



## کاربرد زمین آمار در پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی بر اساس پارامترهای اقلیمی

مهدی بشیری<sup>۱</sup> و امیر سالاری<sup>۲\*</sup>

تاریخ پذیرش: ۹ خرداد ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۲ اسفند ۱۳۹۴

### چکیده

یکی از گونه‌های گیاهی ارزشمند اقتصادی ایران، زعفران می‌باشد. از کل زعفران جهان، ۸۰ درصد آن در خراسان رضوی تولید می‌شود. تقاضای تولید بیشتر، محدودیت‌های اقلیمی و منابع آب و خاک سبب شده تا متولیان عرصه کشاورزی به دنبال پتانسیل‌یابی اراضی مستعد با استفاده از روش‌های دقیق، سریع و تحلیلی باشند. در پژوهش حاضر به منظور پهنه‌بندی اقلیمی اراضی کشاورزی استان خراسان رضوی برای کشت زعفران، از روش‌های درون‌یابی زمین‌آمار استفاده شد. بدین منظور ابتدا نیازهای اقلیمی زعفران با استفاده از منابع علمی موجود تعیین و با توجه به آمار عملکرد محصول در سطح ۸ شهرستان استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰ ساله ۸۸-۱۳۶۸ و با لحاظ کردن ۱۱ پارامتر اقلیمی که در مراحل رشد و گلدهی زعفران مؤثر هستند، اقدام به مدل‌سازی مکانی و درون‌یابی مناطق مستعد کشت گردید. بر اساس نتایج، رطوبت مطلق حداکثر به‌عنوان بهترین متغیر کمکی جهت تخمین عملکرد زعفران به‌دست آمد. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که ثلث جنوبی استان خراسان رضوی (مخصوصاً شهرستان گناباد) از نظر اقلیمی، دارای حداکثر پتانسیل کشت بوده و با حرکت به سمت شمال استان (مخصوصاً شهرستان قوچان و بینالود)، از میزان مستعد بودن کشت کاسته می‌گردد. نتیجه‌گیری نهایی مدل‌سازی عملکرد زعفران با استفاده از روش‌های زمین‌آمار این است که این روش‌ها، گزینه‌ای مناسب جهت تعیین و پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت این گیاه می‌باشند.

**کلمات کلیدی:** زمین‌آمار، زعفران، خراسان رضوی، مناطق مستعد.

### مقدمه

افزایش صادرات غیرنفتی شود. در کنار سایر تولیداتی که این چنین رویکرد اقتصادی دارند، تولید گیاهان دارویی می‌تواند علاوه بر تحقق این مهم، تأثیر به‌سزایی در ارتقای سطح بهداشت، سلامت و رفاه کشور داشته باشد. ایران، بزرگترین تولیدکننده زعفران دنیا با ۹۵ درصد کل تولید این محصول ارزشمند است. عمده‌ترین نواحی تولید زعفران در کشور استان خراسان رضوی و جنوبی است. نیاز کم‌آبی و درآمد بالا، از جمله مهم‌ترین دلایل غالب بودن کشت زعفران در مناطق خشک

متکی بودن اقتصاد ایران به درآمدهای نفتی و تأثیرپذیری درآمدها از مسایل سیاسی و اقتصادی، سبب آسیب‌پذیری اقتصاد کشور شده است. یکی از راه‌های مقابله با این چالش، توسعه تولیداتی است که ضمن بهبود وضع اقتصاد داخلی، سبب

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت حیدریه.

۲- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربیت حیدریه.  
\* نویسنده مسئول: (salari.1361@yahoo.com)

برتری کارائی اقتصادی مصرف آب زعفران نسبت به سایر محصولات در این مناطق حکایت دارد. نتایج تحقیقی نشان می‌دهد به ازای هر متر مکعب آب مصرفی، درآمد زعفران نسبت به سیب‌زمینی ۲۰ برابر و نسبت به غلات ۸/۷ برابر بوده است (Adeli & Anabestani, 2015).

درآمد بالا و نیاز آبی محدود و مزایای نسبی اشتغال‌زایی زعفران در مقایسه با سایر محصولات، کشاورزان را بر آن داشته که حتی بدون توجه به قابلیت‌ها و پتانسیل‌های طبیعی منطقه به کشت این گیاه روی آورند هر چند این امر در برخی مناطق منجر به مشکلات و بازده نامناسب این محصول گردیده است (Bazrafshan & Ebrahimzadeh, 2006; Farajzadeh & Mirzabyati, 2007).

تأثیر عوامل اقلیمی بر محصول زعفران توسط محققین زیادی مورد مطالعه قرار گرفته است (Ismail-zadeh & Jahanbakhsh, 2014; Kozegaran et al., 2011; Mohammadi et al., 2011) و در تمامی تحقیقات ذکر شده، محققان به دنبال این سؤال بوده‌اند که کدام یک از عوامل اقلیمی تأثیر بیشتری را در بین شاخص‌ها بر کشت زعفران داشته است.

پیش‌بینی عملکرد و کارایی مصرف آب زعفران با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی بر مبنای فاکتورهای اقلیمی نشان می‌دهد که عملکرد و کارایی مصرف آب زعفران، بیشترین حساسیت را به عامل آبیاری و سپس بارندگی و در نهایت ساعات آفتابی دارد (Shirdeli & Tawassoli, 2015). در میان عوامل اقلیمی، بارش با ضریب ۰/۲۸۱ و دما با ضریب ۰/۱۳۷ بیشترین تأثیر را در کشت زعفران دارند (Kamyabi et al., 2014). طبق مطالعات انجام شده و نتایج بدست آمده، بارش کمتر در طول فصل تابستان که مصادف با دوره رکود زعفران است (اردیبهشت تا مهرماه) باعث کیفیت و کمیت بیشتر زعفران تولیدی می‌گردد (Abrishami, 2009).

کشور بوده به طوری که اقتصاد عمده خانوارهای واقع در این مناطق را به خود وابسته کرده است ضمن آنکه از نظر اشتغال نیز به طور مستقیم و غیرمستقیم نقش مهمی را بر عهده دارد. با نگاهی به متوسط سطح زیر کشت هر بهره‌بردار و مزیت‌های نسبی این محصول به خصوص ایجاد اشتغال فصلی، ملاحظه می‌شود که زعفران ضمن تطابق با شرایط اقلیمی منطقه یکی از بهترین گزینه‌ها در الگوی کشت منطقه می‌باشد (Bashiri et al., 2014).

