

جغرافیا و توسعه شماره ۵۵ تابستان ۱۳۹۸

وصول مقاله: ۹۶/۱۰/۰۲

تأیید نهایی: ۹۷/۰۷/۰۸

صفحات: ۶۳-۸۶

ارزیابی روش‌های درونیابی در پهنه‌بندی نیاز مکانی به توان در کشاورزی استان خوزستان

آتنا کشوری^۱، دکتر افشین مرزبان^{۲*}

چکیده

استفاده بهینه از منابع برای انجام عملیات زراعی مزرعه، موضوع مهمی است که همواره مورد توجه بوده‌است؛ اما بی‌توجهی به مسأله تخصیص بهینه منابع توان در کشاورزی به‌عنوان یکی از اقلام پرهزینه بخش کشاورزی منجر به بروز مشکلات فراوان شده‌است. در پژوهش حاضر با هدف شناسایی نیاز مکانی و توزیع جغرافیایی مناسب توان در کشاورزی استان خوزستان و به‌منظور پهنه‌بندی میزان نیازمندی مناطق مختلف استان به ورود توان جدید از معیارهای کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی عمر تراکتورها، میانگین هارمونیک عملکرد، نسبت هکتار بر تراکتور، پراکندگی قطعات زراعی، شیب و کاربری اراضی استفاده شد. این پژوهش براساس طرح تحقیق، پیمایشی و از نظر ماهیت، کاربردی است. برای پهنه‌بندی هر کدام از معیارهای مذکور با استفاده از نرم‌افزار GIS روش‌های مختلف درونیابی مورد بررسی قرار گرفت و بهترین روش درونیابی به کمک روش ارزیابی متقابل و مقدار RMS تعیین شد. نتایج نشان داد که وابستگی مکانی متغیرها در حد متوسط است و تنها متغیر ضریب کهنگی عمر تراکتورها در سطح پایینی از وابستگی مکانی قرار داشت. بر این مبنا می‌توان گفت، دقت روش درونیابی کریجینگ و روش‌های درونیابی قطعی، تقریباً کارایی یکسانی دارند. پهنه‌بندی میزان کمبود سطح مکانیزاسیون در استان نشان داد که نواحی شرقی و بخش‌هایی از غرب استان با کمبود شدید سطح مکانیزاسیون روبه‌رو هستند. در پهنه‌بندی ضریب کهنگی عمر تراکتورهای موجود در استان، نواحی شمالی، شرقی و بخش‌هایی از جنوب استان از نقطه نظر این معیار در وضعیت مناسبی قرار ندارند. در ارتباط با نسبت هکتار به تراکتور، بیشترین میزان آن در نواحی شمالی استان و همچنین بخش‌هایی از نواحی شرقی و غربی دیده می‌شود. نواحی شرقی استان نسبت به سایر نواحی از نظر میانگین هارمونیک عملکرد، وضعیت مناسبی دارند. در همپوشانی وزن دار نقشه‌های تولیدشده با استفاده از AHP فازی، معیار نسبت هکتار به تراکتور بیشترین وزن (۰/۳۰، ۰/۴۱، ۰/۵۴) را به خود اختصاص داده‌بود. بر این اساس مناطق استان برای ورود توان جدید در سه سطح با نیازمندی زیاد، متوسط و کم قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، توزیع توان، درونیابی، AHP فازی.

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران atenakeshvari@ramin.ac.ir
۲- دانشیار مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خوزستان، ایران* afshinmarzban@ramin.ac.ir

مقدمه

در تداوم حیات انسانی، کشاورزی و تولیدات آن دارای نقش بنیادی است. در عرصه جهانی، نگرشی بر زمینه‌های تحولی جوامع پیشرفته کنونی گویای آن است که منشأ توسعه‌یافتگی بسیاری از این ممالک، مزاد تولید در بخش کشاورزی بوده و در مراحل اولیه توسعه، مبناساز تحولات شده‌است (مطیعی/نگرودی و شمسایی، ۱۳۸۶: ۸۵). در کشورهای رو به رشد و در حال گذار نیز کشاورزی در تحکیم پایه‌های اقتصادی آن‌ها نقش اساسی ایفا می‌کند. از آنجا که این بخش اقتصادی از نظر تأمین نیازهای غذایی مردم، تأمین مواد اولیه صنایع، اشتغال افراد و ایجاد درآمد اهمیت دارد، ثبات و استمرار رشد آن را می‌توان از عوامل عمده کمک‌کننده ثبات اجتماعی و رشد اقتصادی جامعه به‌شمار آورد (Gongn&Lin, 2000: 27)؛ اما در کشور ایران به‌سبب تکیه بر درآمدهای نفتی و توجه ویژه به بخش صنعت سهم بخش کشاورزی از اقتصاد کشور کاهش یافته‌است. تخصیص و توزیع نامطلوب صنایع بین دو بخش کشاورزی و صنعت و بی‌توجهی به ظرفیت‌ها و نیازهای بخش کشاورزی در تخصیص بودجه کشور و موجودی سرمایه منجر به توسعه ناکافی و گاهی درجاذگی و عقب‌افتادگی این بخش شده‌است. گواه این موضوع نقطه اتصال اصلی دو بخش صنعت و کشاورزی است که مکانیزاسیون کشاورزی نامیده می‌شود. اگرچه نیم‌قرن از کاربرد نسبتاً گسترده ماشین‌های کشاورزی در ایران می‌گذرد؛ اما مکانیزه کردن کشاورزی هنوز جایگاه واقعی خود را نیافته‌است (ثنی‌عشری و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۶۵۸). دستاوردهای ناچیز و عقب‌ماندگی‌های قابل توجه در حوزه مکانیزاسیون نسبت به اهداف تعیین شده، ناشی از عوامل متعدد با درجات تأثیر متفاوتی است که از

جمله می‌توان به بی‌توجهی شایسته به لزوم توسعه بخش کشاورزی، کوتاهی بخش صنعت در انجام رسالت خود در قبال بخش کشاورزی، هدف‌گذاری غیرواقع‌بینانه و شاید مهم‌تر از همه، ضعف مدیریت در بهره‌برداری از امکانات موجود بخش کشاورزی و عدم به‌کارگیری مناسب نهاده‌ها اشاره کرد (باقری و مؤذن، ۱۳۸۷: ۳-۲). استفاده بهینه از منابع در جهت انجام عملیات‌های زراعی مزرعه، موضوع مهمی است که بارها مورد مطالعه قرار گرفته‌است؛ اما بی‌توجهی به مسأله تخصیص بهینه منابع پرهزینه این بخش شامل ماشین‌ها منجر به بروز مشکلات فراوان از جمله عدم تعادل و توازن در بین مناطق کشور شده‌است به‌گونه‌ای که تعداد محدودی از مناطق نقش کلیدی داشته و سایر مناطق به‌صورت حاشیه‌ای عمل می‌کنند. تعیین سطح بهینه مکانیزاسیون در سطوح مختلف منطقه، ناحیه و در سطح کلان کشور نیازمند شناسایی روابط بین ماشین‌ها، سیستم مزرعه، شرایط محیطی و بیولوژیکی است. از ضرورت‌های برنامه‌ریزی در توسعه مکانیزاسیون کشاورزی، شناخت وضعیت توان تراکتوری هر منطقه در جهت برنامه‌ریزی برای ارتقاء ظرفیت انجام عملیات ماشینی در آن منطقه است. یکی از عوامل تأثیرگذار در افزایش تولیدات زراعی، انجام به موقع عملیات زراعی و نیز بالابردن سطوح زیرکشت محصولات است؛ به‌همین دلیل لازم است توان تراکتوری موجود هر منطقه بتواند نیاز عملیات کشاورزی آن منطقه را در پرتراکم‌ترین مقطع زمانی از فصل زراعی از نظر عملیات ماشینی برطرف کند (عباسی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲). این امر مستلزم پایش اصولی و مستمر ورودی‌ها و خروجی‌های منابع توان در کشاورزی مناطق مختلف است. با توجه به اینکه عملیات زراعی برای یک محصول در یک بازه زمانی معین صورت

در چه جایگاهی قرار دارند (موقعیت‌یابی) و فاصله آن تا رسیدن به حدمطلوب چقدر است (تحلیل موقعیت). برای این منظور از ترکیب روش‌های تصمیم‌سازی چندمعیاره و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گرفته شد.

