نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۹۰۴-۸۹۲

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 892-904

بررسی درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر در خراسان جنوبی به منظور شناسایی مناطق مستعد کشت زعفران با استفاده از GIS

سعیده کوزه‌گران[۱]- محمد موسوی بایگی[۲*]- سید حسین ثنایی نژاد[۳]- محمدعلی بهدانی[۴]

تاریخ دریافت:۸۹/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش:۹۰/۴/۲۸

چکیده

آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هرگونه فعالیت کشاورزی می‌باشد. لذا شناخت اقلیم و بررسی نیازهای اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی از مهمترین عوامل موثر در تولید است. زعفران یکی از با ارزش‌ترین گیاهانی است که در شرایط اقلیمی خاص کشت می‌شود و مراحل رشد و نمو آن منحصر به فرد است و بیش از ۹۰درصد تولید جهانی آن به ایران اختصاص دارد و علی رغم قدمت کشت آن در مقایسه با سایر محصولات زراعی در کشور تولید آن عمدتا بر دانش بومی متکی بوده است. با بررسی اثر پارامترهای هواشناسی برعملکرد زعفران و تعیین مناطق مساعد کشت زعفران بر اساس این پارامترها می‌توان در راستای توسعه کشاورزی و اقتصادی در مناطق کشت زعفران پیشرفت زیادی نمود. آمار و اطلاعات ۲۰ ساله ایستگاه‌های هواشناسی منطقه و عملکرد زعفران درمناطق مورد مطالعه، دریک دوره‌ی ده ساله، گردآوری و استفاده شد. آنالیز رگرسیونی و ایجاد معادلات بر روی پارامترهای درجه حرارت های حداقل، میانگین و حداکثر و رابطه این پارامترها بر عملکرد بوسیله نرم افزار JMP 4 انجام گرفت. سپس نقشه‌های رقومی پهنه‌بندی با استفاده از نرم افزار ArcGIS9.2 ترسیم شد. نتایج نشان داد که درجه حرارت حداقل در ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی تاثیرگذارتر بر عملکرد نسبت به سایر ماه‌ها می‌باشند. از نظر درجه حرارت میانگین، ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی موثرتر می‌باشند. درجه حرارت حداکثر در ماه‌های آبان، آذر، دی و اسفند، بیشترین تاثیر را بر عملکرد می‌گذارد. همچنین با بررسی معادلات و نقشه‌های پهنه‌بندی ایجاد شده و نقشه پهنه‌بندی نهایی مشخص شد که اکثر مناطق استان در شرایط مناسب یا نیمه مناسب قرار دارند. مناطق شمال و شمال شرقی استان دارای بهترین موقعیت از لحاظ درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر برای کشت زعفران بوده و مناطق مرکزی استان نیمه مستعد و جنوب و جنوب غربی استان نامستعد می‌باشند.

واژه های کلیدی: عملکرد زعفران، درجه حرارت حداقل، درجه حرارت میانگین، درجه حرارت حداکثر، GIS[۵]

مقدمه

بحث امنیت غذایی و تولید محصولات و فرآورده‌های کشاورزی سالم یکی از مشکلات مهم بشر امروزی می‌باشد. با توجه به تاثیرپذیری غیر قابل انکار گیاهان زراعی از تغییرات اقلیمی هر منطقه، شناخت این ویژگی‌ها و خصوصیات در هر منطقه به برنامه-ریزان و کشاورزان آن منطقه کمک می‌نماید تا با آگاهی کافی نسبت به امکان بروز حوادث جوی به تنظیم برنامه کشت و کار و برداشت محصول و همچنین انتخاب نوع کاشت اقدام نمایند. آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هرگونه فعالیت کشاورزی است. تاثیر عوامل آب و هوایی بر کشاورزی از سایر فعالیت‌ها بیشتر بوده و به همین دلیل شناخت روابط متغیرهای اقلیمی بر محصولات، اهمیت و ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی برای کشورها دارد (۳).

زعفران به عنوان ارزشمندترین محصول کشاورزی و دارویی جهان و چاشنی غذایی جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر ایران بزرگترین تولیدکننده و صادر کننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۰ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (۲). زعفران یکی از گیاهان سودآور در الگوی کشت نواحی جنوبی و مرکزی خراسان

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mousavi500@yahoo.com)
۴- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

5-Geographic Information Systems

می‌باشد. زعفران تولیدی از این مناطق باعث شده تا ایران بزرگترین تولید کننده زعفران در جهان باشد. سطح زیر کشت زعفران در خراسان حدود ۴۶۳۰۰ هکتار می‌باشد که معادل ۹۸/۳ درصد سطح زیر کشت آن در ایران است. تولید سالیانه آن در خراسان حدود ۱۳۸ تن بوده که معادل ۹۸ درصد تولید زعفران کل کشور است (۲۰).

مولینا و همکاران (۱۷) در مطالعه‌ای به اثر درجه حرارت بر گلدهی زعفران پرداختند و گزارش نمودند که: «بهترین دما برای گلدهی زعفران بین ۲۳ تا ۲۷ درجه سلسیوس است». در ادامه تاثیر مدت زمان قرار گرفتن پیاز زعفران در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مورد تحلیل قرار گرفت. گلدهی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس است و حداکثر مقدار گلدهی در ۲۵ درجه سلسیوس در دوره ای به مدت ۹۰ تا ۱۵۰ روز می‌باشد. اگر مدت قرار گرفتن پیاز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به ۱۸۰ روز برسد گلدهی آن نسبت به دوره ۹۰ تا ۱۲۰ روز کمتر می‌شود.

بهدانی و همکاران (۶) سه مدل دمایی مختلف را برای پیش‌بینی زمان گلدهی زعفران در چهار شهر تربت حیدریه، گناباد، بیرجند و قائن مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که زمان شروع گلدهی زعفران با میانگین درجه حرارت ماهانه ارتباط نزدیکی داشته و با استفاده از مدل ساده خطی به خوبی قابل پیش بینی می‌باشد.

مشایخی و همکاران (۱۶) تاثیر دما را بر گلدهی زعفران محاسبه نمودند. آن‌ها دو آزمایش با دوره آماری ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۲ و ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۲ در زمینهای تحقیقاتی کشاورزی گناباد انجام دادند. به این ترتیب که هر دو زمین در ۲۰ سپتامبر به زیر کشت رفتند و تعداد گل‌ها در هر روز بعد از اولین گلدهی در طول ۴ و ۳ سال متوالی ثبت می‌شد. علاوه بر آن فاصله زمانی تا اولین روز گلدهی نیز مورد تحلیل قرار گرفت. ایشان در نهایت نتیجه گرفتند که همبستگی بین DFO[1] با دما از اهمیت بیشتری برخوردار است.

هالوی (۸) تغییرات دمای ماهانه را مهمترین عامل محیطی در تنظیم گلدهی بسیاری از گیاهان پیازدار دانسته و اضافه کرده است که دما می‌تواند مهمترین عامل در تنظیم گلدهی زعفران باشد.

کمالی (۴) به مطالعه بیوکلیمایی زعفران در خراسان پرداخته و در مورد زمان گلدهی بیان داشت که اگر در اوایل پاییز دمای هوا به طور منظم و مدام کاهش یابد و اگر قبل از دو هفته به اینکه دما به زیر ۱۵ درجه سانتی‌گراد برسد مزرعه زعفران آبیاری شود دوران گلدهی آغاز شده و براساس شدت و ضعف دما، زمان و دوران گلدهی نیز تغییر می‌یابد ولی اگر برعکس، درجه حرارت نامنظم باشد فعالیت گلدهی دچار اختلال شده و ممکن است قبل از ظهور گل، برگها از خاک خارج شوند و باعث بروز مشکلاتی در برداشت گل و همچنین پایین آوردن کیفیت زعفران می‌شود.