جهت شناسایی مناطق مستعد کشت زعفران می‌توان از اطلاعات موجود استفاده نموده و با استفاده از روش‌های درون-یابی، آن را به سایر مناطق تعمیم داد. در مطالعات جغرافیایی با توجه به اینکه برداشت اطلاعات اغلب به صورت نقطه‌ای انجام می‌گیرد، ضرورت دارد جهت تعمیم آن به کل منطقه، عملیات درون‌یابی بر روی نقاط انجام گیرد. روش‌های درون‌یابی نیاز به استفاده از آمار مکانی یا روش زمین آمار دارد. روش‌های زمین-آماري به بررسی عوامل متغیر در مکان پرداخته و خروجی یک نقشه یا سطح پیوسته‌ای از نقاط نمونه‌برداری شده است. تحلیل‌های زمین آماری به دنبال راهی برای توصیف پیوستگی مکانی و همچنین جمع‌آوری ابزارهای آماری و قطعی و مدل نمودن این تغییرات مکانی است (Mirmosawi & Mirian, 2012).

تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی، لازمه‌ی هر گونه فعالیت و عملیات کشاورزی می‌باشد. از این رو شناخت اقلیم و بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی مختلف بر رشد و تولید محصولات زراعی بسیار حایز اهمیت است (Koozehgaran et al., 2014).

کاشت و تولید زعفران در مناطق خشک و نیمه خشک که از نیمه‌های اردیبهشت به بعد بارندگی‌ها قطع گردیده و نیاز آبی گیاه به صفر می‌رسد بسیار ایده‌آل است و تحقیقات مختلفی از

زعفران به دلیل نیاز آبی کم و سازگاری با مناطق خشک و نیمه خشک و قیمت و درآمد بالا، در اولویت اول الگوی کشت این مناطق قرار دارد. از آنجایی که هر گیاه نسبت به پارامترهای اقلیمی دارای حد آستانه‌های حداقلی و حداکثری است، در پژوهش حاضر، به پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی با استفاده از روش‌های زمین آمار پرداخته شد.

### مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سطح استان خراسان رضوی با طول شرقی ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه و عرض شمالی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه و مساحتی برابر با ۱۱۸۸۵۴ کیلومتر مربع انجام پذیرفت. میانگین بارندگی استان ۲۰۸ میلیمتر بوده و بیشترین میزان بارش در اواخر زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد. مناطق پر باران استان در نواحی مرتفع قرار دارند و میزان بارش از شمال به جنوب کاهش می‌یابد (Fallah-Ghalhary et al., 2008; Hosseini et al., 2008).

جهت اجرای پهنه‌بندی به روش زمین آماری و تعیین بهترین مدل و متغیر کمکی و همچنین اجرای تحلیل‌های آماری، داده‌های عملکرد محصول زعفران (بر حسب کیلوگرم در هکتار) در سطح ۸ شهرستان استان خراسان رضوی شامل قوچان، گناباد، کاشمر، مشهد، سبزوار، نیشابور، سرخس و تربت حیدریه، طی دوره ۲۰ ساله زراعی ۸۸-۶۸ به عنوان متغیر اصلی وارد تحلیل شد. مدل‌سازی با انتخاب ۱۱ پارامتر اقلیمی مؤثر بر رشد و عملکرد زعفران شامل تبخیر، ساعات آفتابی، بارندگی، رطوبت‌های مطلق حداکثر و حداقل، رطوبت نسبی ساعت‌های ۶/۵، ۱۲/۵ و ۱۸/۵ و دماهای میانگین، حداقل و حداکثر و با استفاده از نرم‌افزار GS+ نسخه ۵/۱ اجرا گردید.

در مطالعات زمین‌آمار، استفاده از داده‌های غیرنرمال،

میزان بارشی در حدود ۲۰۰ میلی‌متر مناسب‌ترین مقدار بارش مورد نیاز زعفران بدست آمده است (Rahmati, 2003; Kamali, 1982).

تنظیم گلدهی گیاهان پیازدار از جمله زعفران حساسیت زیادی به تغییرات دمایی از خود نشان می‌دهند (Halevy, 1990; Molina et al., 2004; Molina et al., 2005; Koul & Farooq, 1984; Benschop, 1993; Kafi et al., 2003). میزان گل تولیدی هر روز، تابعی از دمای حداقل در طول شب مخصوصاً در طول فصل گلدهی است (Molina et al., 2004; Behdani et al., 2003). بهترین دامنه دمایی رشد زعفران بین ۲۵-۱۵ درجه سانتیگراد و بیشترین میزان تکثیر پیاز در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد در طول شب (Halevy, 1990) بیان گردیده است. با افزایش درجه حرارت حداکثر و میانگین دما در دی ماه، عملکرد زعفران افزایش یافته درحالی‌که با افزایش این پارامتر در اردیبهشت عملکرد، روندی کاهشی را در پی داشته است (Tosan et al., 2015; Hosseini et al., 2008). همچنین با بالا رفتن دمای هوا، تاریخ گلدهی و زمان انجام اولین آبیاری به اواسط و در گاهی مواقع به اواخر پاییز منتقل می‌شود (Alizadeh et al., 2009). یخبندان نیز در زمان شروع گلدهی و زنده شدن مجدد پیاز در پاییز سبب کاهش تولید عملکرد و یا از بین رفتن گیاه می‌شود (Behdani et al., 2003).

فرج‌زاده و میرزاییاتی (Farajzadeh & Mirzabyati, 2007) طی دوره آماری ۲۰۰۲-۱۹۹۱ به بررسی مناطق کشت مستعد زعفران در سطح شهرستان نیشابور بر اساس عوامل اقلیمی، توپوگرافی، آب و خاک پرداخته و مناطق مناسب و نامناسب کشت این محصول را تعیین نمودند. در این تحقیق مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید زعفران در درجه اول کیفیت نامطلوب آب آبیاری و سپس خصوصیات خاک تشخیص داده شد.

$(C+C_0)$  نیم‌تغییرنما  $(C_0/(C+C_0))$  است. با زیاد شدن مقدار  $C$ ، مقدار  $C_0$  (بخش بدون ساختار نیم‌تغییرنما) کم می‌شود و این امر نشان‌دهنده همبستگی مکانی بالاتر متغیر مورد نظر می‌باشد که در بهترین حالت این نسبت برابر یک است. به طور کلی اگر این نسبت بزرگتر از ۷۵ درصد باشد یعنی داده‌ها همبستگی مکانی خوبی دارند. زمانی که این نسبت بین ۲۵ تا ۷۵ درصد باشد داده‌ها دارای همبستگی مکانی متوسطی بوده و نسبت کمتر از ۲۵ درصد نشان‌دهنده همبستگی مکانی ضعیفی متغیر مربوطه می‌باشد.