پیشینه پژوهش

صادقی و همکاران از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (آنتروپی) به منظور وزن‌دادن به شاخص‌های مکانیزاسیون و تعیین ضریب توسعه مکانیزاسیون با هدف شناخت وضعیت کمی و کیفی مکانیزاسیون کشاورزی، در استان خراسان جنوبی بهره گرفتند. نتایج آن‌ها نشان داد که سطح مکانیزاسیون (۰/۴۱) اسب‌بخار در هکتار) در مقایسه با کشورهای پیشرفته بسیار پایین است. درجه مکانیزاسیون عملیات، کاشت پایین و برای برخی از محصولات نزدیک به صفر بوده است و تنها در مورد عملیات خاک‌ورزی در سطح نسبتاً مناسب‌تری قرار دارد. همچنین ضریب بهره‌وری از تراکتور در منطقه بسیار پایین بوده که نیازمند مدیریت بهتری است (صادقی و همکاران، ۱۳۸۷). در مطالعه دیگری از یک مدل سیستمی غیرخطی برای انتخاب سطح بهینه مکانیزاسیون برحسب قابلیت‌های فنی استفاده شد. محققان در این مدل سعی کردند همه هزینه‌های ثابت و متغیر مربوط به استفاده از ماشین‌های خاک‌ورزی را به گونه‌ای حداقل کنند که همه نیازها و محدودیت‌های مربوط به کشت محصولات مختلف برآورده شود. خروجی مدل شامل اندازه ماشین‌های مورد استفاده تعداد تراکتورها و همچنین توان تراکتورهای مورد استفاده بود. حداقل‌سازی هزینه‌ها براساس محدودیت‌هایی از قبیل: ساعات کاری نیروی کار در دسترس، ساعات در دسترس استفاده از ماشین‌ها و تراکتورها، قابلیت

می‌پذیرد و تأخیر در انجام هر عملیات منجر به تحمیل خسارت‌های مالی و هزینه‌های اضافی در نتیجه کاهش عملکرد و افزایش ضایعات در تولید محصول می‌شود، انجام عملیات زراعی در زمان بهینه بسیار حائز اهمیت است. انجام به موقع این عملیات منوط به در دسترس بودن تراکتور و ماشین‌های کشاورزی است؛ بنابراین توجه به تخصیص بهینه و توزیع جغرافیایی مناسب این منبع توان در کشاورزی هر منطقه برای برنامه‌ریزی درخصوص زمان‌بندی عملیات مزرعه و کمک به بهبود کمی و کیفی محصول تولیدی از فاکتورهای اثرگذار در مدیریت مناسب مکانیزاسیون است. با توجه به اینکه استان خوزستان از تولیدکنندگان مهم محصولات کشاورزی در کشور است، آیا توان تراکتوری موجود در منطقه در پرتراکم‌ترین زمان انجام عملیات مزرعه جوابگوی کشاورزی استان است؟ از طرف دیگر، از آنجا که وجود توان بیش از نیاز منطقه نیز منجر به هدر رفت سرمایه و ایجاد هزینه‌های دیگری از جمله هزینه تعمیر و نگهداری و... می‌شود، آیا تراکتور مازاد در مناطق مختلف استان موجود است؟ الگوی توزیع تراکتور در استان متناسب با نیاز مناطق مختلف استان است؟ به عبارتی دیگر، توزیع جغرافیایی مناسبی در دسترسی به تراکتور در استان وجود دارد؟ بنابراین هدف از انجام این پژوهش نیازسنجی و پهنه‌بندی توان تراکتوری استان خوزستان به منظور سطح‌بندی نیازمندی مناطق استان به توان جدید و جایگزینی ماشین‌های فرسوده است. نیازسنجی فرایندی نظام‌مند برای مشخص کردن هدف‌ها، شناسایی شکاف میان وضع موجود و هدف‌ها و سرانجام تعیین اولویت‌ها برای عمل و پیاده‌سازی راه‌حل‌هاست. در واقع با نیازسنجی سطح مکانیزاسیون، با توجه به شرایط موجود مشخص می‌شود شهرستان‌های استان خوزستان

انجام عملیات‌ها، زمان انجام عملیات‌ها و ترتیب عملیات‌ها انجام گرفته بود (کهنسال و طاهریور، ۱۳۸۷). در بررسی سطح مکانیزاسیون کشاورزی و بهره‌وری مزارع در دو ایالت در جنوب غرب نیجریه متوسط سطح مکانیزاسیون در ایالات اوگون و اوسون ۳۱/۳ و ۲۸/۶ درصد گزارش شد. متوسط سطح مکانیزاسیون در دو ایالات ۳۰/۶ درصد بود. تجزیه و تحلیل پایداری طرح نشان داد که تناقض در سیاست مکانیزاسیون کشاورزی، عدم شرایط مناسب برای یکپارچه‌سازی مکانیزاسیون کشاورزی، فقدان زیرساخت ضروری و اعتبارات مالی در میان متغیرهای دیگر در مقیاس تولید کم منظر مشاهده شده بودند (Olaoye and Rotimi, 2010).

اندراد و جنکینز در مکزیک به بررسی دسترسی به منابع توان و شناسایی الگوهای استفاده از تجهیزات کشاورزی از طریق تجزیه و تحلیل چندمتغیره پرداختند. نتایج نشان داد که بسیاری از کشاورزان در دو منطقه به مقادیر نسبتاً زیادی از قدرت تراکتور و دیگر نهاده‌های مکانیکی به واسطه مجموعه‌ای متنوع از مکانیزم‌ها دسترسی دارند (Andrade & Jenkins, 2002).

موسوی و صدیقی (۱۳۹۳) نرم‌افزار GIS را به منظور سطح‌بندی استان‌ها برای تحلیل فضایی وضعیت توسعه کشاورزی به کار گرفتند. آن‌ها سطح توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در استان‌های مازندران، خراسان شمالی و فارس را به ترتیب حائز بهترین رتبه و استان‌های بوشهر، هرمزگان و کهگیلویه و بویراحمد را به ترتیب در پایین‌ترین رتبه معرفی کردند. استان خوزستان نیز با شاخص ۲۶/۰۲ در رتبه هشتم قرار داشت.

