

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 تغییرسنگی سازمان آب منطقه‌ای و ۵ ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی در استان فارس استفاده گردید. ابتدا دو معیار زمانی اول فروردین ماه (برای تجزیه و تحلیل سرمهاهای 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 برآراش داده شده و بهترین تابع توزیع طبق پارامتر آماری میانگین مربع خطأ انتخاب گردید (توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ و توزیع پیرسون تیپ ۳). 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 نرم‌افزار Surfer، نقشه‌های هم‌مقدار مربوط به هر کدام از تاریخ وقوع‌ها در سطح استان فارس رسم شد. با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان تاریخ وقوع انواع سرمآذگی‌ها را برای تصمیم‌گیری جهت انتخاب تاریخ مناسب کاشت و برداشت محصولات کشاورزی در نقاط مختلف استان پیش‌بینی نمود.

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

مقدمه
اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۷). یکی از مسایلی که تولیدات کشاورزی را در نقاط مختلف دنیا تهدید می‌کند، سرمآذگی و یخبندان است. به همین دلیل محافظت گیاهان در مقابل تنفس سرمایی یکی از موضوعات مهم و قابل بحث در کشاورزی و به طور ویژه، تولید میوه‌ها و گیاهان بااغی با ارزش

از آنجا که تولید مواد غذایی بهتر و بیشتر یکی از مسایل مهم دنیای کنونی به حساب می‌آید و نظر به این که 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

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

۲. کارشناس سازمان هواشناسی شیراز

استرالیا، احتمال وقوع سرمازدگی در دمای ۶ درجه سانتی گراد (دماهای بزرگ‌تر و نزدیک به صفر) بسیار کم و در دماهای کمتر از صفر درجه سانتی گراد زیاد است.

کنتر 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. ونس کویچ (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 پریلوطی و سپاسخواه (۲) با انجام پژوهشی تحت عنوان بررسی آماری اولین سرمای بهاره و یخبندان‌های زودرس پاییزه در مناطق باجگاه و کوشک 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 به دست آورده و در نهایت تصمیم‌گیری مدیریتی لازم برای کاهش خسارت ناشی از سرمازدگی و یخبندان انجام شد.

در این تحقیق دمای صفر الی $-1/5$ الی $-1/5$ و کمتر از -3 درجه سانتی گراد به ترتیب 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

بالاست (۶). به عنوان مثال داده‌های گزارش شده در سال زراعی ۱۳۷۵-۷۶ برای استان فارس، نشان می‌دهد که میزان آسیب ناشی از سرمای هوا برای تولیدات گوناگون زمستانه در سطح ۲۶ الی ۳۱ هکتار به مقدار $53/4$ تا $53/4$ میلیون ریال، برای تولیدات تابستانه در سطح ۵ الی ۲۷۶۵ هکتار به مقدار ۲۰ تا ۹۹۰ میلیون ریال و برای درختان مرکبات و انار در سطح ۲۰ الی ۱۲۲۴ هکتار به مقدار ۶۰ تا ۲۵۸۰ میلیون ریال و جمعاً در $7/3$ هزار هکتار به مقدار $18/6$ 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 به صورتی 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 برندند که معمولاً آخرین سرمازدگی‌ها در بهار و اولین سرمازدگی‌ها در پاییز از نوع تشبعی است.