در این تحقیق، جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی عملکرد زعفران روش کوکریجینگ<sup>۷</sup> مورد استفاده قرار گرفت. کوکریجینگ روشی است که در آن، برای تخمین یک متغیر اصلی از یک یا چند متغیر کمکی که با متغیر اصلی همبستگی داشته باشند کمک گرفته می‌شود. در روش کوکریجینگ علاوه بر واریوگرام رسم شده برای هر متغیر، بایستی واریوگرام متقابل نیز از روی واریوگرام‌های دو متغیر رسم شود و از روی این واریوگرام پیش‌بینی مکانی صورت گیرد. با فرض وجود فقط یک متغیر مکانی کمکی  $Z_2(x_j)$  در کنار متغیر مکانی اصلی  $Z_1(x_i)$ ، مقدار نامعلوم متغیر در نقطه  $x_0$  برابر  $Z^*(x_0)$  است که در تخمین کوکریجینگ به صورت معادله ۲ تعریف می‌شود:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_{1i} Z_1(x_i) + \sum_{j=1}^m \lambda_{2j} Z_2(x_j) \quad (2)$$

که در آن:  $n$  و  $m$  به ترتیب تعداد جفت مقایسه‌ها برای متغیرهای کمکی و اصلی و  $\lambda_{1i}$  و  $\lambda_{2j}$  به ترتیب وزن‌های آماری اختصاص داده شده به متغیرهای اصلی و کمکی می‌باشند. در نهایت صحت درون‌یابی به کمک روش ارزیابی متقاطع<sup>۸</sup>، مورد آزمون قرار می‌گیرد. در این روش ابتدا مقدار پارامتر هر نقطه اندازه‌گیری شده، حذف شده و سپس مقدار آن از روی واریوگرام تخمین زده می‌شود، در ادامه مقدار واقعی آن

ممکن است منجر به نوسان زیاد نیم‌تغییرنماها<sup>۱</sup> شود، لذا بایستی عملیات نرمال‌سازی بر روی داده‌ها انجام پذیرد. تشخیص توزیع نرمال بودن داده‌ها براساس چولگی<sup>۲</sup> آن‌ها انجام و در داده‌هایی که نرمال نیستند، تبدیل داده‌ها الزامی است. در مرحله بعد با استفاده از رسم نیم‌تغییرنماها در جهات مختلف، همسانگردی<sup>۳</sup> و ناهمسانگردی داده‌ها کنترل شد. نیم‌تغییرنما عدم تشابه بین داده‌ها را نشان می‌دهد. محاسبه منحنی نیم-تغییرنما از مهمترین عملیات زمین‌آمار است که از طریق معادله ۱ محاسبه می‌گردد.

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

که  $\lambda(h)$  و  $n(h)$  به ترتیب مقدار نیم‌تغییرنما و تعداد زوج نقاطی است که به فاصله  $h$  از هم قرار دارند، مقدار  $Z(x_i)$  مشاهده شده متغیر  $x$  در موقعیت  $i$  و  $Z(x_i+h)$  مقدار مشاهده شده متغیری که به فاصله  $h$  از  $x_i$  قرار دارد، می‌باشند. از نظر تئوری، مقدار نیم‌تغییرنما به ازای  $h=0$  بایستی به سمت صفر میل کند ولی در عمل عوامل مختلفی از جمله خطاهای نمونه-برداری و آماده‌سازی داده‌ها و همچنین تغییرات کوچک مقیاس باعث بروز پرشی در مبدأ نیم‌تغییرنما می‌شود که به مقدار این پرش، اثر قطعه‌ای<sup>۴</sup> می‌گویند. با افزایش فواصل بین جفت نقاط، مقدار نیم‌تغییرنما نیز افزایش یافته و سپس به حد ثابتی می‌رسد که به آن حد آستانه<sup>۵</sup> گفته می‌شود و فاصله‌ای که در آن حد آستانه رخ می‌دهد شعاع تأثیر<sup>۶</sup> نامیده می‌شود. در خارج از این فاصله، مقادیر متغیر، مستقل از یکدیگر می‌باشند.

یکی از معیارهای سنجش شدت همبستگی مکانی متغیرها، نسبت بخش بدون ساختار ( $C_0$ ) به کل واریانس یا حد آستانه

- 1- Semivariogram
- 2- Skewness
- 3- Isotropic
- 4- Nugget Effect
- 5- Sill
- 6- Range Effect

7- Cokriging

8- Cross Validation

رطوبت نسبی لایه‌ای از هوا بالا بوده در حالی که رطوبت مطلق آن (فشار آن) پایین باشد، در چنین شرایطی میزان تعرق افزایش می‌یابد. زیرا تعرق اصولاً توسط رطوبت مطلق کنترل می‌گردد، البته باید در نظر داشت که رطوبت مطلق و رطوبت نسبی وابستگی زیادی نیز با یکدیگر دارند.

در ادامه روند درون‌یابی، هیچ یک از روش‌های نرمال-سازی، بهبودی در وضعیت چولگی و کشیدگی توزیع داده‌ها نسبت به توزیع نرمال ایجاد نکرد، لذا داده‌های تغییرشکل نیافته وارد تحلیل گردید. در مرحله بعد، تحلیل سمی واریانس<sup>۳</sup> صورت پذیرفته و به دلیل اینکه در متغیر اصلی، کمکی و توام، ناهمسانگردی<sup>۴</sup> مشاهده نشد، لذا روش همسانگرد جهت واریوگرافی انتخاب گردید که برای سه متغیر مذکور به ترتیب مدل‌های خطی، کروی و خطی بهترین برازش را نشان داد. سپس به روش کوکرجینگ درون‌یابی صورت پذیرفته و اعتبارسنجی مدل انجام پذیرفت و نهایتاً طبق درون‌یابی انجام شده، بلوک مطالعاتی با فرمت Ascii وارد محیط ArcGIS9.2 شده و پهنه‌بندی عملکرد زعفران در سطح استان استخراج گردید.

### نتایج و بحث

داده‌های عملکرد زعفران (بر حسب کیلوگرم در هکتار) به-همراه میانگین ۱۱ پارامتر اقلیمی مؤثر بر رشد و عملکرد زعفران شامل تبخیر، ساعات آفتابی، بارندگی، رطوبت‌های مطلق حداکثر و حداقل، رطوبت‌نسبی ساعت‌های ۶/۵، ۱۲/۵ و ۱۸/۵ و دماهای میانگین، حداقل و حداکثر، در سطح ۸ شهرستان استان خراسان رضوی شامل شهرستان‌های قوچان، گناباد، کاشمر، مشهد، سبزوار، نیشابور، سرخس و تربت حیدریه، طی دوره ۲۰ ساله زراعی ۸۸-۶۸ در جدول ۱ ارائه گردیده است.

