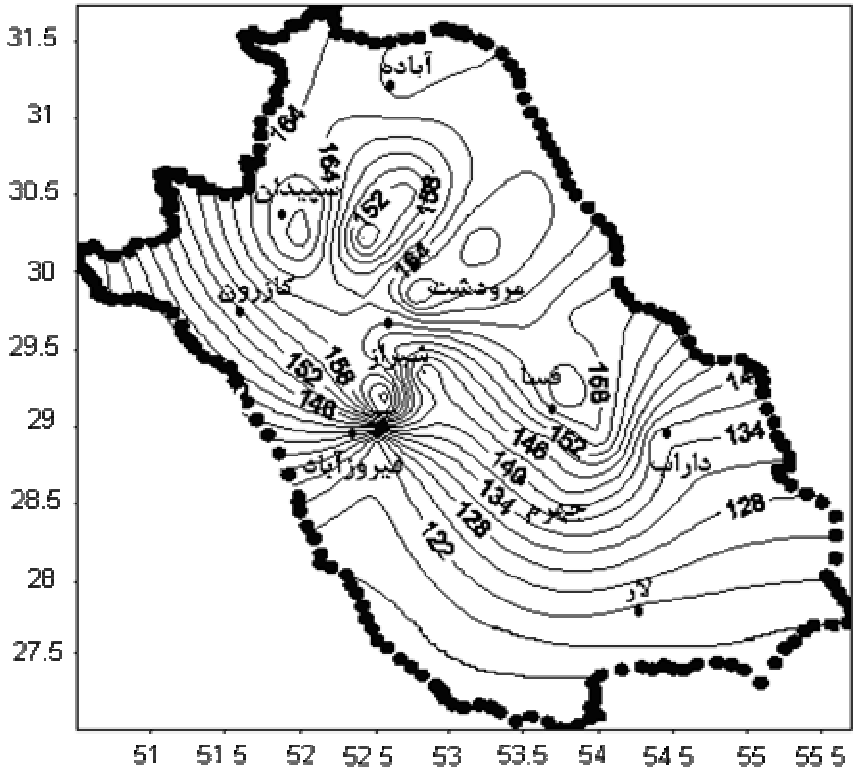
شکل ۲. خطوط هم‌مقدار اولین تاریخ وقوع یخبندان‌های ملایم نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



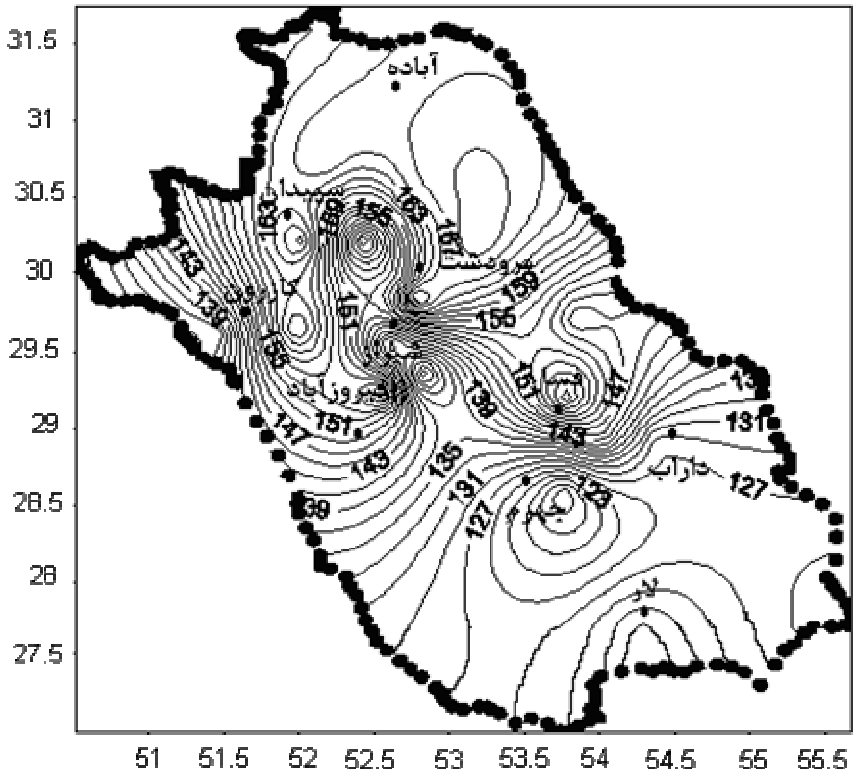
شکل ۳. خطوط هم‌مقدار اولین تاریخ وقوع یخبندان‌های متوسط نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