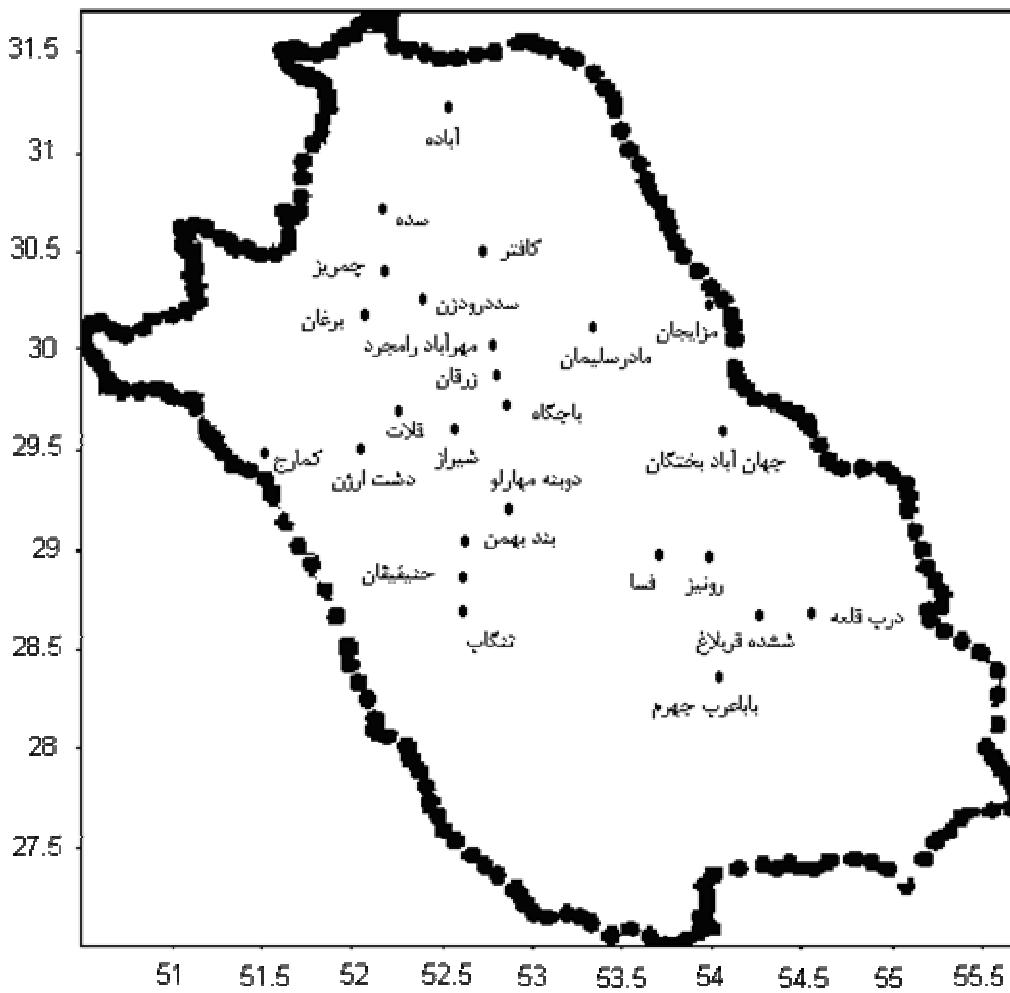
کارپیرو (۱۰) دریافت که در مناطق کوهستانی دمای حداقل روزانه می‌تواند به عنوان معیاری مناسب جهت پیش‌بینی وقوع سرما به کار رود. این محقق توانست تاریخ وقوع آخرین سرمازدگی‌ها در بهار در منطقه موتانا را در روزهایی که حداقل دمای روزانه به 21 درجه سانتی گراد می‌رسید، تخمین بزند. باندوناس و همکاران (۹) خاطر نشان کردند که برای اکثر نقاط

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های تبخیرسنجدی مورد مطالعه در این تحقیق

شماره ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (دقیقه- درجه)	عرض جغرافیایی (دقیقه- درجه)	ارتفاع (متر)	دوره آماری (سال)
۱	قالات	۵۲-۱۹	۲۹-۴۸	۲۰۸۰	۲۶
۲	دوینه	۵۲-۴۹	۲۹-۲۱	۱۵۲۰	۱۸
۳	دشت ارزن	۵۱-۰۹	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	۲۲۱۵	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	شیشه قربلاع	۵۴-۰۱	۲۸-۵۶	۱۴۰۰	۱۵
۱۷	باباعرب جهرم	۵۳-۴۶	۲۸-۳۵	۱۰۸۰	۲۲
۱۸	کمارج	۵۱-۲۹	۲۹-۳۷	۸۴۵	۲۳
۱۹	حنینیقان	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

مشخصات این ۲۵ ایستگاه و همچنین نقشه موقعیت جغرافیایی این ایستگاه‌ها به ترتیب 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 مرحلی که ذکر شده است، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

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 تبخیرسنجدی مربوط به سازمان آب منطقه‌ای و ۵ ایستگاه مربوط به سازمان هواشناسی دارای آمار در درازمدت (بالاتر از ۱۵ سال) هستند.



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

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 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 عدد a بین ارقام نوشته شده در جدول مذکور قرار گیرد، داده‌ها همگن می‌باشند، یعنی تصادفی، بودن آنها در سطح ۹۵ درصد مورد قبول است (۶).