نقطه دوباره در جای اصلی خود قرار داده می‌شود، این کار برای تمام نقاط بعدی نیز تکرار شده و در نهایت نمودار داده‌های تخمینی در مقابل داده‌های مشاهده‌ای ترسیم و با بررسی میزان انحراف نقاط از خط یک به یک و میزان ضریب تبیین، دقت روش در تخمین پارامتر اصلی مشخص می‌گردد (Mirzaei et al., 2015).

جهت اجرای تحلیل، ابتدا عملکرد زعفران در واحد سطح به عنوان عامل اصلی و پارامترهای اقلیمی در دوره آماری به صورت میانگین سالانه جهت شناسایی بهترین متغیر کمکی (کواریته<sup>۱</sup>) بررسی شدند. با توجه به رگرسیون متقاطع متغیر<sup>۲</sup>، رطوبت مطلق حداکثر به عنوان بهترین کواریته انتخاب گردید. در توضیح انتخاب رطوبت مطلق به عنوان گزینه برتر می‌توان بیان نمود که رطوبت هوا به طرق مختلف می‌تواند بر عملکرد گل زعفران مؤثر باشد: ۱- تأثیر بر میزان تعرق. با افزایش رطوبت مطلق از میزان تعرق گیاهی کاسته و بالعکس با کاهش آن بر میزان تعرق افزوده می‌گردد (به شرط وجود آب آزاد کافی در منطقه توسعه ریشه‌ها) ۲- تأثیر بر رشد و تکثیر و عملکرد بنه از طریق افزایش میزان رطوبت خاک و نهایتاً میزان رطوبت جذب شده توسط بنه ۳- جلوگیری از افت دما در اوایل فصل رشد در ابتدای فصل پاییز که می‌تواند گلدهی زعفران را به شدت تحت تأثیر قرار دهد. ضمن آنکه میزان رطوبت هوا در طول شبانه‌روز به دلایل متعددی، از جمله تغییرات درجه حرارت در طول شبانه‌روز تغییر می‌نماید. انتخاب رطوبت مطلق به-عنوان بهترین کواریته نشان‌دهنده این است که تعرق تابعی از اختلاف فشار بخار آب درون سلول روزنه و فشار بخار هوای لایه چسبیده به سطح برگ است و از طرفی فشار بخار هوای این لایه، تابعی از میزان مطلق بخار آب و یا همان رطوبت مطلق هوا این لایه است نه رطوبت نسبی، چرا که ممکن است

3- Semivariance  
4- Anisotropy

1- Covariate  
2- Cross-Variate Regression

جدول ۱- میانگین پارامترهای اقلیمی و عملکرد زعفران در شهرستان‌های استان طی دوره مطالعاتی

Table 1- Average of climatic parameters and saffron yield in Khorasan-Razavi province during the study period

شهرستان County	عملکرد Yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	میانگین دما Mean Temperature (°c)	دمای مطلق حداکثر Max Absolute Temperature (°c)	دمای مطلق حداقل Min Absolute Temperature (°c)	رطوبت نسبی (ساعت ۱۸:۳۰) Relative humidity at 18:30 (%)	رطوبت نسبی (ساعت ۱۲:۳۰) Relative humidity at 12:30 (%)	رطوبت نسبی (ساعت ۶:۳۰) Relative humidity at 6:30 (%)	رطوبت مطلق حداکثر Maximum Absolute Humidity (%)	رطوبت مطلق حداقل Minimum Absolute Humidity (%)	بارندگی Rainfall (mm)	ساعت آفتابی Sunny hours	تبخیر Evaporation (mm)
قوچان Ghuchan	2.88	12	19	6	50	41	71	77	35	306	2814	1612
گناباد Gonabad	4.26	17	23	10	34	30	51	28	34	141	3182	2769
کاشمر Kashmar	3.30	17	23	11	37	33	49	52	29	196	3151	2724
مشهد Mashhad	3.01	15	21	8	46	39	66	73	36	242	2907	2157
نیشابور Neyshabour	2.58	14	21	6	42	35	65	70	28	230	3054	2414
سبزوار Sabzevar	3.42	18	24	11	36	31	53	59	25	181	3081	26.7
سرخس Sarakhs	3.33	12	25	11	44	36	62	67	32	192	2909	2437
تربت حیدریه Torbat heydarieh	3.79	14	20	7	40	35	58	56	25	253	3193	2068

با یکدیگر مقایسه گردید. در آزمون نکویی برازش<sup>۱</sup> که در شکل ۵ همراه با خط ۱ به ۱ به عنوان بهترین برازش نمایش داده شده است، ضریب رگرسیونی برابر ۰/۸۹۴، خطای استاندارد (SE) برابر ۰/۶۵۷، ضریب تبیین ( $R^2$ ) ۰/۲۳۶، عرض از مبدا<sup>۲</sup> ۶/۲۶ و خطای استاندارد تخمین برابر ۰/۴۶۲ به دست آمد.

نتایج پهنه‌بندی عملکرد زعفران به روش کوکریجینگ در شکل ۶ و نتایج پهنه‌بندی کلی مناطق مستعد کشت زعفران در سطح استان خراسان رضوی در شکل ۷ ارائه گردید.

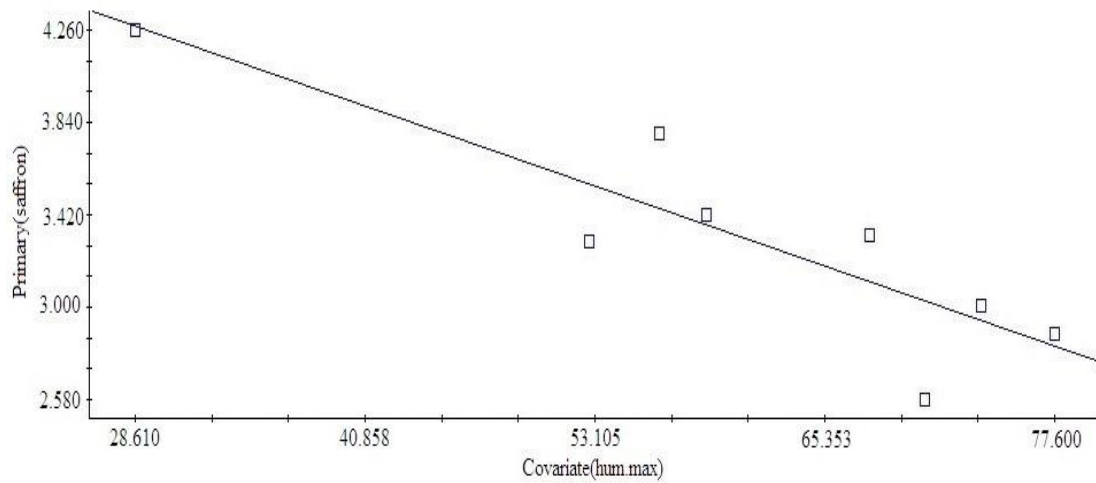
نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که ثلث جنوبی استان، دارای بهترین موقعیت کشت زعفران از نظر اقلیمی است.