خداوردی و فروزانی (۱۳۹۵) در سطح‌بندی استان‌های کشور با استفاده از روش آنتروپی و

تأسیس نشان دادند که بین استان‌های مختلف در کشور از لحاظ برخورداری از شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی اختلاف زیادی وجود دارد. به طوری که استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به ترتیب بالاترین رتبه را از نظر توسعه یافتگی به خود اختصاص دادند و استان‌های سمنان، قزوین، کرمانشاه، خراسان شمالی، مرکزی، سیستان و بلوچستان، آذربایجان شرقی، همدان، بوشهر، اردبیل، لرستان، خوزستان، کردستان، زنجان، ایلام، کهگیلویه و بویراحمد در سطح توسعه نیافته قرار گرفتند. آزادی و بیک محمدی (۱۳۹۰) در بررسی وضعیت مکانیزاسیون استان ایلام به دلایلی از جمله کمبود سرمایه، پایین بودن نسبت نیروی باسواد و ماهر، وسعت کم اراضی و بیکار شدن بخشی از شاغلان، از وسایل مکانیزه چندان صورت نمی‌گیرد؛ به طوری که از مجموع ۴۵۱۰۹ بهره‌بردار، ۸۰/۳ درصد از آن‌ها از تراکتور که پرکاربردترین ماشین کشاورزی است استفاده می‌کنند و تنها ۲۵۵۹ بهره‌بردار دارای تراکتور هستند و بقیه از تراکتور اجاره‌ای بهره می‌گیرند. آن‌ها نتایج سطح‌بندی شهرستان‌های استان را در قالب نقشه با استفاده از نرم‌افزار Arc-View ارائه کردند. با توجه به بررسی مطالعات صورت گرفته در خصوص وضعیت مکانیزاسیون مناطق مختلف می‌توان اظهار داشت که قریب به اتفاق این مطالعات به صورت تک‌بعدی برای برآورد توان براساس سطح زیرکشت و تقویم زراعی مناطق مورد مطالعه بوده است. همچنین توجه به توزیع جغرافیایی مناسب و برنامه‌ریزی‌های جغرافیایی همواره به عنوان یک حلقه مفقوده در برنامه‌ریزی‌های کلان‌کشور در حوزه مکانیزاسیون کشاورزی قابل لمس است. در مطالعه حاضر به عنوان اولین مطالعه در بررسی توزیع توان در یک منطقه با

انجام عملیات‌ها، زمان انجام عملیات‌ها و ترتیب عملیات‌ها انجام گرفته بود (کهنسال و طاهریور، ۱۳۸۷). در بررسی سطح مکانیزاسیون کشاورزی و بهره‌وری مزارع در دو ایالت در جنوب غرب نیجریه متوسط سطح مکانیزاسیون در ایالات اوگون و اوسون ۳۱/۳ و ۲۸/۶ درصد گزارش شد. متوسط سطح مکانیزاسیون در دو ایالات ۳۰/۶ درصد بود. تجزیه و تحلیل پایداری طرح نشان داد که تناقض در سیاست مکانیزاسیون کشاورزی، عدم شرایط مناسب برای یکپارچه‌سازی مکانیزاسیون کشاورزی، فقدان زیرساخت ضروری و اعتبارات مالی در میان متغیرهای دیگر در مقیاس تولید کم منظر مشاهده شده بودند (Olaoye and Rotimi, 2010).

اندراد و جنکینز در مکزیک به بررسی دسترسی به منابع توان و شناسایی الگوهای استفاده از تجهیزات کشاورزی از طریق تجزیه و تحلیل چندمتغیره پرداختند. نتایج نشان داد که بسیاری از کشاورزان در دو منطقه به مقادیر نسبتاً زیادی از قدرت تراکتور و دیگر نهاده‌های مکانیکی به واسطه مجموعه‌ای متنوع از مکانیزم‌ها دسترسی دارند (Andrade & Jenkins, 2002).

موسوی و صدیقی (۱۳۹۳) نرم‌افزار GIS را به منظور سطح‌بندی استان‌ها برای تحلیل فضایی وضعیت توسعه کشاورزی به کار گرفتند. آن‌ها سطح توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در استان‌های مازندران، خراسان شمالی و فارس را به ترتیب حائز بهترین رتبه و استان‌های بوشهر، هرمزگان و کهگیلویه و بویراحمد را به ترتیب در پایین‌ترین رتبه معرفی کردند. استان خوزستان نیز با شاخص ۲۶/۰۲ در رتبه هشتم قرار داشت.

خداوردی و فروزانی (۱۳۹۵) در سطح‌بندی استان‌های کشور با استفاده از روش آنتروپی و

فارس و از غرب با کشور عراق هم‌مرز است (شکل ۱). براساس آخرین سرشماری تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۰ این استان از ۲۷ شهرستان، ۴۱ بخش، ۷۷ شهر، ۱۳۵ دهستان و ۶۳۳۵ آبادی تشکیل شده‌است. استان خوزستان را از نظر پستی و بلندی می‌توان به دو منطقه کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم کرد. منطقه کوهستانی در شمال و شرق استان قرار گرفته و منطقه جلگه‌ای آن از جنوب دزفول، مسجد سلیمان، رامهرمز و بهبهان آغاز شده‌است و تا کرانه‌های خلیج فارس و اروندرود ادامه می‌یابد. استان خوزستان تولیدکننده بیش از ۵۰ نوع محصولات زراعی است. مطابق آمار رسمی کشور میزان کل تولید محصولات مختلف زراعی در استان خوزستان ۱۱،۷۷۲،۰۸۷ تن در ۱۱۰۸۶۰۳ هکتار سطح زیرکشت است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳).

رویکرد جغرافیایی، پس از بررسی کمبودها با توجه به معیارهای اثرگذار، نسبت به اولویت‌بندی مناطق برای رفع کاستی‌ها اقدام شد.

روش‌شناسی

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومترمربع، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی از خط استوا واقع شده در جنوب غربی ایران، انجام شده‌است. استان خوزستان از شمال غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و شرق با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج



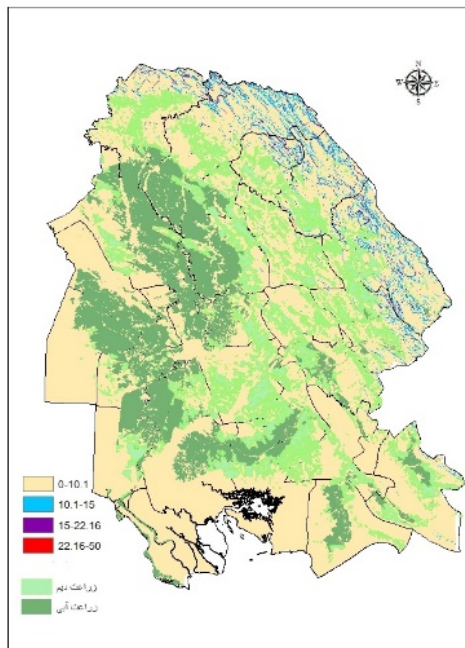
شکل ۱: موقعیت استان خوزستان

تهیه و ترسیم: اداره نقشه‌برداری استان خوزستان، ۱۳۹۶

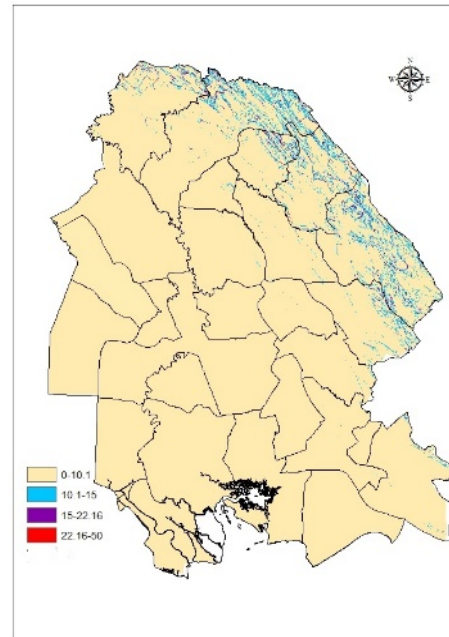
روش تحقیق

این پژوهش براساس طرح تحقیق، پیمایشی و از نظر ماهیت، کاربردی است. برای جمع‌آوری اطلاعات، از اطلاعات اسنادی و کتابخانه‌ای استفاده شد. داده‌های این پژوهش از آمارنامه‌های کشاورزی و نتایج سرشماری عمومی استان به‌دست آمده‌است. داده‌های مورد استفاده در نرم‌افزار Excel طبقه‌بندی و در محیط GIS فراخوانی شد. به‌منظور پهنه‌بندی استان برای تعیین نیازمندی مناطق مختلف استان به توان جدید از ترکیب معیارهای کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی عمر تراکتورها، نسبت هکتار بر تراکتور، میانگین هارمونیک عملکرد، پراکندگی قطعات زراعی، شیب و کاربری اراضی