۱. تعیین و حذف داده‌های برت

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 نرم افزار 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 به ترتیب زیر مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲. جدول آزمون Run-Test

۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵
۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱
۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۸
۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۱۰	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۴
۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۲
۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۱	۱۱	۱۰	۵
۶	۶	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۶
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۳	۱۳	۱۳	۱۲	۱۲	۱۱	۶
۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۵	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۳	۷
۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۳	۱۳	۷
۷	۷	۷	۷	۷	۶	۶	۶	۶	۶	۵	۵	۵	۴	۴	۸
۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۵	۱۵	۱۴	۱۴	۱۴	۸
۸	۸	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۶	۶	۶	۵	۵	۵	۵	۹
۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۱۶	۱۶	۱۶	۱۵	۱۵	۱۵	۹
۹	۸	۸	۸	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۶	۶	۶	۶	۶	۱۰
۲۰	۲۰	۱۹	۱۹	۱۹	۱۸	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۶	۱۶	۱۶	۱۰
۹	۹	۹	۹	۸	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۱۱
۲۱	۲۱	۲۰	۲۰	۲۰	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۱
۱۰	۱۰	۹	۹	۹	۸	۸	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۱۲
۲۲	۲۲	۲۱	۲۱	۲۱	۲۰	۲۰	۲۰	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹	۱۲
۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۹	۹	۹	۸	۸	۸	۸	۸	۸	۱۳
۲۳	۲۳	۲۲	۲۲	۲۱	۲۱	۲۱	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۱۳
۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۱۴
۲۴	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۲	۲۲	۲۲	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۱۴
۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۵
۲۵	۲۴	۲۴	۲۳	۲۳	۲۳	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۲۲	۱۵
۱۲	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۶
۲۵	۲۵	۲۵	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۱۶
۱۳	۱۲	۱۲	۱۲	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۷
۲۶	۲۶	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۱۷
۱۳	۱۳	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۸
۲۷	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۲۶	۱۸
۱۳	۱۳	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۹
۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۲۷	۱۹
۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۲۰

۳. تعیین تاریخ وقوع سرما یا یخنده‌های 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 با همگن بودن آمار تمام ایستگاه‌ها بود.

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 به دست آمده حاکی از همگن بودن آمار تمام ایستگاه‌ها بود.

تاریخ‌ها برآش داده شده و بهترین تابع توزیع با توجه به پارامتر آماری میانگین مربع خطأ (Root Mean Square) که معادله آن در زیر آمده است، مشخص شد (۳).

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

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

۵. تعیین اولین و آخرین تاریخ‌های وقوع سرما یا یخبدان‌های 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 یخبدان 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 سرمایزدگی 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 یخبدان‌های 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.

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 سرماهی بهاره و اول مهرماه برای تجزیه و تحلیل یخبدان‌های پاییزه و زمستانه، به عبارت دیگر دماهای زیر صفر در فصل پاییز و زمستان به عنوان سرما و دماهای زیر صفر در فصل ۱/۵-۱/۵-۳-۳ درجه سانتی‌گراد نیز در بررسی‌ها منظور گردید. محدوده صفر الی ۱/۵-به عنوان سرما یا یخبدان‌های ملایم، محدوده ۱/۵-۳-به عنوان سرما یا یخبدان‌های متوسط و محدوده کمتر از ۳-درجه سانتی‌گراد به عنوان سرما یا یخبدان‌های 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 یخبدان‌ها 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 یخبدان‌های ملایم، متوسط و شدید به صورت جدول دسته بندی شد.

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

در این مرحله اعداد به دست آمده برای اولین و آخرین سرمایزدگی یا یخبدان‌های ملایم، متوسط و شدید و همچنین تاریخ‌های وقوع کمترین دمای حداقل در هر ایستگاه به صورت جداگانه توسط نرم‌افزار SMADA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. توسط نرم‌افزار ذکر شده تابع توزیع‌های مختلف بر این

Surfer نقشه‌های هم مقدار 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 می‌افتد. 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 کشته شده‌اند. مثلاً محصول گوجه‌فرنگی در استان فارس در زمان‌های مختلف کشته شود. 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 کشته صیفی جاتی 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 کشته این نوع گیاهان در اوخر 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 چهار 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.