طبق نتایج تحلیل همبستگی بین متغیر اصلی (عملکرد زعفران) و متغیرهای کمکی (پارامترهای اقلیمی)، رطوبت مطلق حداکثر به عنوان بهترین متغیر کمکی در روش کوکریجینگ به دست آمد، همبستگی بین عملکرد زعفران و رطوبت مطلق حداکثر دارای ضریب رگرسیونی برابر ۰/۰۳، خطای استاندارد ۰/۰۱، ضریب تبیین ۰/۷۷۴ و عرض از مبدا ۵/۱۲ بود (شکل ۱). طبق تحلیل سمی‌واریانس متغیرهای اصلی ( $Z_1$ )، کمکی ( $Z_2$ ) و توام ( $Z_1^*Z_2$ )، بهترین مدل‌های برازش یافته در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ و پارامترهای بهترین واریوگرام به دست آمده برای متغیرهای مذکور نیز در جدول ۲ ارائه گردیده است.

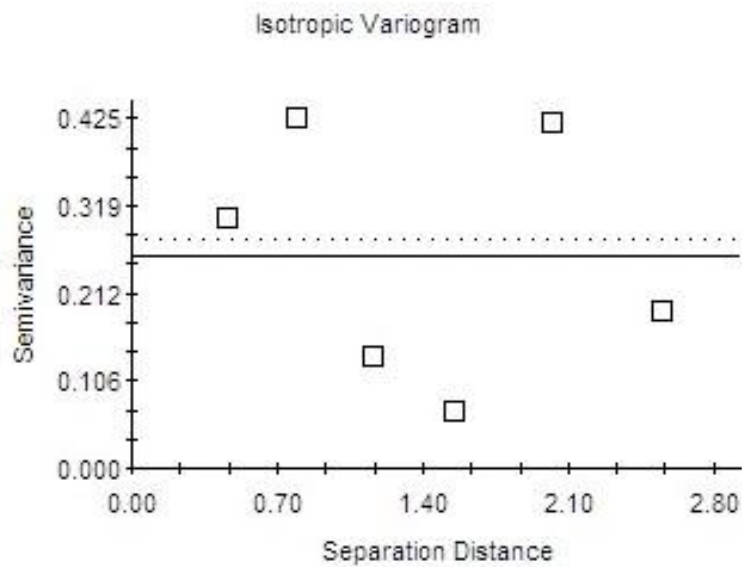
به منظور ارزیابی پارامترهای مؤثر در درون‌یابی به روش کوکریجینگ، تحلیل اعتبارسنجی متقاطع صورت پذیرفت که در این روش، مقدار پارامتر هر نقطه، حذف و سپس مقدار این پارامتر حذف شده با توجه به مقدار داده‌های اطراف، توسط مدل مجدداً تخمین زده شده و نهایتاً مقادیر تخمینی و واقعی پارامتر

1- Goodness of Fit

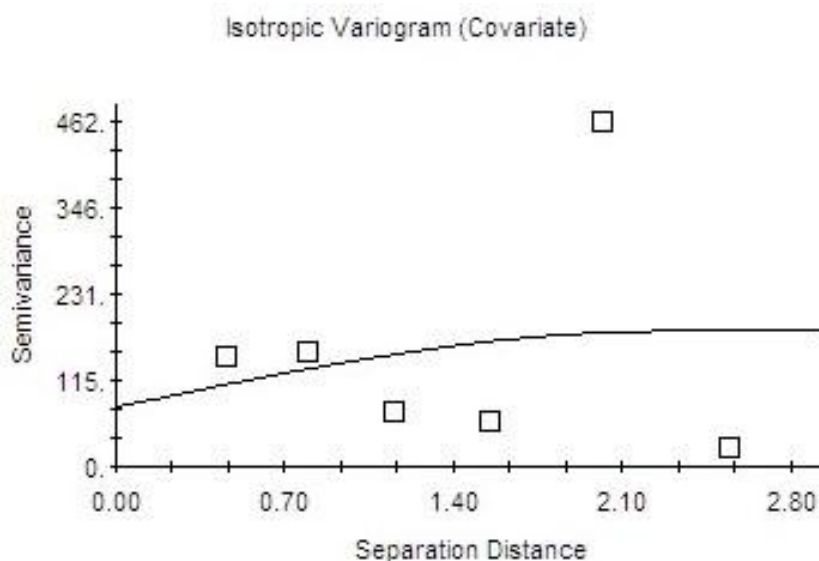
2- Intercept



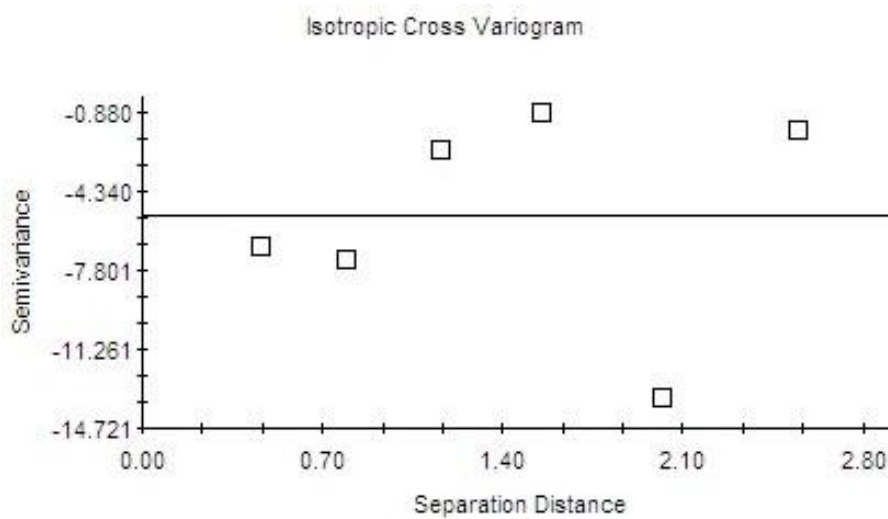
شکل ۱- رگرسیون برازشی بین عملکرد زعفران و رطوبت مطلق حداکثر  
Figure 1- Regression between yield and maximum absolute humidity.



شکل ۲- واریوگرام متغیر اصلی (عملکرد زعفران) با مدل خطی  
Figure 2- Variogram for main variable (saffron yield) with linear model.