در این تحقیق با توجه به اهمیت تاثیر درجه حرارت بر عملکرد زعفران، در ماه‌های مهر تا اردیبهشت، دماهای حداقل و حداکثر و میانگین دراین ماه‌ها در استان خراسان جنوبی مورد مطالعه قرار گرفت تا با بررسی و آنالیز نتایج به دست آمده و شناسایی ماه‌های تاثیرگذار و انطباق آنها با عملکرد زعفران، مناطق مناسب برای این محصول از نظر پارامترهای بررسی شده شناسایی و تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی اعم از سینوپتیک، کلیماتولوژی، تبخیر سنجی در داخل استان و سه ایستگاه در خارج مرز استان، برای بالا بردن سطح دقت استفاده شد، که این آمار از سازمان هواشناسی و سازمان آب منطقه‌ای دریافت شد.

در این مطالعه همچنین عملکرد زعفران (برحسب کیلوگرم در هکتار) درمناطق مورد کشت برای یک دوره ی مشترک ده ساله از سازمان جهاد کشاورزی استان و ادارات جهاد کشاورزی در شهرستان ها دریافت شد که مشخصات آن در شکل ۱ آمده است. برای رسم نقشه‌های رقومی پهنه‌بندی پارامترهای هواشناسی از نرم‌افزار ArcGIS 9.2 استفاده شد. به این منظور با استفاده از پارامترهای درجه حرارت های حداقل، حداکثر و میانگین در هر ایستگاه درماه-های مهر تا اردیبهشت – ماه هایی که مصادف با رشد رویشی زعفران بوده و تاثیر بیشتری بر عملکرد آن دارد– و موقعیت مکانی شامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی منطقه اقدام به استخراج معادلات مناسب بین پارامتر هواشناسی و طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع منطقه در جهت پهنه‌بندی گردید.

این معادلات که در جداول ۲ ،۳ و۴ آورده شده است با استفاده از نرم افزار Jmp4 به دست آمده و سیستم مختصات نقاط بر حسب واحد سیستم مختصات جهانی مرکاتور (UTM)[2] می باشد. در این معادلات I، پارامتر هواشناسی مورد نظر در ماه‌های مورد مطالعه و x، طول جغرافیایی و y، عرض جغرافیایی و h، ارتفاع بر حسب متر می-باشند.

در نرم افزار ArcGIS برای پهنه‌بندی از روش‌های مختلف میان‌یابی استفاده می‌شود. هارت کمپ و همکاران (۱۰) در مقاله‌ای تحت عنوان تکنیک‌های درون‌یابی برای پارامترهای اقلیمی پس از بررسی روش‌های درون‌یابی متفاوت برای بررسی پارامترهای اقلیمی مختلف در نهایت روش درون‌یابی Spline را به عنوان مناسب‌ترین روش شناخته و برای درون‌یابی پارامترهای اقلیمی پیشنهاد کردند. هوتچیسن (۱۲) نیز برای پهنه‌بندی پارامترهای مختلف هواشناسی در استرالیا از روش درون‌یابی Spline استفاده نموده است.

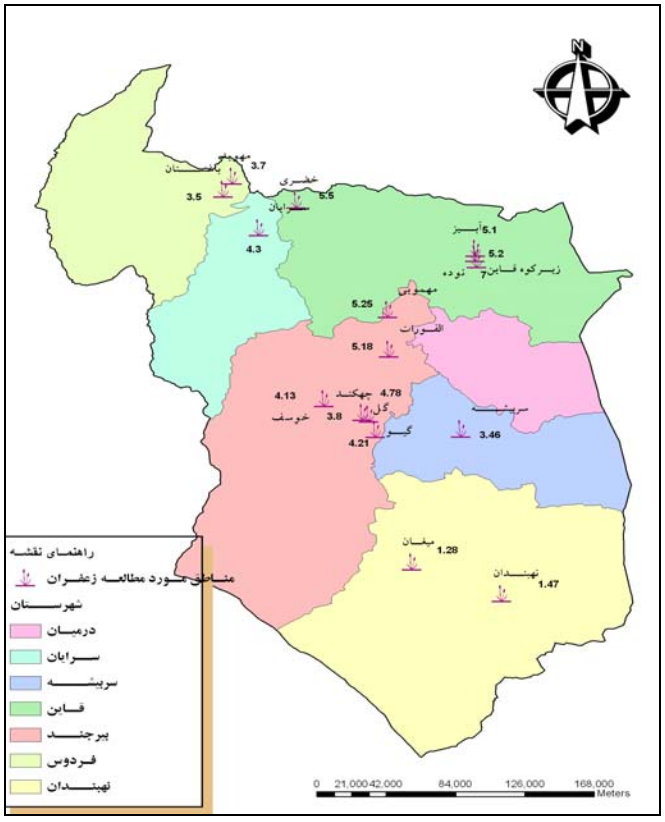
1 - Days to flowering onset ,DFO

2-Universal Transverse Mercator coordinate system

تیت و همکاران (۱۹) در تحقیقی بیان داشتند که اغلب پارامترهای هواشناسی از ارتفاع تاثیر می‌پذیرند و روش Spline را برای درون‌یابی به همراه دو متغیر مکانی طول و عرض جغرافیایی برای انجام تحقیق خود به کار برده و آن را به عنوان مناسب‌ترین روش پیشنهاد کردند. با توجه به مطالب فوق روش Spline برای پهنه‌بندی پارامترهای هواشناسی مورد مطالعه در این تحقیق با استفاده از معادلات در جداول۲، ۳ و۴، به کاربرده شد.

جدول۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه(بر حسب سیستم UTM)

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	نوع ایستگاه
۱	بیرجند	۷۰۴۰۲۲	۳۶۳۹۵۲۹	۱۴۹۱	سینوپتیک
۲	قاین	۶۹۸۸۹۰	۳۷۳۶۱۹۳	۱۴۳۲	سینوپتیک
۳	فردوس	۶۰۷۹۳۶	۳۷۶۴۳۶۰	۱۲۹۳	سینوپتیک
۴	سربیشه	۷۶۲۸۲۹	۳۶۰۸۶۱۵	۱۸۳۰	تبخیر سنجی
۵	نهبندان	۷۸۶۶۶۴	۳۴۹۳۳۴۳	۱۲۱۱	سینوپتیک
۶	بشرویه	۵۳۸۵۴۲	۳۷۴۸۴۸۲	۸۸۵	سینوپتیک
۷	خور	۶۳۵۵۴۴	۳۶۴۴۱۲۰	۱۱۱۷	سینوپتیک
۸	اسدآباد	۷۸۲۸۳۲	۳۶۴۶۶۸۸	۱۴۹۰	کلیماتولوژی
۹	افین	۷۵۵۶۱۸	۳۷۱۳۲۴۷	۱۴۱۰	تبخیر سنجی
۱۰	موسویه	۶۷۷۱۷۲	۳۶۸۵۵۲۹	۱۳۵۰	تبخیر سنجی
۱۱	گناباد	۶۵۳۸۲۰	۳۸۰۲۲۴۸	۱۱۱۰	سینوپتیک
۱۲	زابل	۹۲۹۲۳۶	۳۴۴۳۴۲۳	۴۸۹	سبنوپتیک
۱۳	طبس	۴۹۲۲۶۸	۳۷۱۷۸۰۹	۷۱۱	تبخیر سنجی