نتایج و بحث

نتایج به دست 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 به دست 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 توزیع های 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 برآش 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

جدول ۳: نتایج به دست آمده از نرم افزار Smada در مورد اولین و آخرين تاریخ وقوع سرواهها نسبت به اول فرودین ماه با احتمال ۷۰ درصد

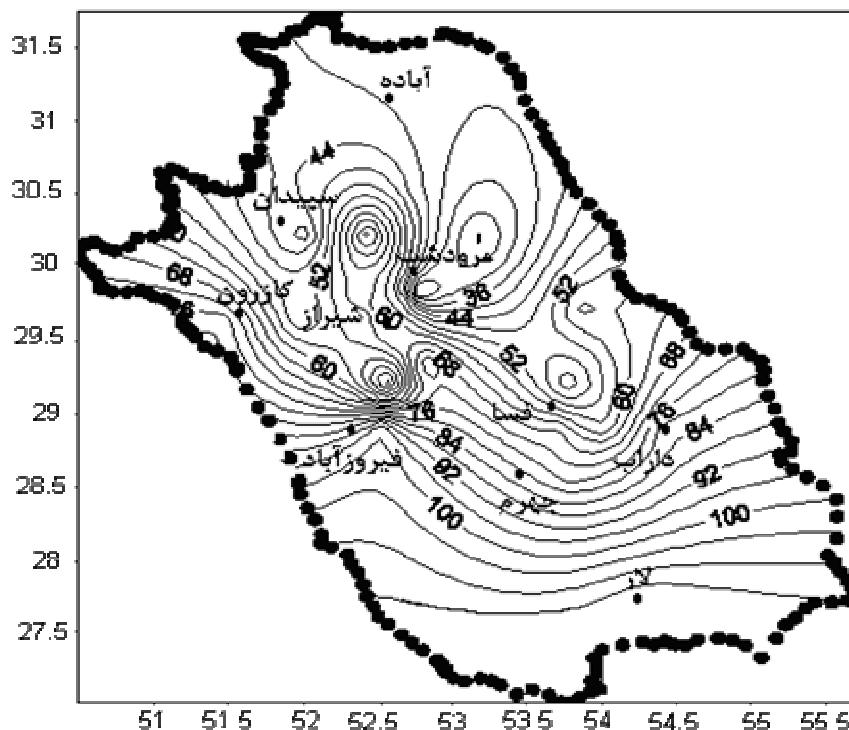
آخرين سرمادگي شاندیز	آخرين سرمادگي متوسط	آخرين سرمادگي شدید	اولين سرمادگي شاندیز	اولين سرمادگي متوسط	اولين سرمادگي شدید	ایستگاه
۷	۸	۱۰	۱۶	۳	۲	برغان
۱۴	۱۹	۱۸	۵	۴	۲	باجگاه
۱۱	۱۲	۱۱	۳	۲	۴	مادر سلیمان
۹	۹	۹	۰	۲	۲	کافتر
۱۰	۲۰	۱۵	۰	۰	۴	سلده
			دشت ازدن	دشت ازدن	دشت ازدن	حنفیه قان

جدول ۴. نتایج بدست آمده از نرم افزار Smada در مورد اولین و آخرین تاریخ وقوع یخچانها و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل

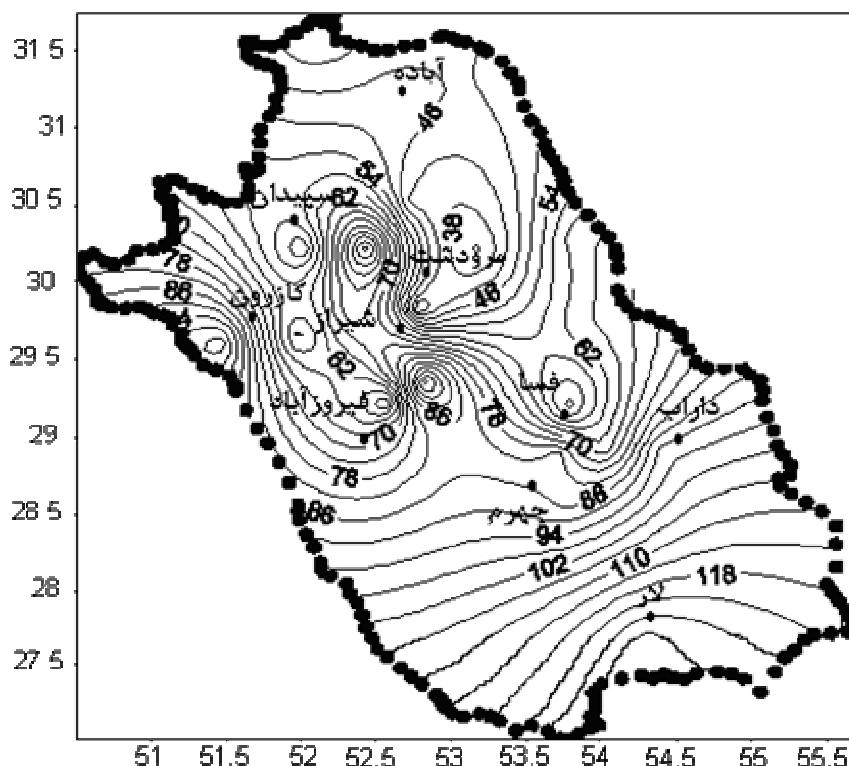
جدول ۴. نتایج بدست آمده از نرم افزار Smada در مورد اولین و آخرین تاریخ وقوع یخچانها و هم‌چنین تاریخ وقوع کمترین دمای حداقل
نسبت به اول مهر ماه با احتمال ۹۰٪ درصد