شکل ۳- واریوگرام متغیر کمکی (رطوبت مطلق حداکثر) با مدل کروی  
 Figure 3- Variogram for covariate (maximum absolute humidity) with spherical model.



شکل ۴- واریوگرام متقاطع متغیرهای اصلی و کمکی با مدل خطی  
 Figure 4- Cross variogram for main and covariate with linear model.

برای کشت و تولید این گیاه دارویی گران قیمت، فراهم نموده است. با حرکت به سمت مناطق شمالی استان، میزان تناسب اقلیمی اراضی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته، به طوری که ثلث شمالی استان از کمترین پتانسیل کشت زعفران برخوردار است، و به طور مشخص بخش‌های مرکزی این مناطق (ثلث

در این ثلث، قسمت‌های مرکزی شامل شهرستان گناباد از پتانسیل بالاتری جهت کشت زعفران برخوردارند، این مناطق دارای آب و هوای گرم و خشک با زمستان‌های سرد است، محدودیت شدید منابع آبی، بارش کم و شرایط اقلیمی مناسب این منطقه به همراه نیاز آبی کم گیاه زعفران، شرایط مناسبی را



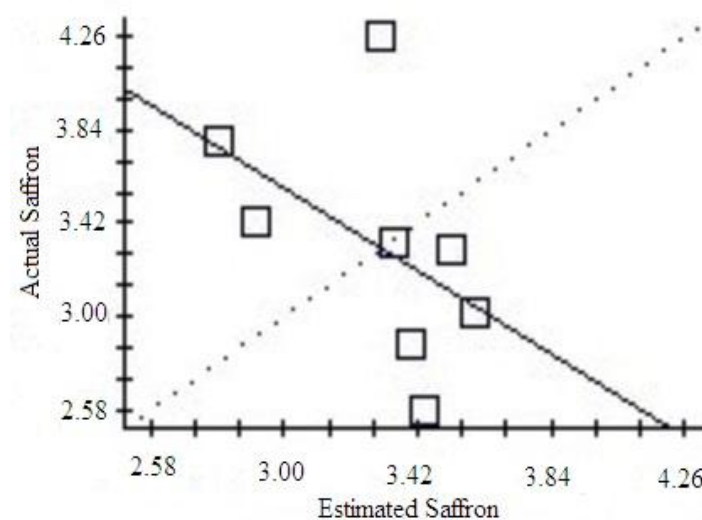
به‌جای زعفران کشت گردد. میزان عملکرد بخش‌های مرکزی ثلث جنوبی (با عملکردی برابر با ۴/۳ کیلوگرم در هکتار) تقریباً دو برابر بخش‌های مرکزی ثلث شمالی (با عملکردی برابر با ۲/۶ کیلوگرم در هکتار) استان می‌باشد (شکل‌های ۶ و ۷).

بالایی استان) شامل شهرستان‌های قوچان و بینالود، از کمترین پتانسیل کشت زعفران برخوردارند، از آنجایی که این مناطق دارای آب و هوای کوهستانی و سرد با میزان بارندگی و منابع آبی مناسب می‌باشد، توصیه می‌گردد گیاهان جایگزین دیگری

جدول ۲- پارامترهای واریوگرام‌های واریوگرام‌های به دست آمده برای متغیرهای اصلی، کمکی و متقاطع

Table 2- Variogram parameters for main, covariate and cross variations

نوع متغیر	مدل	مجموع مربعات باقیمانده	مربع ضریب تبیین ( $r^2$ )	اثر منطقه‌ای به آستانه ضریب تبیین $C/(c_0+C)$	دامنه اثر $(C_0+C)$	اثر آستانه $(C_0)$	اثر قطعه ای $(C_0)$
Variable type	model	Residual Sum of Squares			Range	Sill effect	Nugget effect
اصلی (Z)	Linear	0.110	0.043	0.000	2.5468	0.2577	0.2577
کمکی (Z2)	Spherical	122660	0.026	0.561	2.2740	181.6000	79.7000
متقاطع (Z*Z2)	Linear	112	0.008	0.000	2.5468	-5.4027	-5.4027
Cross							



شکل ۵- نتایج اعتبارسنجی متقاطع بین عملکرد واقعی و تخمینی زعفران

Figure 5- Results of cross validation between actual and estimated yield of saffron.