شکل۱- مناطق مورد مطالعه زعفران در استان خراسان جنوبی

جدول۲- معادلات همبستگی استخراج شده جهت پهنه‌بندی میانگین درجه حرارت حداقل در ماه‌های مورد مطالعه

درجه حرارت حداقل	معادله	R^2
فروردین	I=۸۹/۱۵۹- ۰/۰۰۰۰۱۳x -۰/۰۰۰۰۱۶y- ۰/۰۰۹۲۳h	۰/۹۳
اردیبهشت	I=۱۰۷/۹۳- ۰/۰۰۰۰۱۶x -۰/۰۰۰۰۱۹y – ۰/۰۰۹۱۹h	۰/۹۴
مهر	I=۷۷/۷۱- ۰/۰۰۰۰۱۵x -۰/۰۰۰۰۱۳y- ۰/۰۰۷۷۴h	۰/۸۶
آبان	I=۱۲/۸۲۲- ۰/۰۰۰۰۰۶x -۰/۰۰۰۰۰۱۴y - ۰/۰۰۶۷h	۰/۸۰
آذر	I=۶۶/۹۹۷- ۰/۰۰۰۰۱۳x -۰/۰۰۰۰۱۴y – ۰/۰۰۵۰۴h	۰/۸۲
دی	I=۳۱/۵۷۸- ۰/۰۰۰۰۰۶x -۰/۰۰۰۰۰۶y - ۰/۰۰۶۳h	۰/۸۱
بهمن	I=۵۶/۳۵۵- ۰/۰۰۰۰۰۹x -۰/۰۰۰۰۱۲y - ۰/۰۰۶۸h	۰/۸۸
اسفند	I=۸۰/۴۳۶- ۰/۰۰۰۰۱۳x -۰/۰۰۰۰۱۶y – ۰/۰۰۷۶۸h	۰/۹۱

جدول۳- معادلات همبستگی استخراج شده جهت پهنه‌بندی درجه حرارت میانگین در ماه‌های مورد مطالعه

درجه حرارت میانگین	معادله	R^2
فروردین	I=۹۷/۷۳- ۰/۰۰۰۰۱۱x -۰/۰۰۰۰۱۷y - ۰/۰۰۸۷h	۰/۹۷
اردیبهشت	I=۱۱۵/۹۸- ۰/۰۰۱۵ x -۰/۰۰۰۲y – ۰/۰۰۷۹h	۰/۹۷
مهر	I=۹۱/۵۶- ۰/۰۰۰۰۱۵x -۰/۰۰۰۰۱۵y – ۰/۰۰۵۵۸h	۰/۹۱
آبان	I=۲۳/۹۳- ۰/۰۰۰۰۴ x -۶/۰۲۷e^{-7} y – ۰/ ۰۰۴۶h	۰/۸۷
آذر	I=۷۳/۷۶- ۰/۰۰۰۰۱x -۰/۰۰۰۰۱۲y – ۰/۰۰۱۹h	۰/۸۹
دی	I=۵۴/۱۲- ۰/۰۰۰۰۰۷x -۰/۰۰۰۰۱۱y - ۰/۰۰۴۷h	۰/۸۸
بهمن	I=۷۴/۸۸۶- ۰/۰۰۰۰۰۹x -۰/۰۰۰۰۱۵y - ۰/۰۰۶۴h	۰/۹۳
اسفند	I=۹۳/۴۵- ۰/۰۰۰۰۱۲x -۰/۰۰۰۰۱۸y – ۰/۰۰۷۱۴h	۰/۹۶

جدول٤- معادلات همبستگی استخراج شده جهت پهنه‌بندی میانگین درجه حرارت حداکثر در ماه‌های مورد مطالعه

درجه حرارت حداکثر	معادله	R^2
فروردین	I=۱۰۷/۶۶- ۰/۰۰۰۰۱۱x -۰/۰۰۰۰۱۸y – ۰/۰۰۸۳۴h	۰/۹۷
اردیبهشت	I=۱۲۸/۲۶- ۰/۰۰۰۰۱۴x -۰/۰۰۰۰۲۲y - ۰/۰۰۶۸h	۰/۹۷
مهر	I=۱۰۶/۵۲- ۰/۰۰۰۰۱۵x -۰/۰۰۰۰۱۷y - ۰/۰۰۳۴h	۰/۹۱
آبان	I=۹۲/۴۸- ۰/۰۰۰۰۱۱x -۰/۰۰۰۰۱۷y - ۰/۰۰۷۲۴h	۰/۷۷
آذر	I=۷۶/۷۶- ۰/۰۰۰۰۰۷x -۰/۰۰۰۰۱۵y - ۰/۰۰۱۵h	۰/۸۵
دی	I=۷۴/۲۶۰- ۰/۰۰۰۰۰۷x -۰/۰۰۰۰۱۵y - ۰/۰۰۳۰h	۰/۸۹
بهمن	I=۹۱/۵۱- ۰/۰۰۰۰۱x -۰/۰۰۰۰۱۸y - ۰/۰۰۵۹h	۰/۹۷
اسفند	I=۱۰۴/۴۷۸- ۰/۰۰۰۰۱۱x -۰/۰۰۰۰۱۹y – ۰/۰۰۶۶h	۰/۹۷

در این روش مقادیر مجهول از طریق یک تابع ریاضی تخمین زده می‌شوند، این تابع با عبور دادن یک منحنی از نقاط معلوم این عمل را انجام می‌دهد.

پس از پهنه‌بندی پارامترهای درجه حرارت های حداقل، حداکثر و میانگین توسط نرم افزار ArcGIS9.2 با استفاده از درون یابی Spline و با توجه به طول و عرض مناطق کشت زعفران برای این مناطق پارامترهای درجه حرارت های حداقل، حداکثر و میانگین از نقشه‌ها استخراج گردید. تاثیر این پارامترها بر عملکرد در هر ماه بررسی شد.

سپس در این بررسی با استفاده از معادلات رگرسیون چند متغیره گام به گام[1]، حذف تدریجی[2]، اثر متغیرهای مستقل را به صورت همزمان بر روی متغیر وابسته بررسی شد. بدین صورت که برای هر پارامتر در ماه های مختلف با استفاده از رگرسیون گام به گام از طریق نرم افزار Jmp4 رابطه بین عملکرد و پارامترهای مناسب‌تر ایجاد شد. با توجه به کثرت نقشه های ایجاد شده فقط نقشه‌های مربوط به ماه

1 -Stepwise
2 -Backward

هایی در این تحقیق آورده شد که در معادله نهایی رگرسیون گام به گام از نظر پارامتر مورد بررسی، موثر شناخته شد.