استفاده شد. برای ترسیم نقشه معیارهای کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی عمر تراکتورها، نسبت هکتار بر تراکتور، میانگین هارمونیک عملکرد و پراکندگی قطعات زراعی روش‌های مختلف درویابی مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور تهیه نقشه شیب، با استفاده از اطلاعات ارتفاعی لایه توپوگرافی و لایه دم^۱، سپس نقشه شیب ترسیم شد (شکل ۲). سپس برای شناسایی سطح نیازمندی مناطق مختلف استان به توان جدید، از همپوشانی وزن‌دار استفاده شد. برای تعیین وزن معیارهای به‌کار گرفته‌شده از AHP فازی استفاده شد. شکل (۳) مدل مفهومی پژوهش را نشان می‌دهد.



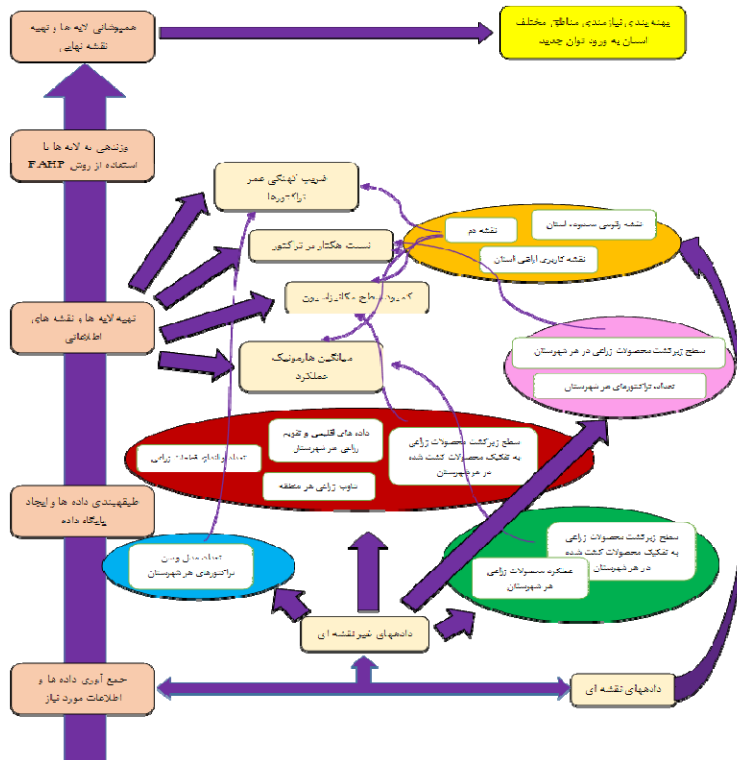
(ب)



(الف)

شکل ۲: الف پهنه‌بندی شیب؛ ب- محدوده اراضی دیم و آبی در استان خوزستان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۳: مدل مفهومی پژوهش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

$$D = d_s + \frac{1}{8} d_n + \frac{1}{2} d_t \quad \text{رابطه ۲:}$$

D : روزهای قابل کار، d_s : روزهای آفتابی، d_n : روزهای نیمه‌آفتابی و d_t : روزهای تمام‌ابری است (یوسفی، ۱۳۹۴: ۳). جدول عملیاتی محصولات عمده هر شهرستان با رعایت تناوب رایج آن شهرستان در ماه‌های مختلف ترسیم شد و نوع و میزان عملیات در هکتار برای هر دهه از هر ماه مشخص شد. با استفاده از اطلاعات فوق تعداد روزهای قابل کار و مجموع عملیات در ماه‌های پرتراکم، ظرفیت موردنیاز برای انجام به‌موقع عملیات مختلف از رابطه (۳) محاسبه شد.

$$C_a = \frac{A}{t_{ad} \times T \times Pwd} \quad \text{رابطه ۳:}$$

C_a : ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای انجام عملیات موردنظر، A : سطح عملیات، t_{ad} : تعداد روزهای کار، T : ساعات

کمبود سطح مکانیزاسیون

به‌منظور برآورد کمبود سطح مکانیزاسیون در شهرهای استان ابتدا توان موردنیاز هر شهرستان و سپس سطح مکانیزاسیون موجود و موردنیاز از رابطه (۱) محاسبه شدند. تفاضل دو مقدار برآوردشده بیانگر مقدار کمبود مکانیزاسیون در هر شهرستان بود.

$$ML = \frac{HP}{Ha} \quad \text{رابطه ۱:}$$

ML : سطح مکانیزاسیون، HP : توان تراکتوری موجود و Ha : کل سطح زیرکشت (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۵۰-۴۹). برای محاسبه توان موردنیاز ابتدا اطلاعات مربوط به وضعیت آب و هوای هر شهرستان از اداره کل هواشناسی استان گرفته‌شد؛ سپس روزهای قابل کار با استفاده از رابطه (۲) که توسط سازمان خوار و بار جهانی ارائه‌شده، محاسبه شد.

هزینه‌های تعمیراتی ماشین دارد. با توجه به تعریف استانداردهای انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا، سن جایگزینی که در پایان عمر اقتصادی یک ماشین کشاورزی قرار دارد، غالباً پیش از خرابی‌های عمده ناشی از فرسایش و ازکارافتادگی فنی ماشین فرامی‌رسد (آشتیانی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۲۲). بنا به تعریف مرکز توسعه مکانیزاسیون کشور، عمر مفید تراکتورها ۱۳ سال در نظر گرفته شده‌است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۳). بر این اساس، ضریب کهنگی نسبت تراکتورهای بالای ۱۳ سال به تراکتورهای کمتر از ۱۳ سال تعریف شد.

نسبت هکتار بر تراکتور

با توجه به اینکه در تعیین اسب بخار در هکتار فقط به توان تراکتورها توجه می‌شود و این در حالی است که ممکن است در یک منطقه، تراکتور با توان بیشتر و تعداد کمتر موجود باشد که به لحاظ کمی جوابگوی نیاز منطقه نباشد؛ بنابراین این معیار مورد استفاده قرار گرفت. برای محاسبه این معیار کل سطح زیرکشت در هر شهرستان بر تراکتورهای موجود در آن شهرستان تقسیم شد.

پراکندگی قطعات زراعی

با استفاده از اندازه قطعات زراعی و تعداد بهره‌برداران هر شهرستان، میانگین و انحراف معیار قطعات زراعی محاسبه شد؛ سپس ضریب پراکندگی برای زمین‌های زراعی هر شهرستان محاسبه شد.

میانگین هارمونیک عملکرد

در تعیین میانگین عملکرد محصولات هر شهرستان از آنجایی که عمده کشت در برخی از شهرستان‌ها، محصولات با عملکرد بالا مثل محصولات غده‌ای و ریشه‌ای و در برخی دیگر از شهرستان‌ها محصولات با عملکرد پایین مانند غلات است و همچنین به دلیل

کاری در یک روز (۱۰ ساعت کاری) و p_{wd} : احتمال روزهای خوب کاری (روزهای قابل کار تقسیم بر روزهای ماه) است (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴۹-۱۴۵).