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

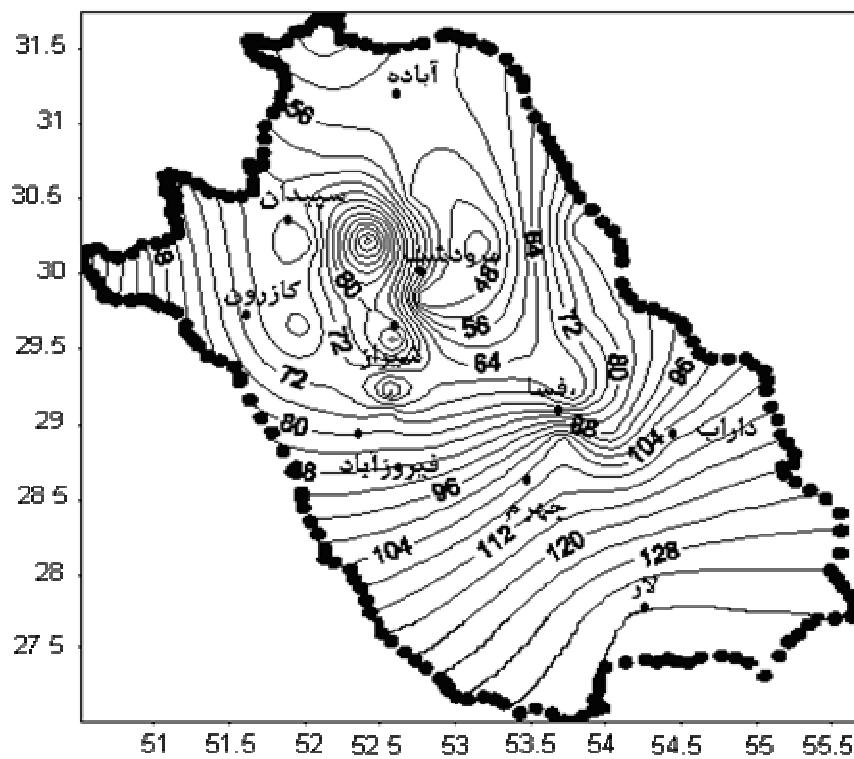
کد	نام شهر	اولین یخچان	آخرین یخچان	آخرین یخچان	اولین یخچان	آخرین یخچان	آخرین یخچان	متوجه	شلیل	سردرین روز نسبت به اول مهر ماه
۱۰۶	فسا	۱۰۷	۱۰۰	۱۵۲	۱۷۲	۱۳۹	۱۲۵	۱۲۵	۱۱۷	۱۱۷
۹۰	دوشه	۱۱۷	۱۱۷	۱۵۷	۱۲	۱۸	۱۲۷	۱۵۷	۹۰	۹۰
۹۹	دشت اردن	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۸	۵۳	۱۷۸	۱۲۶	۱۷۸	۱۰۶	۹۹
۱۱۰	پند پهمن	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۲	۱۱	۱۷۲	۱۱۷	۱۷۲	۱۱۰	۱۱۰
۹۷	برغان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۸	۱۱	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۹۷	۹۷
۱۰۷	مهرآباد رامجرد	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۹	۵۱	۱۷۹	۱۱۷	۱۷۹	۱۰۷	۱۰۷
۹۸	چمران	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۳	۳۳	۱۷۳	۱۷۳	۱۷۳	۹۸	۹۸
۱۰۱	جهان آباد پنگان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۸	۱۰	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۰۱	۱۰۱
۱۰۹	پالیگاه	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۲	۳۳	۱۷۲	۱۷۲	۱۷۲	۱۰۹	۱۰۹
۱۱۶	مادرسلیمان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۲	۳۳	۱۷۲	۱۷۲	۱۷۲	۱۱۶	۱۱۶
۱۱۷	کافر	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۰	۱	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰	۱۱۷	۱۱۷
۱۱۱	سدله	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۴	۵۰	۱۷۴	۱۷۴	۱۷۴	۱۱۱	۱۱۱
۱۱۲	مولویان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۶	۱۱	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۱۲	۱۱۲
۹۰	درب قلعه	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۶	۸۷	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۹۰	۹۰
۱۰۳	روینز	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۵	۱۰۶	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۰۳	۱۰۳
۹۳	شمشله قربان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۳	۳۳	۱۷۳	۱۷۳	۱۷۳	۹۳	۹۳
۱۰۳	پالیور بجهنم	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۸	۸۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۰۳	۱۰۳
۹۲	کهارچ	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۳	۱۰	۱۷۳	۱۷۳	۱۷۳	۹۲	۹۲
۱۰۱	چنینقان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۶	۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۷۶	۱۰۱	۱۰۱
۱۱۰	تیکاب	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۷	۷۶	۱۷۷	۱۷۷	۱۷۷	۱۱۰	۱۱۰
۱۰۸	سد در درن	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۵	۱۰۸	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۰۸	۱۰۸
۱۱۷	شیاز	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۵	۹۱	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۱۷	۱۱۷
۱۰۳	زرقان	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۵	۶۲	۱۷۵	۱۷۵	۱۷۵	۱۰۳	۱۰۳
۱۰۹	آباده	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۸	۵۱	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۰۹	۱۰۹
۱۱۰	فسا	۱۱۷	۱۱۷	۱۷۸	۱۰۷	۱۷۸	۱۷۸	۱۷۸	۱۱۰	۱۱۰