نتایج و بحث

درجه حرارت حداقل

در نقشه هم‌دمای مهرماه همانگونه که مشاهده می‌شود مناطقی که میانگین درجه حرارت‌های حداقل۴ تا ۸ درجه سانتی‌گراد را دارد، دارای عملکرد زعفران بیشتر می‌باشد و بین عملکرد زعفران و کاهش درجه حرارت حداقل هم رابطه مستقیمی وجود دارد (شکل۲-الف). در آبان ماه نقشه‌های هم‌دما بیانگر این است که عملکردهای بالا در محدوده دمایی ۳°c-۰ می باشد (شکل۲-ب). نقشه‌های هم‌دما در آذر ماه نشان می‌دهد که با افزایش عرض جغرافیایی و ارتفاع، دما کاهش می‌یابد و به همین ترتیب عملکرد نیز از جنوب استان به شمال استان افزایش می‌یابد و مناطقی که دما ۴-۰ درجه سانتی گراد می‌باشد شاهد عملکرد بیشتر در مناطقی با دمای کمتر در آذر ماه می‌باشد (شکل۲-ج). در دی‌ماه دما تحت تاثیر طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع تغییر یافته و رابطه نسبتاً مطلوبی بین دما و عملکرد وجود دارد (شکل۲-د). هم‌چنین نقشه‌های هم‌دما در بهمن و اسفند و فروردین و اردیبهشت نشانه تغییرات دما تحت تاثیر طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع بوده و در مناطقی با عملکرد بالا، دمای حداقل نسبت به مناطق با عملکرد کمتر مقدار کمتری می‌باشد و رابطه معکوسی بین دمای حداقل و عملکرد می‌باشد. عامل درجه حرارت حداقل در ماه‌هایی که مصادف با ظهور گل زعفران می باشد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. مکانیسم عمل گلدهی در زعفران به صورتی است که هر چه افت درجه حرارت در شب بیشتر باشد روز بعد تعداد گل بیشتری ظاهر خواهد شد. و مناطقی که درجه حرارت زودتر در آن پایین می‌آید از نظر گلدهی جلوتر می‌باشد. و می‌توان درجه حرارت حداقل را عامل محرک گلدهی زعفران معرفی نمود. در مناطقی که زودتر سرد می‌شود زودتر نیز گلدهی زعفران آغاز می‌شود.

با توجه به کلیه نقشه‌های پهنه‌بندی درجه حرارت حداقل ماهانه و رابطه عملکرد و درجه حرارت حداقل و با استفاده از رگرسیون گام به گام حذف تدریجی معادله‌ای کلی که بیانگر رابطه بین عملکرد و درجه حرارت حداقل در ماه‌های موثر و مناسب بر عملکرد می‌باشد (۱) وسپس نقشه پهنه‌بندی عملکرد بر اساس درجه حرارت حداقل ایجاد شد (شکل۳)، که براساس این معادله ماه‌هایی که درجه حرارت حداقل آن‌ها بر عملکرد موثر می‌باشد شامل مهر و آبان و آذر و دی تشخیص داده شد. بررسی‌های متعدد بهدانی و همکاران (۷) و مولینا (۱۸) نشان داده است که درجه حرارت حداقل عامل اصلی و تعیین کننده تشکیل گل و خروج گل از زعفران می باشد. با توجه به این که مراحل اصلی و یا به عبارت بهتر محدوده‌ای از دوره‌ی رشد و نمو زعفران که منجر به عملکرد اقتصادی می شود، بسته به شرایط و موقعیت جغرافیایی هر شهر، در طی ماه‌های مهر و آبان و آذر روی می‌دهد (۱)، و این ماه‌ها مصادف با ظهور گل در زعفران می باشد و مکانیسم عمل گلدهی نیازمند افت درجه حرارت حداقل می باشد (۲) قابل توجیه است.

$$\text{عملکرد} = -۱۵/۷۰۲ + ۳/۲۸۰(T_{min\text{-}Me}) - ۱/۶۴۸(T_{min\text{-}A}) - ۴/۱۶۰(T_{min\text{-}Az}) + ۱/۰۰۸۳(T_{min\text{-}D}) \quad R^2 = ۰/۷۶ \quad (۱)$$

در این معادله$T_{min\text{-}Me}$ = درجه حرارت حداقل مهر و $T_{min\text{-}A}$ = درجه حرارت حداقل آبان و Tmin-Az = درجه حرارت حداقل آذر و Tmin-D = درجه حرارت حداقل دی بوده و عملکرد برحسب کیلوگرم در هکتار می باشد.

درجه حرارت میانگین

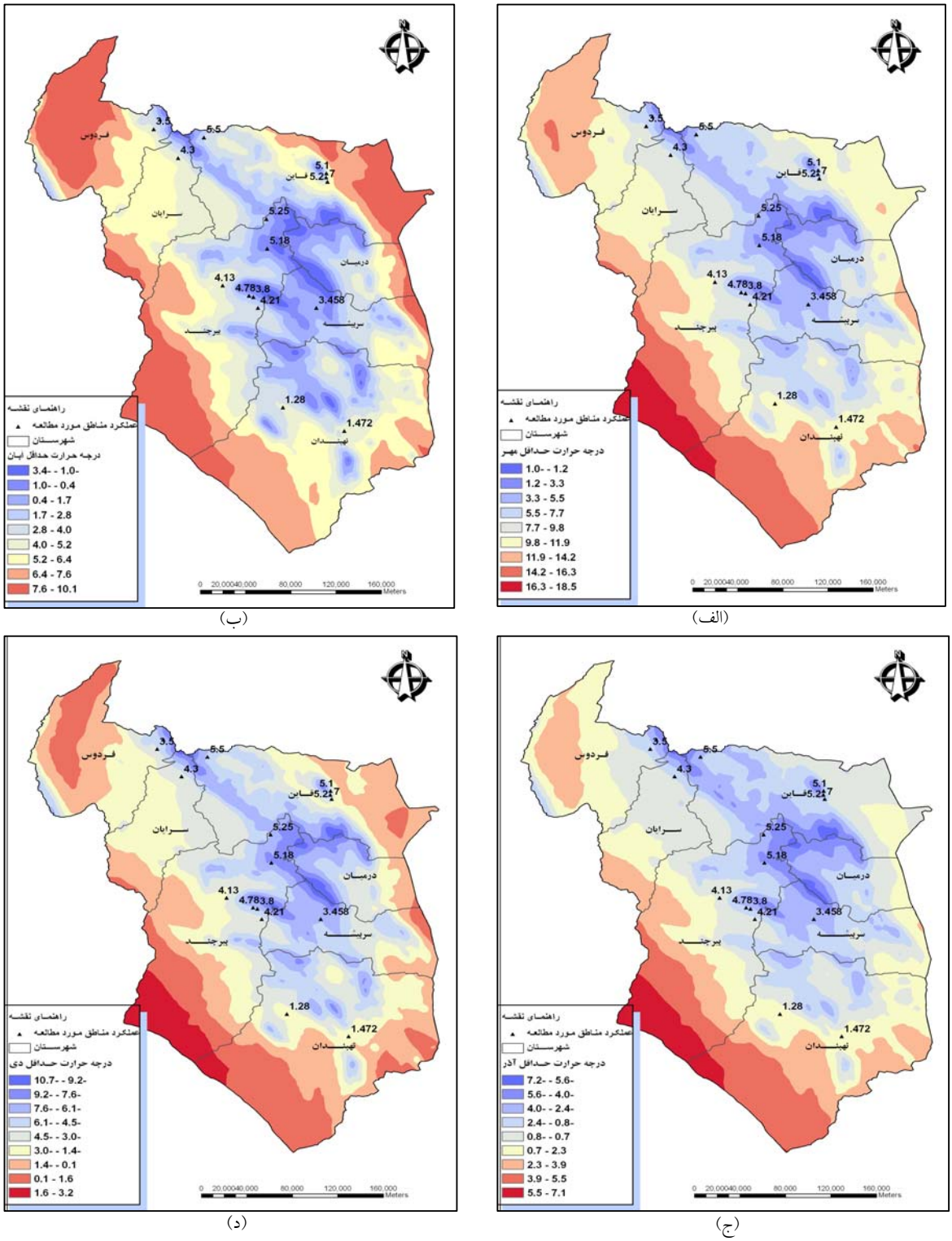
نقشه‌های پهنه‌بندی درجه حرارت میانگین مهر و آبان ماه نشان دهنده تغییرات دما نسبت به طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشند و با افزایش عرض جغرافیایی و ارتفاع دما کاهش یافته و در حالیکه از جنوب به شمال استان عملکرد افزایش می‌یابد (شکل۴-الف و ب). تغییرات درجه حرارت در آذر ماه بیشتر تحت تاثیر عرض جغرافیایی و در قسمت‌های از مرکز و شمال استان که عملکرد بیشتر بوده درجه حرارت نسبت به جنوب استان کاهش یافته است و این رابطه در نقشه ایجاد شده نیز نشان داده می‌شود (شکل۴-ج). در ماه‌های دی و بهمن و اسفند و فروردین و اردیبهشت نقشه‌های پهنه‌بندی دما نشاندهنده تغییرات دما با عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی دما و رگرسیون گام به گام موثرترین دما از نظر تاثیر درجه حرارت میانگین بر عملکرد ماه‌های مهر، آبان و آذر و دی می‌باشد که مقدار تقریبی درجه حرارت میانگین در محدوده عملکرد بالا در مهر ماه ۱۷/۵-۱۵ °c در آبان ۱۲°c-۱۰ در آذر ۹/۵°c-۷ و در دیماه ۲/۵ °c-۰ می‌باشد.