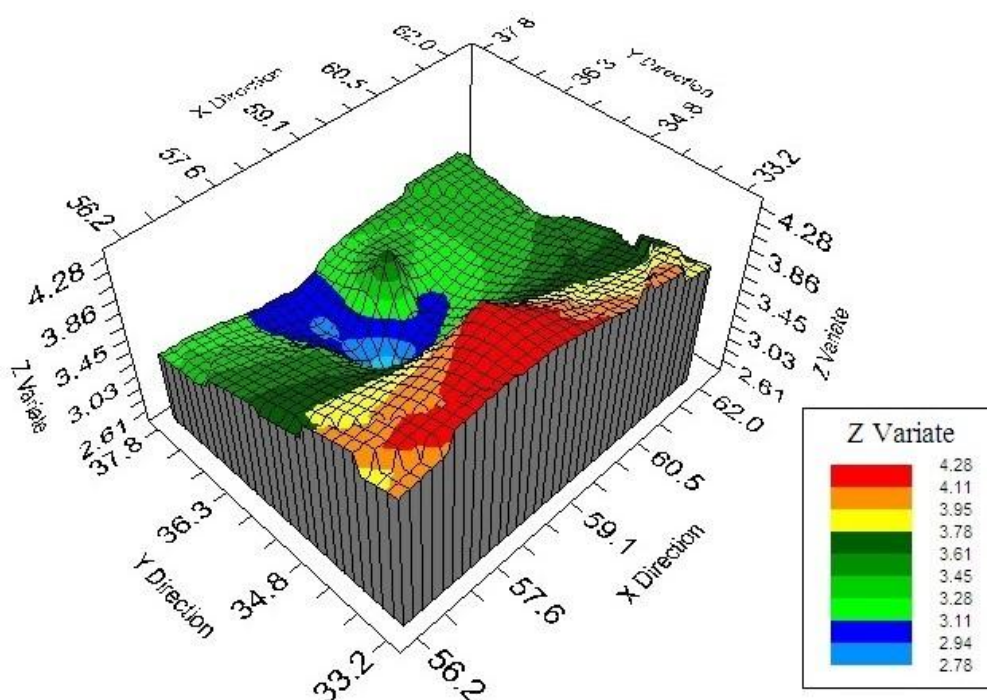
1 -Nugget

2- Sill

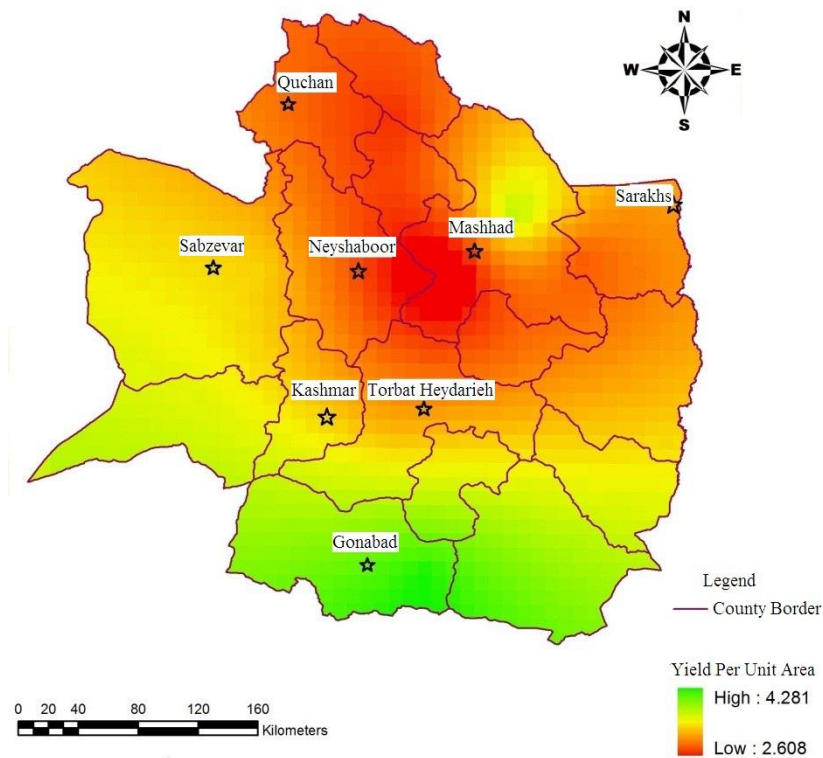
دارای عملکردی ضعیف (۲/۸۵-۳/۵۳ کیلوگرم در هکتار) به- دست آمد (Tosan et al., 2015)، این یافته‌ها، منطبق با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

گزارش پژوهشی در سطح استان خراسان جنوبی که با نتایج تحقیق حاضر نیز همخوانی دارد، نشان می‌دهد که اکثر مناطق این استان، در شرایط مناسب و نسبتاً مناسب از نظر کشت زعفران قرار داشته، مناطق شمالی و شمال شرقی آن (مناطق نزدیک به نواحی جنوبی استان خراسان رضوی) دارای بهترین موقعیت از لحاظ درجه حرارت حداقل، میانگین و حداکثر برای کشت زعفران بوده، مناطق مرکزی نسبتاً مناسب و مناطق جنوبی و جنوب غربی نامناسب می‌باشند (Koozehgaran et al., 2014).

نتایج تحقیق دیگری در سطح استان خراسان رضوی نشان می‌دهد که عملکرد زعفران به شدت تحت تأثیر درجه حرارت بوده و این تأثیر بسته به اقلیم هر منطقه متفاوت است، در این تحقیق مناطق جنوبی استان از جمله شهرستان گناباد دارای بهترین موقعیت از نظر پارامترهای مورد بررسی برای کشت زعفران تشخیص داده شده و بیان گردیده که عملکرد زعفران تولیدی، از جنوب به سمت شمال استان، روندی کاهشی دارد. در این تحقیق ضمن کسب همبستگی بالا بین عملکرد و پارامترهای دمایی، شهرستان‌های جنوبی استان، از جمله گناباد دارای عملکرد بالا (۴/۲۱-۴/۸۸ کیلوگرم در هکتار)، شهرستان‌های مرکزی از جمله تربت‌حیدریه دارای عملکردی متوسط (۴/۲۱-۳/۵۳ کیلوگرم در هکتار) و شهرستان‌های شمالی مانند قوچان



شکل ۶- نمای سه بعدی پهنه‌بندی عملکرد زعفران در بلوک درون‌یابی شده  
Figure 6- Three dimensional view of saffron yield within interpolated block.



شکل ۷- پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران بر مبنای عملکرد در واحد سطح  
 Figure 7- Zoning the prone areas for saffron cultivation base on yield per unit area.

شده و با حرکت به سمت شمال استان، عملکرد زعفران روندی کاهشی داشته، به طوری که عملکرد زعفران تولیدی در ثلث جنوبی استان (شهرستان گناباد)، تقریباً دو برابر عملکرد ثلث شمالی آن (شهرستان‌های قوچان و بینالود) به دست آمد. در راستای پژوهش حاضر پیشنهاد می‌گردد، عملیات درون‌یابی و پهنه‌بندی با سایر روش‌ها و با استفاده از سایر متغیرهای اقلیمی، خاک و کیفیت آب جهت بهبود تشخیص مناطق مستعد کشت زعفران صورت پذیرد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این تحقیق مشخص گردید، از بین پارامترهای اقلیمی، رطوبت مطلق حداکثر، بیشترین همبستگی را با عملکرد زعفران دارد، ضمن آنکه تهیه نقشه پهنه‌بندی با استفاده از زمین آمار نشان می‌دهد که این سامانه توانایی مناسبی در تلفیق و تولید اطلاعات مکانی با لحاظ نمودن داده‌های اقلیمی دارد. طبق نتایج پهنه‌بندی، ثلث پایینی استان شامل شهرستان گناباد، دارای بهترین موقعیت از نظر کشت و تولید زعفران، تشخیص داده

### منابع

- Abrishami, M.H. 2009. Saffron cultivation. Monthly Journal of Baghzar 35: 26-32. (In Persian with English Summary).
- Adeli, J., and Anabestani, A.L. 2015. Investigating the causes of expansion of saffron cultivation in temperate mountain areas of Golestan Province (Case study: Vamenan Village). Saffron Agronomy and Technology 3 (2): 133-144. (In Persian with English Summary).
- Alizadeh, A., Sayari, N., Ahmadian, J., and Mohamadian, A. 2009. Study for zoning the most appropriate