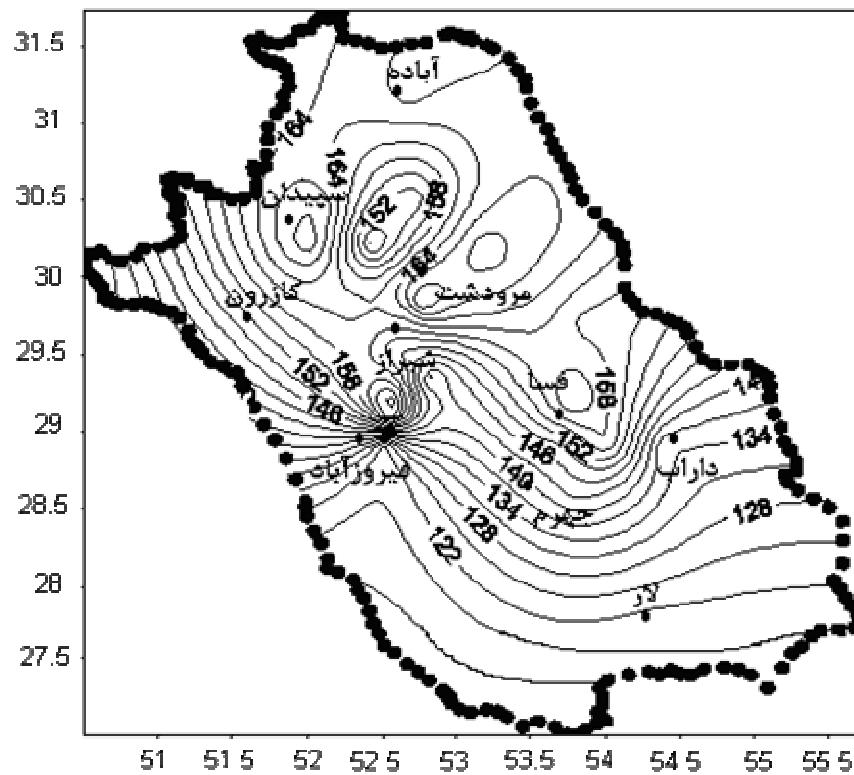
شکل ۲. خطوط هم‌مقدار اولین تاریخ وقوع یخندهان‌های ملایم نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