$$\text{عملکرد} = ۴۱/۷۸۸ + ۲/۱۳۳(T_{avr\text{-}Me}) - ۳/۳۹۸(T_{avr\text{-}A}) - ۴/۳۳۰(T_{avr\text{-}Az}) + ۲/۳۱۳(T_{avr\text{-}D}) \quad R^2 = ۰/۸۹ \quad (۲)$$

در این معادله$T_{avr\text{-}Me}$، $T_{avr\text{-}A}$، $T_{avr\text{-}Az}$ و $T_{avr\text{-}D}$ به ترتیب درجه حرارت میانگین مهر، آبان، آذر و دی می‌باشند.

درجه حرارت حداکثر

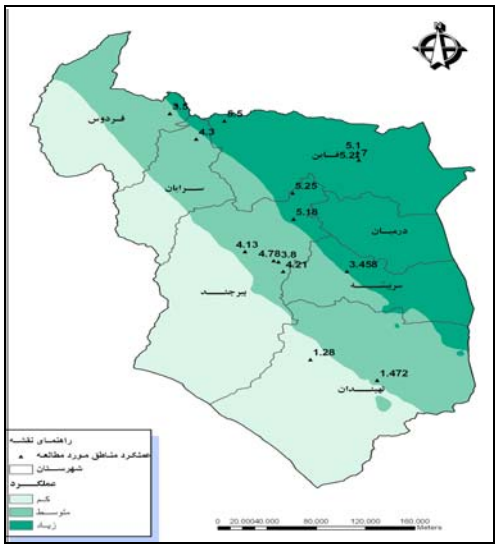
با بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی دما در ماه‌های مهر، آبان و آذر می‌توان دریافت که درجه حرارت حداکثر در این ماه‌ها بیشتر تحت تاثیر عرض جغرافیایی و سپس ارتفاع می‌باشد، با افزایش عرض جغرافیایی درجه حرارت حداکثر کاهش می‌یابد و از طرفی در مناطقی که درجه حرارت حداکثر کمتر بوده عملکرد بیشتر می‌باشد و رابطه معکوس بین درجه حرارت حداکثر و عملکرد موجود می‌باشد (شکل۶-الف و ب).



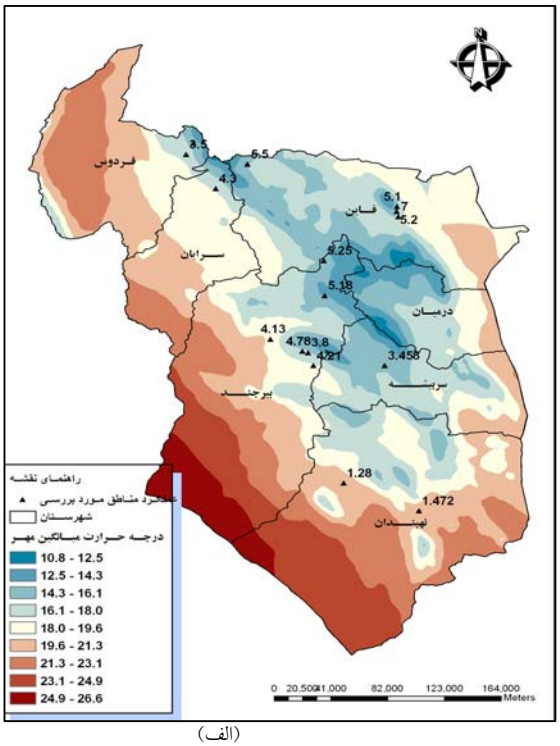
(الف) (ب)

(ج) (د)

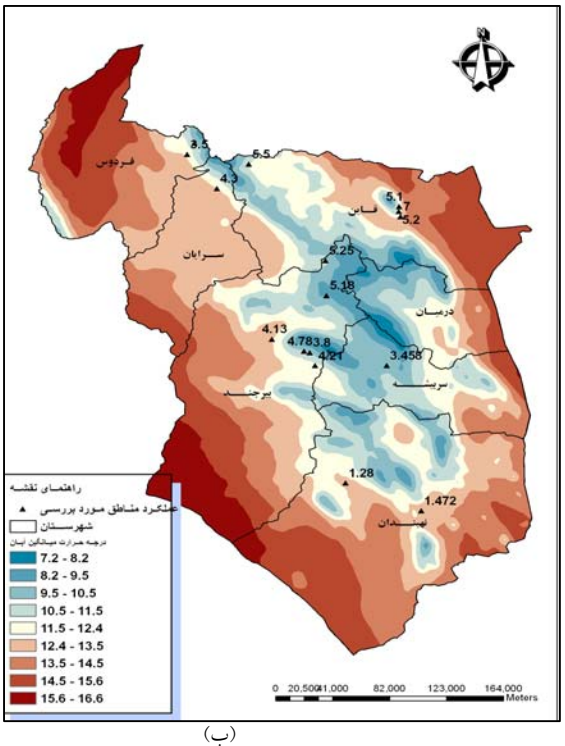
شکل۲- تغییرات درجه حرارت حداقل ماهانه درمحدوده استان خراسان جنوبی بر حسب درجه سانتی گراد، (الف) مهر، (ب) آبان، (ج)آذر، (د) دی