- time of irrigation of saffron (*Crocus Sativus* L.) in Khorasan Razavi, North and Southern provinces. *Journal of Water and Soil* 23 (1): 109-118. (In Persian).
- Bashiri, M., Seyedi, S.M., and Tosan, M. 2014. Effect of sunny hours on saffron yield in razavi Khorasan province, 3<sup>rd</sup> national conference of saffron, University of Torbat Heydarieh. (In Persian).
- Bazrafshan, J., and Ebrahimzadeh, I. 2006. An analysis on spatial diffusion of saffron in Iran and the effective factors on it, (Case study: Khorasan province). *Geography and Development Journal* 4 (4): 61-84. (In Persian with English summary).
- Behdani, M.A., Nassiri, M., and Koocheki, A.A. 2003. Modeling saffron flowering time across a temperature gradient. In proceedings of 2<sup>nd</sup> International Symposium on Saffron Biology and Technology, Albacete, Spain, 22-25 October 2003.
- Benschop, M. 1993. *Crocus*. In A. De Hertogh, and M. Le Nard. *The physiology of flower bulbs*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands. p. 257-272.
- Fallah-Ghalhary, G.A., Habibi-Nokhandan, M., and Khoashhal, J. 2008. Spring rainfall estimation of Khorasan Razavi province based on tele-connection synoptically patterns using adaptive neuro-Fuzzy inference system. *Journal of Range and Watershed Management* 63 (1): 55-74. (In Persian with English summary).
- Farajzadeh, M., and Mirzabyati, R. 2007. Survey sites in lowland zones saffron Neyshabur using GIS. *Humanities Teacher Journal* 12: 50- 67.
- Halevy, A.H. 1990. Recent Advance in Control of Flowering Habit of Geophytes. *Acta Horticulture* 266: 35-42.
- Hosseini, M., Mollafilabi, A., and Nassiri, M. 2008. Spatial and temporal patterns in Saffron (*Crocus sativus* L.) yield of Khorasan province and their relationship with long term weather variation. *Journal of Iranian Field Crop Research* 6 (1): 79-88.
- Ismail-Zadeh, Y., and Jahanbakhsh, S. 2011. Applicable requirements for saffron Agro climate with plain Magi. *Journal of Geographical Space Research* 11 (35): 1-18. (In Persian with English summary).
- Kafi, M., Kamkar, B., Mahdavi-Damghani, A.B., and Lahuti, M. 2003. The reactions of agricultural plants to the growth environment. The publishing house of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- Kamali, G.A. 1982. The bioclimatic plan of saffron in south of Khorasan. A review on 15 year researches of saffron in the research center of development and technology researches of Khorasan. p. 10-14. (In Persian with English summary).
- Kamyabi, S., Habibi-Nokhandan, M., and Rouhi, A. 2014. Effect of climatic factors affecting saffron using analytic hierarchy process (AHP); (Case Study: Roshtkhar Region, Iran). *Saffron Agronomy and Technology* 2 (1): 75-90. (In Persian with English Summary).
- Koozehgaran, S., Mousavi-Baygi, M., Sanaeinejad, H., and Behdani, M.A. 2014. Identification relevant areas for saffron cultivation according to precipitation and relative humidity in South Khorasan using GIS. *Journal of Saffron Research* 1 (1): 85-96. (In Persian with English Summary).
- Koul, K.K., and Farooq, S. 1984. Growth and differentiation in the shoot apical meristem of the saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Indian Botanical Society* 63: 153-160.
- Mirmosawi, S.H., and Mirian, M. 2012. Apply of geostatistics methods in studies of rainfall spatial distribution (Case study: Kerman Province). *Geography and Planning journal* 16 (38): 153-178. (In Persian with English Summary).
- Mirzaei, A.A., Sebeh, Q.A., and Yekani-Motlaq, Y. 2015. Specialized software in water engineering. *Kian*

- Publication, Tehran. pp, 524. (In Persian).
- Mohammadi, H., Ranjbar, F., and Soltani, M. 2011. Assess potential climate saffron in Marvdasht. *Journal of Geography and Environmental Planning* 22 (43): 154-143. (In Persian with English Summary).
- Molina, R.V., Garcia-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., and Valero, M. 2004. Flower formation in the saffron *Crocus (Crocus sativus L.)*, the role of temperature. *Acta Horticulturae* 650: 39-47.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus L.*). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Rahmati, E. 2003. The function of environmental factors in production and function of saffron, Articles collection of the third national congress of saffron. The publishing house of Khorasan Research Organization for Science and Technology p. 146-151. (In Persian with English summary).
- Shirdeli, A., and Tawassoli, A. 2015. Predicting yield and water use efficiency in saffron using models of artificial neural network based on climate factors and water. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (2): 121-131. (In Persian with English Summary).
- Tosan, M., Alizadeh, A., Ansari, H., and Rezvani Moghaddam, P. 2015. Evaluation of yield and identifying potential regions for Saffron (*Crocus sativus L.*) cultivation in Khorasan Razavi province according to temperature parameters. *Saffron Agronomy and Technology* 3 (1): 1-12. (In Persian with English Summary).

## Using Geostatistics for Zoning Areas Suitable for Saffron Cultivation in the Khorasan Razavi Province Based on Climatological Parameters

*Mehdi Bashiri<sup>1</sup> and Amir Salari<sup>2\*</sup>*

**Received:** 3 March, 2016

**Accepted:** 29 May, 2016

**DOI:** 10.22048/jsat.2016.17365

### Abstract

Saffron is one of the most economical and highly valuable plant species in Iran. About 80 percent of the total export of saffron in the world originates in the Khorasan Razavi province. The demand for higher production, limitations of climatological resources, soil and water have caused the officials who are in charge of agriculture to seek for areas that are potential candidates for the cultivation of saffron by means of precise, rapid and analytical methods. In the present study, geostatistical interpolation methods are used for climatological-ecological zoning of agricultural lands in the Khorasan Razavi province that are suitable candidates for saffron cultivation. To this aim, climatological and ecological requirements of saffron cultivation are first determined based on available scientific references. Then the necessary data are prepared. In the present study, an effort has been made in the spatial modeling and interpolation of the areas that are potential candidates for saffron cultivation based on the yield per unit area in 8 counties of the province during the 1989-1990 to 2008-2009 crop years and the 11 climatological parameters that affect saffron growth and blossom in the mentioned period of time. Based on the results, the maximum absolute humidity has been selected as the best covariate. The modeling of crop yield and the evaluation of the models were performed using geostatistical methods in GS+ software. Finally, the prepared zoning map showed that the geostatistical methods used are suitable choices for determination and zoning of areas that are suitable candidates for the development of saffron cultivation. The results for zoning have showed that a third of the southern areas in the Khorasan Razavi province (especially in the Gonabad county) have the maximum cultivation potential from the viewpoint of climatology, and in the northern direction of the province (especially in the Quchan and Binaloud counties) the value of land decreases considering its potential suitability for saffron cultivation

**Keywords:** Geostatistics, Areas suitable, Saffron, Khorasan-Razavi

---

1 - Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Torbat Heydarieh

2 - Assistant professor, Faculty of Agricultural and Natural Resources, University of Torbat Heydarieh

(\* - Corresponding author E-mail: salari.1361@yahoo.com)