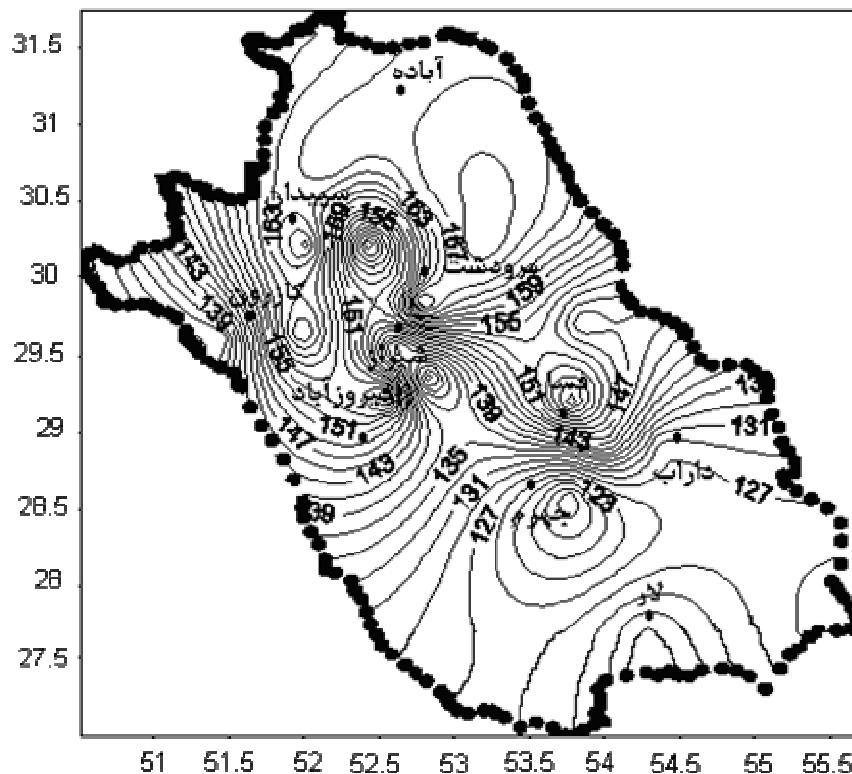
شکل ۳. خطوط هم‌مقدار اولین تاریخ وقوع یخندهان‌های متوسط نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



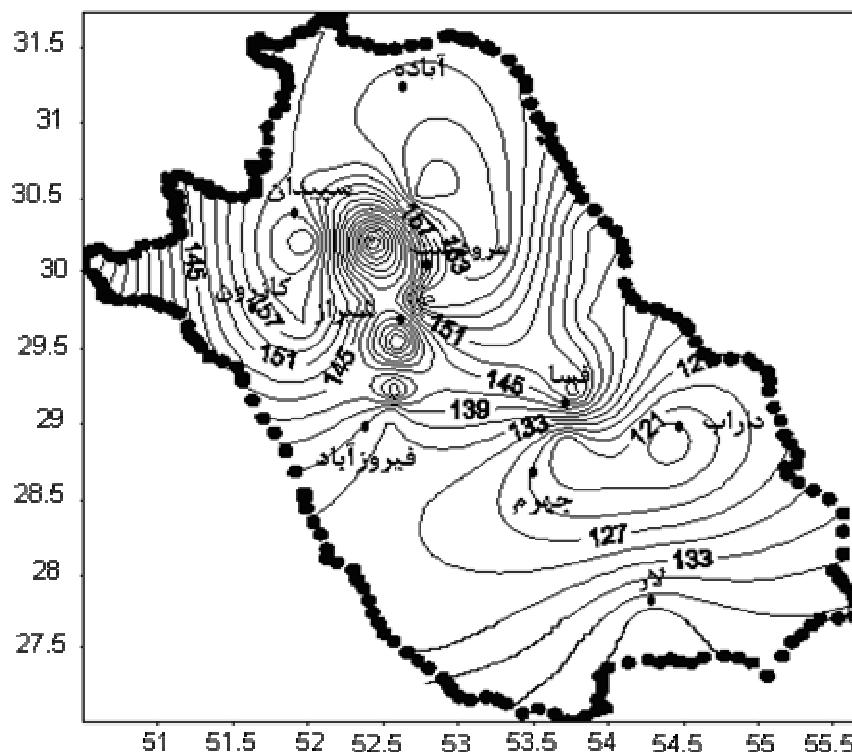
شکل ۴. خطوط هم مقدار اولین تاریخ وقوع یخندهانهای شدید نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