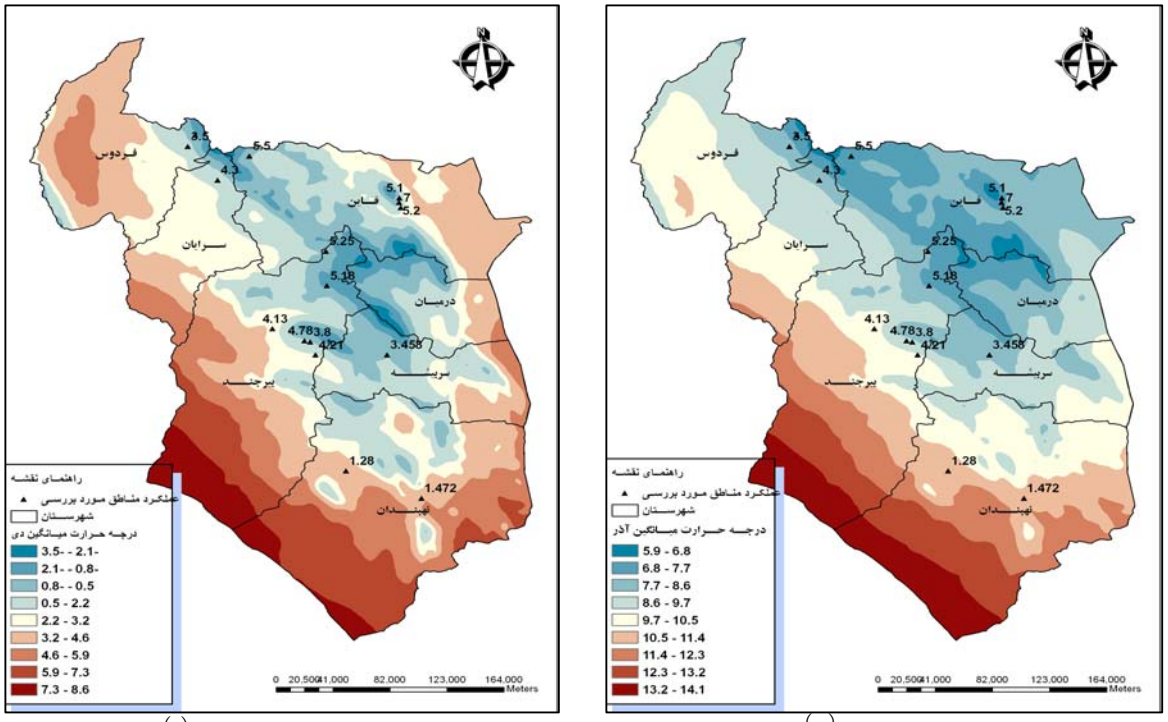
شکل۳- پهنه بندی عملکرد بر اساس درجه حرارت حداقل



(الف)

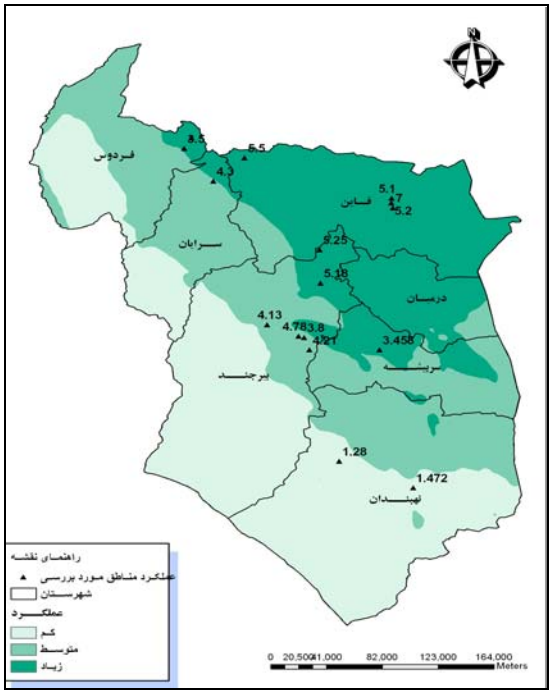


(ب)

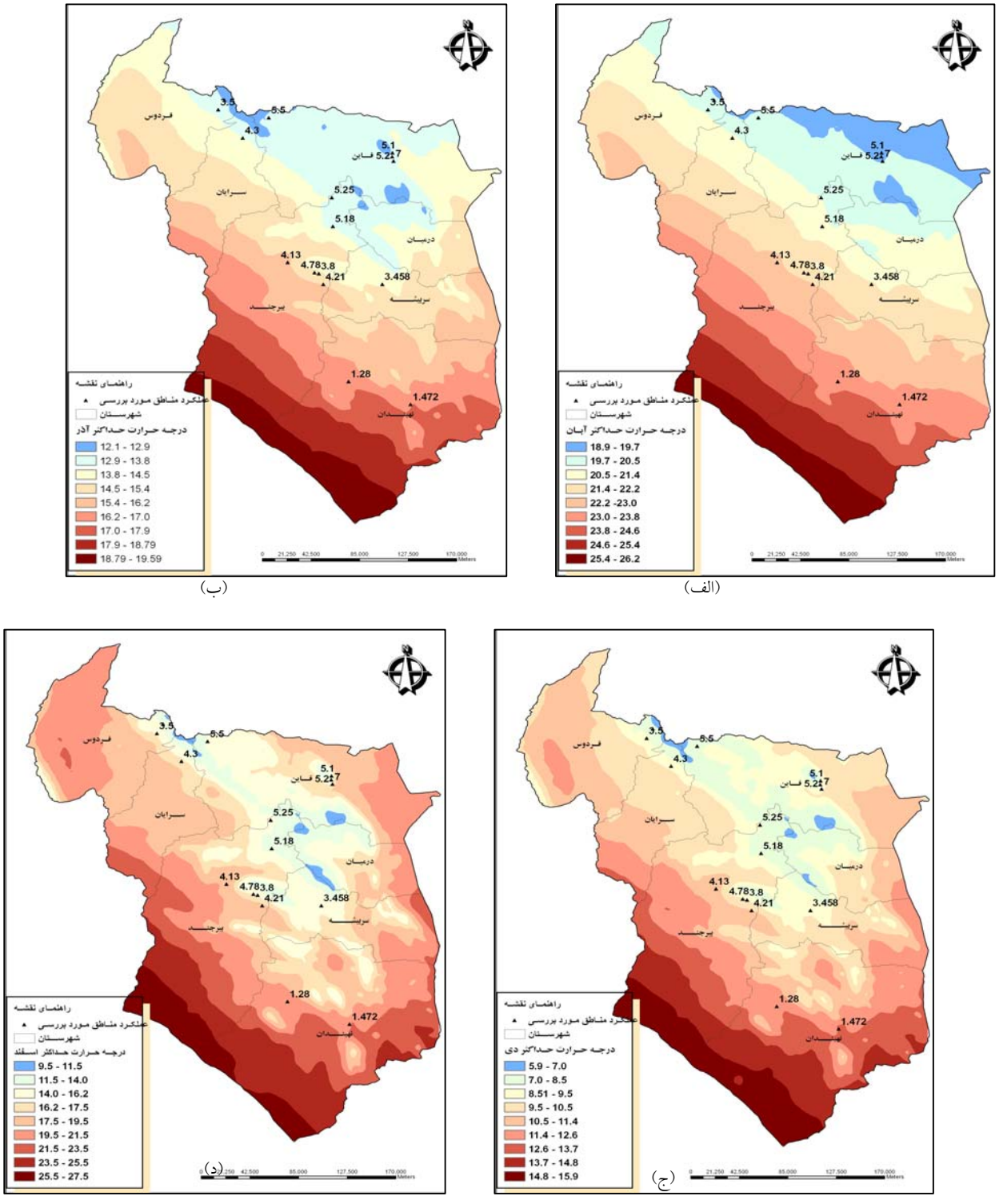


(د) (ج)

شکل٤- تغییرات درجه حرارت میانگین ماهانه درمحدوده استان خراسان جنوبی بر حسب درجه سانتی گراد، (الف) مهر، (ب) آبان، (ج)آذر، (د) دی



شکل٥- پهنه بندی عملکرد بر اساس درجه حرارت میانگین



شکل٦- تغییرات درجه حرارت حداکثر ماهانه در محدوده استان خراسان جنوبی بر حسب درجه سانتی گراد، (الف) آبان، (ب) آذر، (ج) دی، (د) اسفند

محدوده دمایی که عملکردهای بالا در آن قرار گرفته در مهر ماه حدود ۲۸-۲۶ درجه در آبان ۲۱-۱۹ و در آذر ماه ۱۴/۵-۱۲/۵ درجه سانتی گراد می‌باشد.