به این طریق حداکثر ظرفیت مورد نیاز هر یک از ادوات در ماهی که اوج عملیات مورد نظر برای آن ماشین است، مشخص شد. در صورتی که تعداد ادوات در ماهی که تراکم عملیات در آن واقع شده کافی باشد، در ماه‌های دیگر سال نیز مشکلی از نظر ظرفیت وجود نخواهد داشت و تأخیری در انجام عملیات زراعی و در نهایت هزینه‌های ناشی از به موقع انجام نشدن کار پیش نخواهد آمد. عرض مورد نیاز هر یک از ادوات از رابطه (۴) محاسبه شد.

$$W = \frac{C_a \times 10}{V \times \eta_f} \quad \text{رابطه ۴:}$$

W : عرض مورد نیاز هر دستگاه، C_a : ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای انجام عملیات مورد نظر، V : سرعت کاری (Km/h) و η_f : بازده مزرعه‌ای دستگاه است (الماسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴۹-۱۴۵).

در محاسبه بازده مزرعه‌ای، متوسط اندازه مزارع هر شهرستان مدنظر قرار داده شد. پس از تعیین عرض مورد نیاز هر یک از ادوات و تقسیم آن بر عرض ادوات رایج مورد استفاده در هر شهرستان، تعداد مورد نیاز هر یک از ادوات مشخص شد. پس از تعیین تعداد ادوات و مشخص شدن توان مورد نیاز برای انجام هر یک از این عملیات، مجموع توان مورد نیاز در ماهی که بیشترین حجم عملیات را دارد، محاسبه شد و متناسب با توان مورد نیاز ادوات عمدتاً ۶۵-۷۵ اسب بخار تعداد تراکتور معادل در هر شهرستان تعیین شد.

ضریب کهنگی عمر تراکتورها

عمر اقتصادی که از آن با عنوان عمر مفید نیز نام برده می‌شود، عموماً از عمر کاری ماشین کوتاه‌تر است و طول آن وابستگی مستقیم به روند وقوع و میزان

$\hat{y}(h)$: مقدار واریوگرام برای تعداد N جفت نمونه است که با فاصله h از یکدیگر جدا شده‌اند. $z(x_i)$ و $z(x_i + h)$: به ترتیب مقادیر متغیر ناحیه‌ای X در نقطه i و $i+h$ هستند. در واریوگرافی برای تشریح رفتار واریوگرام از سه مؤلفه دامنۀ تأثیر، حد آستانه و اثر قطعه استفاده می‌شود. دامنۀ تأثیر، حداکثر فاصله‌ای است که پس از آن ساختار مکانی دیگر وجود ندارد و واریوگرام به مقدار ثابتی می‌رسد. اغلب در عمل، عرض واریوگرام از مبدأ به گونه‌ای است که اثر قطعه‌ای نامیده می‌شود که بیانگر واریانس تصادفی و بدون ساختار است. اثر قطعه‌ای به علت وجود تغییرات در فواصل کمتر از حداقل فاصله نمونه‌برداری یا به دلیل وجود خطا به هنگام نمونه‌برداری و اندازه‌گیری بروز می‌کند. وقتی واریوگرام به مقدار ثابت خود می‌رسد، ارتفاع واریوگرام برابر حد آستانه یا سقف واریوگرام، یعنی برابر با مجموع واریانس تصادفی و ساختاردار است. نسبت واریانس ساختاردار به حد آستانه، ساختار مکانی واریوگرام است (فاضل‌تیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۸).

مرحله دوم، تخمین زمین‌آماري به روش‌های مختلف زمین‌آمار است که به مشخصات مدل واریوگرام برازش داده شده در مرحله اول وابسته است. درون‌یابی IDW از روش‌های درون‌یابی جبری است که اساس آن بر مبنای میانگین وزنی می‌باشد و نقاط معلوم که نزدیک به نقاط مجهول هستند، برای درون‌یابی وزن بیشتری دارند.

تأثیر کمیت موردنظر با افزایش مسافت کاهش می‌یابد و از معکوس فاصله به‌عنوان وزن نقاط اندازه‌گیری شده در برآورد نقاط مجهول استفاده می‌شود (Hamzah and Prayogo, 2014: 34-35). در روش IDW برآورد براساس مقادیر نقاط نزدیک به نقطه برآورد که بنابر عکس فاصله وزن‌دهی می‌شوند، انجام می‌گیرد. این روش از فرضیات مربوط به ارتباط

تفاوت در الگوی کشت و تناوب در بین شهرستان‌ها، به جای استفاده از میانگین حسابی، از میانگین هارمونیک عملکرد محصولات استفاده شد؛ بنابراین هنگامی که ارزش داده‌ها متفاوت باشد، از میانگین هارمونیک (۵) استفاده می‌شود (رنجبران، ۱۳۸۸: ۱۰).

$$\text{رابطه ۵: } \bar{Y} = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}} \quad S_i: \text{ میانگین هارمونیک عملکرد (Ton-ha}^{-1}\text{), } S_i: \text{ سطح}$$

زیر کشت (ha)، Y_i : عملکرد محصول (Ton).

درون‌یابی معیارهای موردبررسی

درون‌یابی فرایندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقادیر همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به دست آورد (Piri et al., 2017: 96-97). کریجینگ یک روش درون‌یابی است که برای داده‌هایی که دارای روندهای موضعی تعریف شده‌ای هستند، مناسب است و بر این فرض استوار است که بین داده‌ها همبستگی مکانی وجود دارد. تابع کریجینگ به صورت رابطه (۶) تعریف می‌شود (Tabari et al, 2014: 160).

$$\text{رابطه ۶: } \hat{z}(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i)$$

λ_i : وزن مرتبط با ارزش متغیر ناحیه‌ای x در نقطه i است. اولین قدم در تخمین زمین‌آماري، شناخت و مدل‌سازی است که به وسیله واریوگرام بررسی می‌شود. موفقیت روش به انتخاب مدل مناسب یا بهینه واریوگرام بستگی دارد. هدف اصلی از برقرار کردن واریوگرام این است که بتوان ساختار تغییرپذیری را نسبت به فاصله (مکانی یا زمانی) شناخت (Zamani et al., 2014: 3 and Fathizad et al., 2017: 16). واریوگرام از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$\text{رابطه ۷: } \hat{y}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^n (z(x_i) - z(x_i + h))^2$$

مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد کرد (فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۹).

به منظور ارزیابی و صحت‌سنجی داده‌های پیش‌بینی شده با نرم‌افزار، از دو آماره میانگین خطا و جذر میانگین مربعات خطا استفاده شد. همچنین مقادیر نسبی میانگین خطا و جذر میانگین مربعات خطا نیز مطابق با روابط (۹) و (۱۰) محاسبه شدند. هر قدر این دو معیار به صفر نزدیک تر باشند، نشان‌دهنده اختلاف کمتر مقادیر برآورده شده نسبت به مقادیر مشاهده‌ای است (Li et al, 2015: 74; Eiselt et al., 2017: 165).

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)] \quad \text{رابطه ۹:}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

$\hat{z}(x_i)$: برآورد مقدار متغیر ناحیه‌ای X در نقطه i ، N: تعداد نمونه‌های مورد بررسی و $\bar{z}(x_i)$: میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری شده متغیر ناحیه‌ای X در نقطه i است. نرمال بودن توزیع داده‌ها که از شرایط استفاده از واریوگرام است، با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنف در نرم‌افزار Spss بررسی شد؛ برای مثال هیستوگرام داده‌های نرمال شده سطح مکانیزاسیون در شکل (۴) نشان داده شده است.