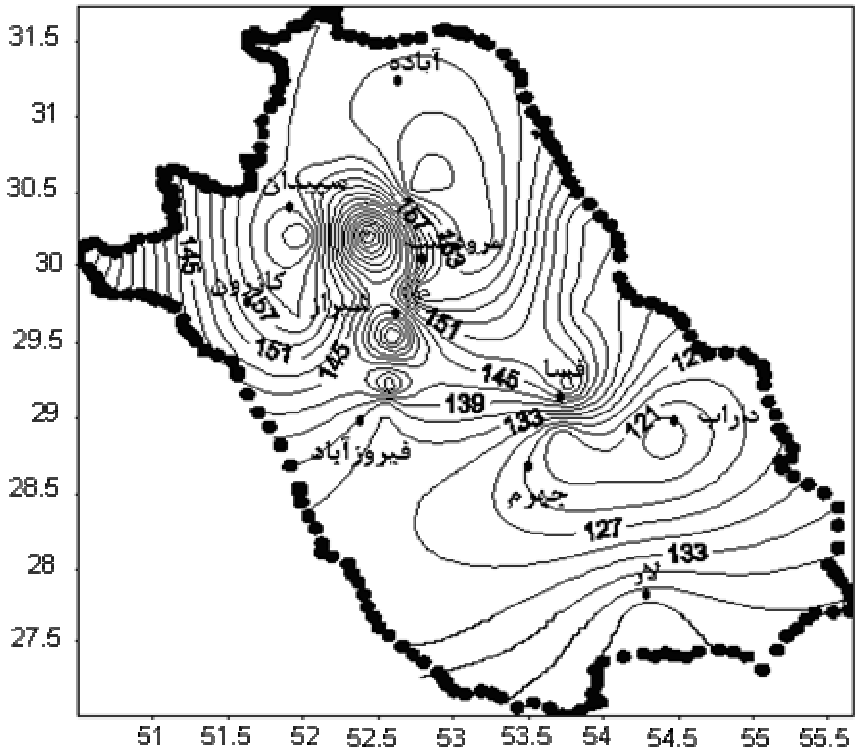
شکل ۴. خطوط هم‌مقدار اولین تاریخ وقوع یخبندان‌های شدید نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



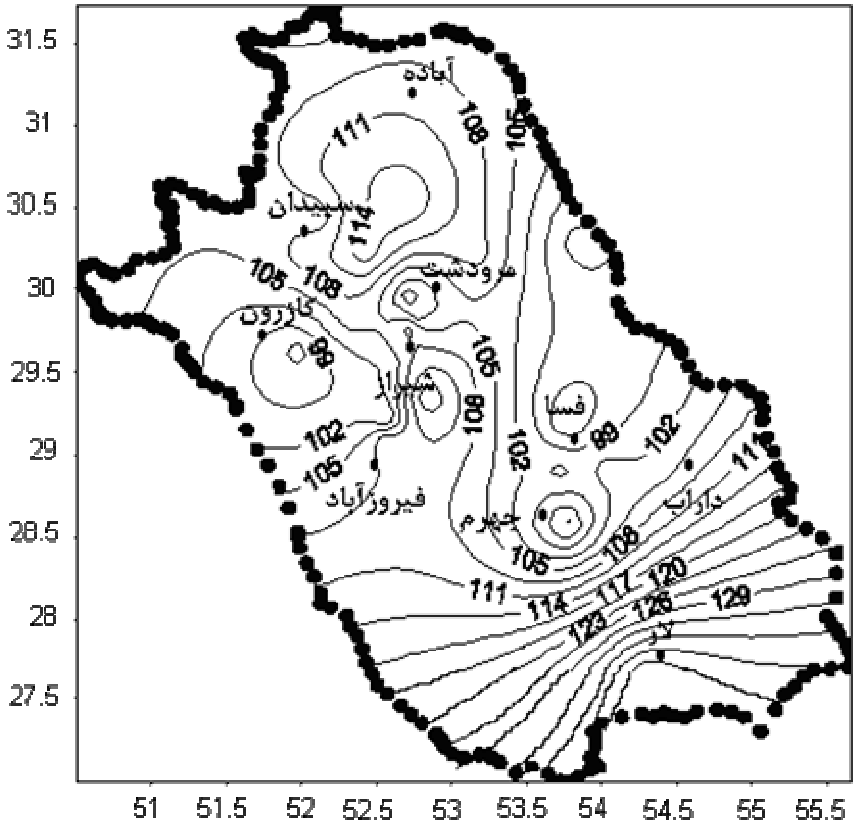
شکل ۵. خطوط هم‌مقدار آخرین تاریخ وقوع یخبندان‌های ملایم نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