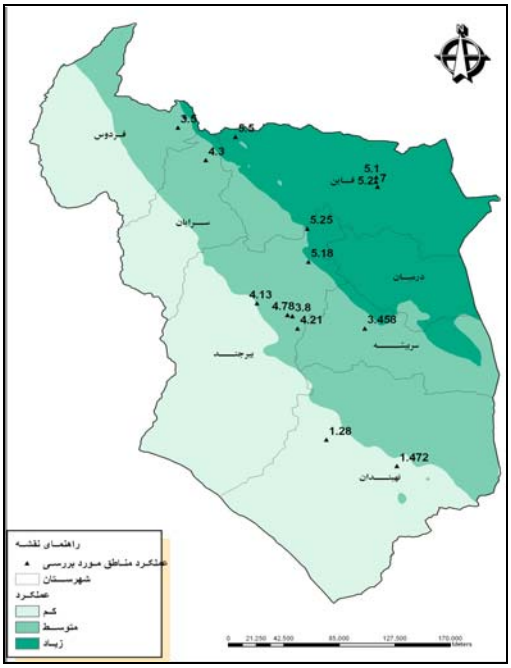
درجه حرارت‌های حداکثر در ماه‌های دی و بهمن و اسفند تحت تاثیر طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع بوده و مناطق شمال و مرکز استان که عملکرد بیشتری دارند دارای درجه حداکثر کمتر می‌باشند.

نقشه‌های پهنه‌بندی در ماه‌های فروردین و اردیبهشت هم نشان داد تاثیر پذیری درجه حرارت حداکثر از طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع می‌باشد و نشان می‌دهد که رابطه معکوس بین عملکرد و درجه حرارت حداکثر می‌باشد و در مناطقی که دمای حداکثر کاهش می‌یابد عملکرد در آن منطقه بیشتر می‌باشد.

در نتیجه براساس رابطه درجه حرارت حداکثر در دماهای مختلف و عملکرد و رگرسیون گام به گام معادله‌ای ایجاد شد که نشان می‌دهد در ماه های آبان و آذر، و دی و اسفند درجه حرارت حداکثر بیشترین تاثیر را بر عملکرد می‌گذارد (معادله۳) و نقشه پهنه‌بندی عملکرد بر اساس درجه حرارت حداکثر با توجه به این معادله ایجاد شد (شکل۷).

درجه حرارت حداکثر در مناطقی با عملکرد بالا در آبان ۲۱°c - ۱۹، آذر°c ۱۴/۵-۱۲/۵، دی ۱۵°c-۸ و اسفند ۱۵°c-۱۳ می‌باشد.

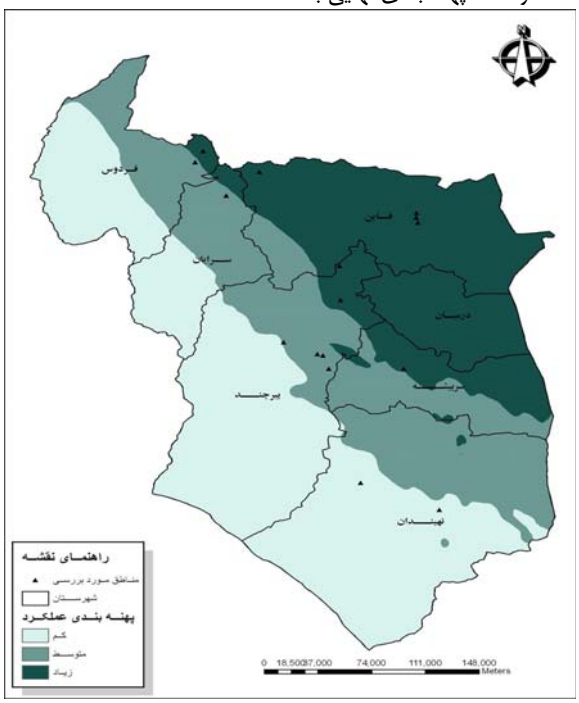
$$\text{عملکرد} = ۳/۷۵ - ۴/۳۱۶(T_{max-A}) + ۹/۶۲۲\ (T_{max-Az}) - ۷/۸۲۷\ (T_{maxD-}) + ۱/۶۹۴(T_{max-E}) \qquad R^2 = ۰/۷۹ \qquad (۳)$$



شکل۷-پهنه بندی عملکرد بر اساس درجه حرارت حداکثر

در این معادله T_{max-A} و T_{max-Az} وT_{maxD-} و T_{max-E} به ترتیب درجه حرارت حداکثر آبان، آذر، دی‌و اسفند می‌باشد.

در نهایت بر اساس سه پارامتر درجه حرارت حداقل، میانگین، حداکثر نقشه پهنه بندی نهایی به دست آمد.



شکل۸- پهنه بندی عملکرد بر اساس درجه حرارت

نتیجه گیری

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی و معادلات به دست آمده از پارامترهای هواشناسی و رابطه و تاثیر آن‌ها بر عملکرد در استان خراسان جنوبی می‌توان چنین نتیجه گرفت که از نظر درجه حرارت حداقل ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی تاثیرگذارترین ماه‌ها بر عملکرد بوده و با توجه به اینکه این ماه‌ها مصادف با گلدهی زعفران می‌باشد و عمل گلدهی نیاز به کاهش درجه حرارت دارد موثر بودن این ماه‌ها کاملا قابل توجیه می‌باشد. هرچند زعفران در مناطق معتدل و خشک پرورش می‌یابد ولی فصل رشد آن به صورتی است که اندام‌های هوایی و قابل رویت آن در نیمه سرد سال، سر از خاک درآورده و رشد می‌نمایند. هالوی (۹) تغییرات دمای ماهانه را مهم‌ترین عامل محیطی در تنظیم گلدهی بسیار از گیاهان پیازدار می‌داند و معتقد است که دما می‌تواند مهم‌ترین عامل تنظیم کننده گلدهی زعفران باشد.

بررسی‌های متعدد بهدانی و مولینا (۷و ۱۸) نشان داده است که درجه حرارت حداقل عامل اصلی و تعیین کننده تشکیل گل و خروج

گل از زعفران می‌باشد. بر اساس درجه حرارت حداقل مناسب‌ترین مناطق برای کشت زعفران شمال و شرق استان شامل شهرستان های قاین و درمیان و شمال شهرستان بیرجند و سربیشه می‌باشد. مناطق نیمه مستعد مرکز استان بوده که مرکز شهرستان بیرجند و شمال شهرستان‌های فردوس، سرایان و نهبندان را در بر می‌گیرد و مناطق تقریبا نامساعد قسمت‌های جنوب و غرب استان می‌باشد .

در بررسی درجه حرارت میانگین مشاهده شد که موثرترین ماه‌ها بر عملکرد زعفران مهر، آبان، آذر و دی بوده و مناطق مستعد در شمال و شمال غرب استان واقعند، که شامل شهرستان‌های قاین و درمیان و بخش‌هایی از شمال شهرستان بیرجند، سربیشه و سرایان می‌باشد. مناطق نیمه مستعد بخش مرکزی استان (مرکز شهرستان بیرجند و شمال شهرستان‌های فردوس سرایان و نهبندان) را در بر می‌گیرد. مناطق غیر مستعد از نظر درجه حرارت میانگین جنوب و غرب استان می‌باشد.