مکانی بین داده‌ها پیروی نمی‌کند و تنها بر این فرض متکی است که نقاط نزدیک‌تر به نقطه برآورد، شباهت بیشتری به آن دارند. این روش اغلب برای عکس فاصله توانی بین ۱ تا ۵ است، ولی اغلب توان ۲ در نظر گرفته می‌شود. مشخصه دیگر این روش این است که وزن به کار رفته با افزایش فاصله به سرعت کاهش می‌یابد؛ در نتیجه درونیابی در این روش کاملاً محلی است و چون وزن‌های به کار رفته هیچ‌گاه صفر نمی‌شوند؛ بنابراین هیچ‌گونه انقطاع و عدم پیوستگی در برآوردها رخ نمی‌دهد. رابطه کلی درونیابی دو بعدی به روش IDW به صورت رابطه (۸) تعریف می‌شود.

$$W(x, y) = \sum_{i=1}^N \lambda_i w_i \quad \text{رابطه ۸:}$$

$$\lambda_i = \frac{\left(\frac{1}{d_i}\right)^p}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i}\right)^p}$$

که $W(x, y)$: مقادیر برآورد شده در موقعیت (x, y) ، N: تعداد نقاط معلوم مجاور (x, y) ، λ_i : وزن اختصاص داده شده به هر یک از نقاط معلوم w_i : در (x_i, y_i) ، d_i : فاصله اقلیدسی بین هر یک از نقاط واقع در موقعیت‌های (x, y) و (x_i, y_i) و p : مقدار توان است که متأثر از وزن w_i بر W است (Desvars- Larrive et al, 2016: 2-3؛ فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۲۶). در این پژوهش برای انتخاب روش مناسب از روش «ارزیابی متقابل» استفاده شده است؛ در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از سایر نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای همه نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به گونه‌ای که در آخر به تعداد نقاط

فیض‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۲). برای رفع این نارسایی می‌توان از نظریه مجموعه‌های فازی استفاده کرد. منطق فازی به‌عنوان منطق مدل‌سازی ریاضی فرایندهای غیردقیق و مبهم، عدم قطعیت درباره داده‌ها و عدم دقت مرتبط با آگاهی‌های تصمیم‌گیرنده در اختصاص دادن وزن دقیق به معیارها را در نظر می‌گیرد و از این‌رو بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم اطمینان فراهم می‌سازد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۵).

$M \in F(R)$ را یک عدد فازی گویند اگر:

۱. $x_0 \in R$ به طوری که $\mu_m(x_0) = 1$ وجود داشته باشد؛

۲. برای هر $\alpha \in [0, 1]$ داشته باشیم $A_\alpha = \{x, \mu_{A_\alpha}(x) \geq \alpha\}$ (Maddahi., 2017: 31)

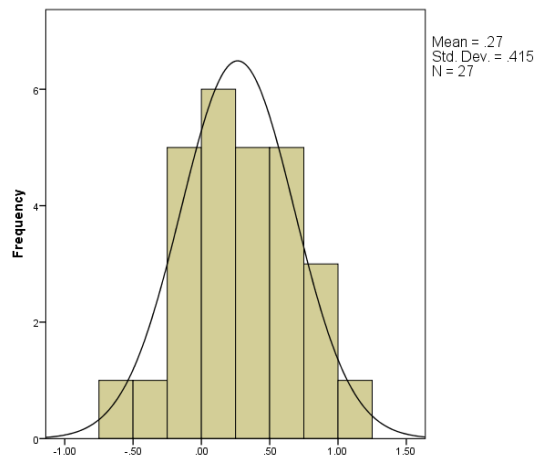
A: بازه بسته، $F(R)$: تمام مجموعه‌های فازی را نشان می‌دهد و R: مجموعه‌ای از اعداد واقعی است. عدد فازی M روی R یک عدد فازی مثلثی تعریف می‌کند اگر تابع عضویت $\mu_m(x): R \rightarrow [0, 1]$ برابر باشد با: رابطه ۱۱:

$$\mu_m(x) = \begin{cases} \frac{x}{m-l} / \frac{1}{m-l} & x \in [l, m] \\ \frac{m-x}{m-u} / \frac{u}{m-u} & x \in [l, u] \\ 0 & \text{سایر} \end{cases}$$

$l \leq m \leq u$ و u مقادیر پایین و بالا برای m و m ارزش کیفیتی است. عدد فازی مثلثی را می‌توان با (l, m, u) نشان داد.

نخستین مرحله از روش AHP فازی تصمیم‌گیری درباره اهمیت نسبی هر زوج از فاکتورها در یک سطح از سلسله‌مراتب است. با کاربرد اعداد فازی مثلثی از طریق مقایسات زوجی، ماتریس ارزیابی فازی $A = (a_{ij})_{n \times m}$ ایجاد می‌شود.

$$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \tilde{a}_{2n} \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \tilde{a}_{1n} \\ 1/\tilde{a}_{21} & 1 & \tilde{a}_{2n} \\ 1/\tilde{a}_{1n} & 1/\tilde{a}_{2n} & 1 \end{bmatrix}$$



شکل ۴. هیستوگرام داده‌های نرمال‌شده سطح مکانیزاسیون تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

AHP فازی

سلسله‌مراتب نمایش گرافیکی از مسأله (هدف، معیارها و گزینه‌های انتخاب) است که در آن سطح یک هدف، سطح دو معیارها و سطح سه گزینه‌ها (عناصر) را تشکیل می‌دهند. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌سازی چند شاخصه است که عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌شود که این وزن‌ها نسبی نامیده می‌شود. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود که وزن مطلق نامیده می‌شود (Asakereh et al., 2017: 348). اصول فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی بر تجربه و دانش تصمیم‌گیرنده استوار است؛ اما از آنجایی که تصمیم‌گیرندگان از توانایی‌های ذهنی و تجربه‌های خود برای انجام مقایسه‌ها استفاده می‌کنند؛ بنا به دلایلی مانند دانش و اطلاعات ناکافی، پیچیدگی مسأله، نداشتن اطمینان درباره محیط تصمیم‌گیری و نبود یک مقیاس مناسب نمی‌توانند ترجیح‌های خود را در قالب اعداد محض بیان کنند؛ بنابراین AHP سنتی امکان سبک تفکر انسانی را به‌طور کامل ندارد

$$\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i} \right)$$

که i و j به ترتیب شماره سطر و ستون، M_{gi}^j بیانگر اعداد مثلی در ماتریس مقایسه زوجی و l_i ، m_i و u_i به ترتیب مؤلفه‌های اول تا سوم اعداد فازی هستند (Maddahi, 2017: 31; Khurram-Ali, 2017:772).

محاسبات زمین‌آماری و برازش واریوگرام‌های تجربی با استفاده از نرم‌افزار GS+ و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی به کمک نرم‌افزار GIS انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی داده‌ها نشان داد که از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند؛ بنابراین برای نرمال‌سازی داده‌ها از تبدیل لگاریتمی و باکس-کاکس استفاده شد و سپس در تجزیه و تحلیل‌ها به کار گرفته شدند. نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنوف در جدول (۱) نشان داده شده است.