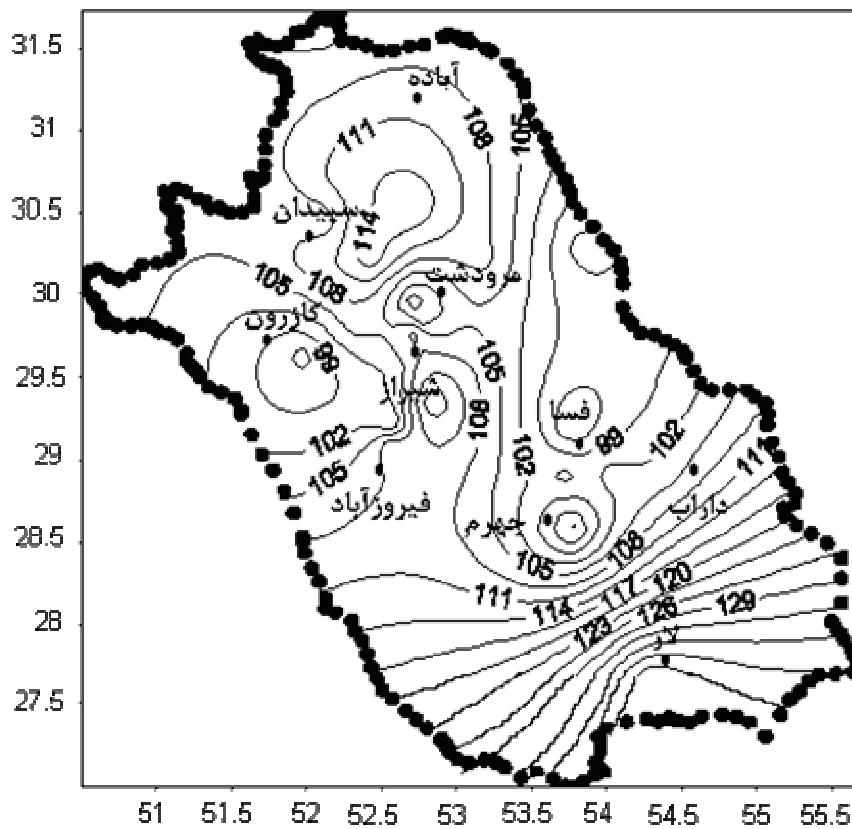
شکل ۵. خطوط هم مقدار آخرین تاریخ وقوع یخندهانهای ملایم نسبت به اول مهرماه با احتمال ۷۰ درصد در استان فارس



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



شکل ۷. خطوط هم‌مقدار آخرین تاریخ وقوع یخنده‌های 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

آب‌های زیرزمینی شهرستان‌های فسا، فیروزآباد، کازرون و آباده که ما را در جمع آوری آمار مربوطه صمیمانه یاری فرمودند، کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

سپاسگزاری

از آقای مهندس عابدینی کارشناس محترم واحد مطالعات منابع آب سازمان آب منطقه‌ای شیراز و کارشناسان محترم اداره

منابع مورد استفاده

- حقیقت، م. و س. رنجبر. ۱۳۷۶. تعیین تاریخ وقوع یخندهان‌های شدید و ملایم در استان فارس. اداره کل هواشناسی استان فارس.
- خلجی پیربلوطي، م. و ع. ر. سپاسخواه. ۱۳۷۳. بررسی آماری اولین سرمای بهاره و یخندهان‌های زودرس پاییزه در مناطق باجگاه و کوشک استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشگاه شیراز.
- زنده‌پارسا، ش.، ع. ر. سپاسخواه و ت. هنر. ۱۳۷۵. انتخاب تابع توزیع مناسب جهت تجزیه و تحلیل فراوانی تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ایران. ارایه شده در ششمین سمینار آبیاری و کاهش تبخیر، شهریور ۱۳۷۵ - کرمان.
- سپاسخواه، ع. ر. و ب. قهرمان. ۱۳۶۸. تعیین مشاهدات استثنایی در سری داده‌های هیدرولوژیکی. نشریه فنی شماره ۱۲، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
- ضیایی، ع. ر. ۱۳۸۲. تعیین اطلس سرمایدگی استان فارس با استفاده از آمار هواشناسی. پایان‌نامه 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. نظامالسادات، م.ج. ، ع.ر. سپاسخواه و ش. محمدی. ۱۳۸۰. بررسی رابطه دمای نقطه شبنم روزانه و دمای کمینه (حداقل) روز بعد در منطقه جهرم استان فارس. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵ (۳): ۱۷-۹.
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.