از نظر درجه حرارت حداکثر ماه‌های تاثیرگذار آبان، آذر، دی و اسفند هستند. پهنه‌بندی صورت گرفته بر اساس این ماه‌ها نشان می-دهد که مناطقی از شمال و شمال شرق استان از نظر درجه حرارت حداکثر بهترین مناطق برای زعفران می‌باشد که شامل شهرستان‌های قاین، درمیان و شمال شرقی بیرجند می‌باشد و مناطق نیمه مستعد تقریبا در قسمت مرکزی استان قرار گرفته که مرکز شهرستان بیرجند، شهرستان سربیشه و شمال و شرق شهرستان‌های فردوس، سرایان و نهبندان را در بر می‌گیرد. و قسمت‌های غرب، جنوب و جنوب غربی استان مناطق نامستعد هستند.

در نهایت بر اساس سه پارامتر درجه حرارت حداقل، میانگین، حداکثر نقشه پهنه بندی به دست آمده (شکل۱۷)، مناطق شمال و شمال شرقی استان مستعد بوده و مناطق مرکزی استان نیمه مستعد و جنوب و جنوب غربی استان نامستعد می‌باشد.

منابع

۱- بهدانی م. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی اکولوژیکی و پایش نوسانات عملکرد زعفران در خراسان. پایان‌نامه دکتری زراعت. گروه زراعت و اصلاح نباتات. دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- کافی م.، راشد محصل م.، کوچکی ع. و ملافیلابی ع. ۱۳۸۰. زعفران، فناوری تولید و فرآوری، چاپ اول، انتشارات زبان و ادب.

۳- کمالی غ. ۱۳۷۶. بررسی اکولوژیکی توانایی های دیمزارهای غرب کشور از نظر اقلیمی و با تاکید خاص بر گندم دیم، رساله دکتری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۴- کمالی غ. ۱۳۸۶. طرح بیوکلیمایی زعفران در جنوب خراسان با همکاری هواشناسی منطقه خراسان، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی.

۵- وفابخش ج.، احمدیان ح.، شیبانی د. و بداق جمالی ج. ۱۳۸۲. پتانسیل یابی مناطق کشت زعفران. مجموعه مقالات سومین همایش ملی زعفران. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص. ۹۹ تا ۱۰۹.

6- Behdani M.A., and Nassiri M., and Koocheki A.A. 2003. Modeling Saffron Flowering Time Across a Temperature Gradient. In proceedings of 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. 22-25 October. Albacete, Spain.

7- Behdani M.A., Koocheki A., Rezvani P., Jami.Alahmadi M. 2008. Agroecological zoning and potential yield of saffron in Khorasan-Iran. Journal of Biological Science, 8:2.298-305.

8- Halevy A.H. 1990. Resent advanced in control of flowering habit of geophytes. Acta Horte. Sci. 66, 35-42.

9- Halevy A.H., Hons S., Sachs R.M., and Reid M.S. 1991. Flowering and corm yield of Brodiaea in response to temperature, photoperiod, corm size and planting depth. Soc. Hort. Sci. 116: 19-22.

10- Hartkamp A.D., De Beurs K., Stein A., and White J.W. 1999. Interpolation Techniques for Climate Variables. NRG-GIS Series 99-01. Mexico, D.F.: CIMMYT.

11- Hosseini M., and Mollafilabi A. 2006. Spatial and temporal patterns of saffron (*Crocus sativus*) yield in Khorasan province and their relationship with long-term weather variation. In proceedings of 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. 28-30 October, Mashhad, Iran.

12- Hutchinson M.F. 1991. The application of thin plate smoothing splines to content-wide data assimilation. BMRC Research Report Series. Melbourne, Australia, Bureau of Meteorology 27:104-113.

13- Hutchinson M.F. 1995. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. Int. J. Geographical Information Systems, 9:4. 385–403.

14- Kafi M. 2001. Saffron production and processing. Ferdowsi Univ. of Mashhad, Zaban &Adab، p: 276.

15- Kamali Gh. 1990. Bioclimatic saffron project in south khorasan. Scientific Research Organization.

16- Mashayekhi K., Kamkar B., and Soltani A. 2006. The Effect of Corm Weight and Environmental Temperature on Flowering Behavior of Saffron (*Crocus Sativus*). In proceedings of 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology. 28-30 October, Mashhad, Iran.

17- Molina R.V., Valero M., Navarro Y., Guardiola J.L., and García-Luis A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus*). Scientia Hort. Sci., 103 :3.361-379.
18- Molina R.V., Valero M., Navarro Y., Guardiola J.L., and García-Luis A. 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus L.*).
19- Tait A., Henderson R., Turner R., and Zheng X. 2006. Thin-plate smoothing spline interpolation of daily rainfall for New Zealand using a climatological rainfall surface. International Journal of Climatology, 26, pp 2097–2115.
20- Vafabakhash J., Ahmadian J., Shaibani D., and Jamali B. 2003. Potential of saffron cultivation in Iran. Articles collection of saffron national festival Ferdowsi Univ. of Mashhad.99-109.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No.4, Sep-Oct 2011, p. 892-904

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۰، ص. ۹۰۴-۸۹۲

Study of the Minimum, Average and Maximum Temperature in South Khorasan to Identify Relevant Areas for Saffron Cultivation using GIS

S. Koozehgaran[1]- M. Mousavi Baygi[2]- S.H. Sanaeinejad[3]- M. A. Behdani[3]

Received:1-2-2011
Accepted:19-7-2011

Abstract

Knowledge of the coordination of the agricultural activities in every region with the weather and climate condition of that area is necessary for any kind of agriculture activity. Therefore, understanding the climate and analyzing the ecophysiological characteristics of plants are the most important factors in production. Saffron is one of the most valuable plants, which is planted in special climate conditions and has a unique growth process. At the present, Iran produces of 90% of total saffron production. Despite its old culture compared to other crops produced in the country, production of saffron in Iran that has relied primarily on indigenous knowledge. Analysis of the effect of the weather parameters on the performance of saffron and determining the suitable areas for planting saffron according to these parameters are important for agriculture and the economy. The statistics and data of 20 years taken from all the weather station in the region and the ten years performance of saffron were used in this study. Regression analysis and create of equation using minimum, average, maximum temperature and the relation between these parameters by saffron yield were accomplished by the use of JMP4 software. The digital climate maps of zoning scheme using software ArcGIS9.2 were drawn. The results showed that minimum temperature was the most effective factor on the performance during the month of Mehr, Aban, Azar and Dey compared with the other months and considering average temperature, the most affected months are Mehr, Aban, Azar and Dey. Maximum temperature was most effective on the performance during the month of Aban, Azar, Dey and Esfand compared with the other months Also after analyzing the equation and the climate zonation maps and the final map it become obvious that the most of the areas of the province were able to be ranked as suitable. The north and north-eastern areas were the best areas regarding the parameters discussed in order to grow Saffron. The center of province was considered average region to grow Saffron and the southern and south-western areas were determined the least suitable for growing saffron.

Keywords: Minimum, Average, Maximum temperature, Saffron yield, GIS

1,2,3- MSc Student and Associate Professors, Department of Water Engineering, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*-Corresponding Author Email: mousavi500@yahoo.com)
3- Assistant Professor of Agronomy, Agriculture Faculty, University of Birjand