اگر $A = (a_{ij})_{n \times m}$ یک ماتریس مقایسه زوجی اعداد فازی باشد، برای به دست آوردن تخمین‌هایی از بردار وزن تحت هر معیار با استفاده از رابطه (۱۲)، باید اصل مقایسه اعداد فازی در نظر گرفته شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \times \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad \text{رابطه ۱۲:}$$

که مقدار M_{gi}^j و $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ و $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ از روابط (۱۳)، (۱۴) و (۱۵) محاسبه شدند.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad \text{رابطه ۱۳:}$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad \text{رابطه ۱۴:}$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \quad \text{رابطه ۱۵:}$$

جدول ۱: نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنوف داده‌های نرمال شده

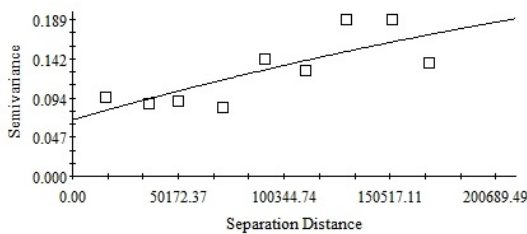
ضریب پراکندگی	میانگین هارمونیک	نسبت هکتار	ضریب کهنگی	کمبود سطح	سطح	
قطعات زراعی	عملکرد	به تراکتور	عمر تراکتورها	مکانیزاسیون	مکانیزاسیون	
۰/۶۱۲	۰/۸۱۴	۰/۵۰۹	۰/۷۰۳	۰/۴۵۸	۰/۳۸۰	کلموگراف-اسمیرنوف
۰/۸۲۳	۰/۶۳۶	۰/۹۵۸	۰/۷۰۷	۰/۹۸۵	۰/۹۹۹	سطح اطمینان

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

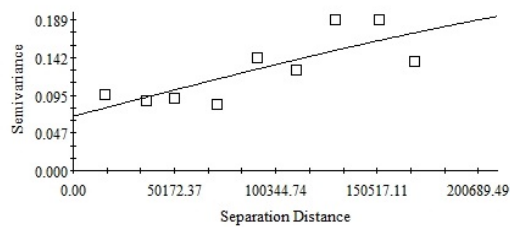
است $(R^2=0.68)$. نسبت اثر قطعه‌ای (C) به آستانه تأثیر $(C+C_0)$ شاخص قدرت ساختار مکانی متغیرهاست. اگر این نسبت کمتر از ۰/۲۵ شود نشان‌دهنده وابستگی قوی، بین ۰/۲۵-۰/۷۵ وابستگی متوسط و بیشتر از ۰/۷۵ وابستگی کم یا عدم وابستگی مکانی داده‌ها خواهد بود (Piri et al, 2016: 97).

تعیین مناسب‌ترین روش درون‌یابی

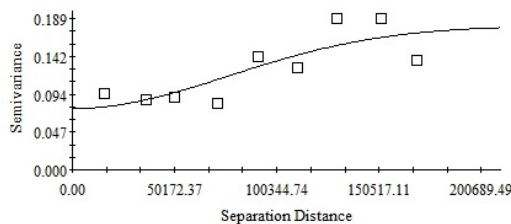
شکل (۵) واریوگرام‌های تجربی و برازش داده شده به سطح مکانیزاسیون استان را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۲) مدل‌های برازش داده شده به واریوگرام تجربی از ضریب همبستگی قابل قبولی برخوردار هستند. بهترین مدل برازش داده شده، مدل گوسین



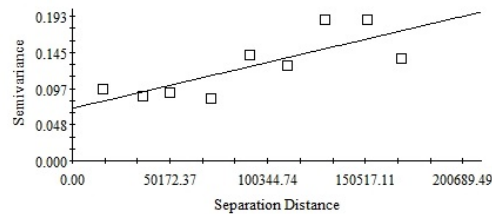
(ب)



(الف)



(ج)



(پ)

شکل ۵: واریوگرام‌های تجربی و مدل‌های برازش داده‌شده به آن‌ها در تعیین مناسب‌ترین مدل درون‌یابی سطح مکانیزاسیون الف) مدل کرووی ب) مدل نمایی پ) مدل خطی ج) مدل گوسین
 مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

برای معیار ضریب‌کهنگی عمر تراکتورها در همه مدل‌های برازش داده‌شده به واریوگرام تجربی بیشتر از ۰/۷۵ بود. این مقدار برای سایر معیارها در محدوده متوسط به دست آمد (جدول ۳).

به‌همین ترتیب، به‌منظور پهنه‌بندی معیارهای به‌کار گرفته‌شده در پهنه‌بندی توزیع توان در استان، واریوگرام‌های مناسب برازش داده‌شد و بهترین مدل درون‌یابی به دست آمد (شکل ۶). مقدار ساختار مکانی

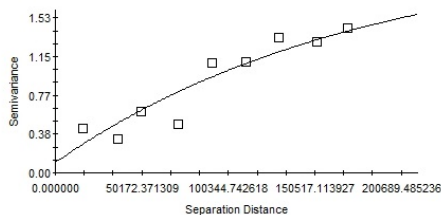
جدول ۲: تحلیل ساختار مکانی داده‌های سطح مکانیزاسیون در مدل‌های مختلف

R ²	(C/C ₀ +C)	A ₀ (m)	(C ₀ +C) (Hp/ha)	C ₀ (Hp/ha)	مدل
۰/۶۲	۰/۷۲	۳۹۱۱۰۰	۰/۲۴	۰/۰۶۸	کرووی
۰/۶۰	۰/۸۲	۴۳۳۱۰۰	۰/۳۹	۰/۰۶۸	نمایی
۰/۶۲	۰/۵۹	۱۶۹۳۱۸/۹	۰/۱۷	۰/۰۷	خطی
۰/۶۸	۰/۵۶	۱۰۸۵۰۰	۰/۱۸	۰/۰۸	گوسین

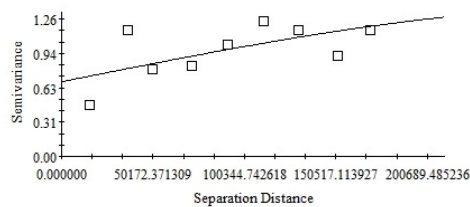
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

می‌باشند. درون‌یابی IDW و LPI به‌ترتیب در پهنه‌بندی معیار ضریب‌کهنگی و میانگین هارمونیک عملکرد روش مناسب‌تری است و برای پهنه‌بندی نسبت هکتار به تراکتور روش RBF از میزان خطای کمتری برخوردار است. در پهنه‌بندی ضریب پراکندگی اراضی نیز دقت روش‌های مورد بررسی تقریباً برابر به دست آمد.