شکل ۶ . خطوط هم‌مقدار آخرین تاریخ وقوع یخبندان‌های متوسط نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



شکل۷. خطوط هم‌مقدار آخرین تاریخ وقوع یخبندان‌های شدید نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



شکل ۸ . خطوط هم‌نسبت اولین تاریخ وقوع دمای حداقل نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس

سپاسگزاری

از آقای مهندس عابدینی کارشناس محترم واحد مطالعات منابع آب سازمان آب منطقه‌ای شیراز و کارشناسان محترم اداره آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های فسا، فیروزآباد، کازرون و آباده که ما را در جمع‌آوری آمار مربوطه صمیمانه یاری فرمودند، کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

۱. حقیقت، م. و س. رنجبر. ۱۳۷۶. تعیین تاریخ وقوع یخبندان‌های شدید و ملایم در استان فارس. اداره کل هواشناسی استان فارس.

۲. خلجی پیربلوطی، م. و ع.ر. سپاسخواه. ۱۳۷۳. بررسی آماری اولین سرمای بهاره و یخبندان‌های زودرس پاییزه در مناطق باجگاه و کوشکک استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشگاه شیراز.

۳. زندپارسا، ش.، ع. ر. سپاسخواه و ت. هنر. ۱۳۷۵. انتخاب تابع توزیع مناسب جهت تجزیه و تحلیل فراوانی تبخیرتعرق پتانسیل گیاه مرجع در ایران. ارایه شده در ششمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، شهریور ۱۳۷۵- کرمان.

۴. سپاسخواه، ع. ر. و ب. قهرمان. ۱۳۶۸. تعیین مشاهدات استثنایی در سری داده‌های هیدرولوژیکی. نشریه فنی شماره ۱۲، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۵. ضیایی، ع. ر. ۱۳۸۲. تعیین اطلس سرمازدگی استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشگاه شیراز.

۶. علیزاده، ا. ۱۳۷۴. *اصول هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۷. مالک، ا. ۱۳۷۳. *شناخت و سنجش سازه‌های جوی مؤثر در کشاورزی*. انتشارات دانشگاه شیراز.

۸. ناظم‌السادات، م.ج. ، ع.ر. سپاسخواه و ش. محمدی. ۱۳۸۰. بررسی رابطهٔ دمای نقطهٔ شبنم روزانه و دمای کمینه (حداقل) روز بعد در منطقهٔ جهرم استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵ (۳): ۹-۱۷.

9. Bandonas, A., J. C. Georg and J. F. Gerber. 1978. Techniques of frost prediction and methods of frost and cold protection. WMO Techol. Note, No. 157, 160 p.
10. Carpiro, J. M. 1961. A rational approach to the mapping of freeze dates. Bull. Amer. Meteorol. Soc. 42: 703-714.
11. Katz, R. W. and A. H. Murphy. 1979. Assessing the value of frost forecasts to orchardists: A decision-analytic approach. 14th Conference On Agricultural and Forest Meteorology Am. Meteorol. Soc.,Minneapolis, Minnesota.
12. Lindkvist, L., T. Gustavsson and J. Bogren. 2000. A frost assessment method for mountainous areas. Agric . For . Meteorol.102: 51-67
13. Smith, R. M. 1973. Frost forecasting for Christchurch. New Zeland Meteorological Service, Tecno. Note 217: 1-5.
14. Snyder, R. L. 2000. Predicting temperature trends during freeze nights. Dept. of Land, Air and Water Res., Univ. of California, Davis, CA 95616. USA.
15. Thom, H. C. S. and R. H. Show. 1958. Climatological analysis of freeze data for Iowa. Mon. Weather Rev. 86: 251-257.
16. Ventskevich, G. Z. 1958. Agrometeorology. National Sci. Foundation Pub., USA.
17. Whiteman, T. M. 1957. Freezing points of fruits, vegetables and florist stocks. U. S. Dept. of Agric. Marketing Res. Report No. 196, 32pp.
18. Wynjones, R. G. and J. Pritchard. 1993. Stresses of membrane and cell walls. *In*: H. G. Jones, T. J. Flowers and M. B. Jones (Eds.), Society for Experimental Biology. Seminar Series 39, Plant under Stress, Cambridge University Press, England.