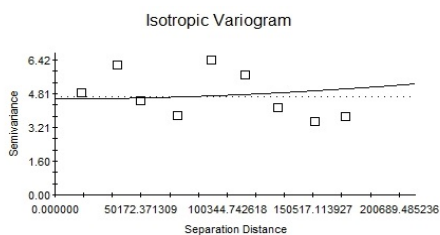
به‌منظور انتخاب بهترین روش برای پهنه‌بندی، میانگین خطا و جذر میانگین مربعات خطا برای روش‌های مختلف درون‌یابی محاسبه شدند که نتایج آن در جدول (۴) آورده شده‌است. با توجه به اینکه میزان خطای همه روش‌ها نزدیک به هم است، اما در پهنه‌بندی سطح مکانیزاسیون روش LPI خطای کمتری دارد؛ دو روش GPI و LPI مناسب‌ترین روش درون‌یابی در پهنه‌بندی کمبود سطح مکانیزاسیون



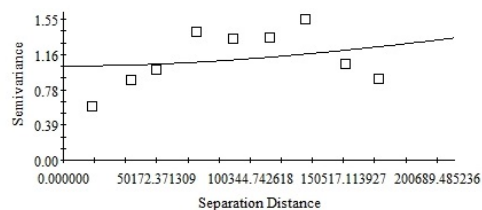
(ب)



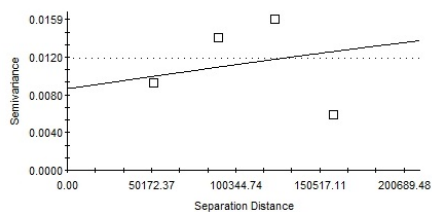
(الف)



(ج)



(پ)



(د)

شکل ۶: واریوگرام‌های تجربی و مدل‌های برازش داده شده به آن‌ها در تعیین مناسب‌ترین مدل درون‌یابی

(الف) کمبود سطح مکانیزاسیون (ب) ضریب کهنگی عمر تراکتورها (پ) میانگین هارمونیک عملکرد

(ج) نسبت هکتار به تراکتور (د) ضریب پراکندگی قطعات زراعی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

جدول ۳: ساختار مکانی معیارهای مختلف

معیار	روش	C_0	(C_0+C)	A_0 (m)	(C/C_0+C)
کمبود سطح مکانیزاسیون	کروی	۰/۶۹ (HP-ha)	۱/۳۷	۳۰۸۷۰۰	۰/۵۰
ضریب کهنگی عمر تراکتورها	نمایی	۰/۱۰	۲/۲۱	۱۷۷۵۰۰	۰/۹۵
میانگین هارمونیک عملکرد	گوسین	۵/۳۲ (Ton-ha)	۲/۹۱	۱۶۹۳۱۸/۹۰	۰/۴۵
نسبت هکتار به تراکتور	کروی	۰/۱۲	۰/۲۴	۵۱۱۰۰۰	۰/۵۰
ضریب پراکندگی اراضی	کروی	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۵۱۱۰۰۰	۰/۵۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

پژوهش، دقت و کارایی روش کریجینگ و سایر روش‌های قطعی مورد مطالعه به منظور پهنه‌بندی تقریباً یکسان است؛ برای مثال نمودار ارزیابی متقابل روش‌های مختلف درون‌یابی برای معیار سطح مکانیزاسیون در شکل (۷) نشان داده شده است.

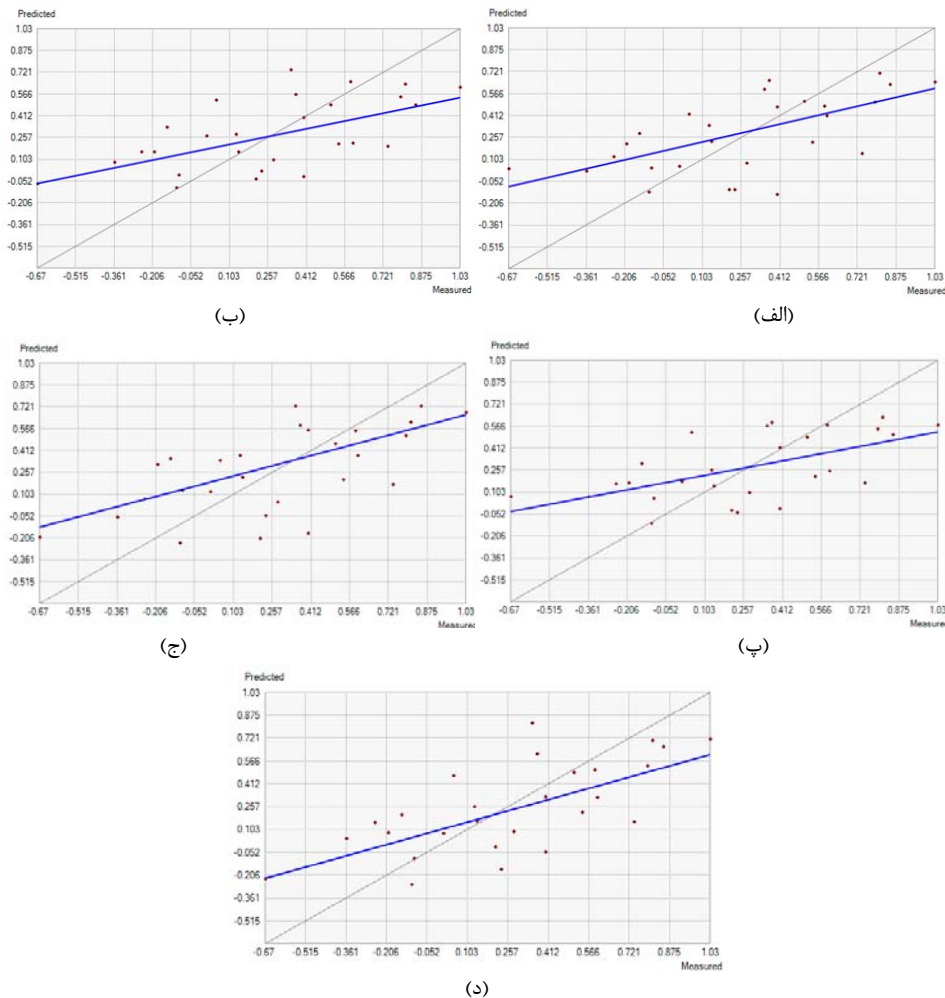
روش کریجینگ با توجه به مزایای متعددی که دارد، مانند تولید نقشه خطای برآورد، خوشه‌زدایی و کاهش واریانس برآورد، نسبت به سایر روش‌ها ارجح است (اخوان و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱۴)؛ اما به دلیل متوسط بودن میزان وابستگی مکانی داده‌ها در این

جدول ۴: تعیین مناسب‌ترین مدل درون‌یابی به کمک میانگین خطا و میانگین مربعات خطا^۱

RMSE	EM	معیار	روش‌های درون‌یابی
۰/۳۲	۰/۰۰۷	سطح مکانیزاسیون	کریجینگ
۱/۰۱	-۰/۰۰۰۱	کمبود سطح مکانیزاسیون	
۰/۷۶	-۰/۰۱	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	
۰/۷۳	-۰/۰۴	نسبت هکتار به تراکتور	
۰/۳۷	-۰/۰۰۷	میانگین هارمونیک عملکرد	
۰/۱۲	۰/۰۱	ضریب پراکندگی اراضی	
۰/۳۳	۰/۰۲	سطح مکانیزاسیون	IDW ^{۱*}
۱/۰۴	۰/۰۲	کمبود سطح مکانیزاسیون	
۰/۷۴	-۰/۰۵	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	
۰/۸۴	۰/۰۰۱	نسبت هکتار به تراکتور	
۰/۳۸	-۰/۰۲	میانگین هارمونیک عملکرد	
۰/۱۳	-۰/۰۱	ضریب پراکندگی اراضی	
۰/۳۲	۰/۰۰۴	سطح مکانیزاسیون	GPI ^{۲*}
۱	-۰/۰۲	کمبود سطح مکانیزاسیون	
۰/۸۴	-۰/۰۰۲	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	
۱/۰۶	-۰/۱۲	نسبت هکتار به تراکتور	
۰/۳۶	-۰/۰۰۲	میانگین هارمونیک عملکرد	
۰/۱۲	۰/۰۰۲	ضریب پراکندگی اراضی	
۰/۳۳	۰/۰۰۸	سطح مکانیزاسیون	RBF ^{۳*}
۱/۰۴	۰/۰۲	کمبود سطح مکانیزاسیون	
۰/۷۶	-۰/۰۲۷	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	
۰/۷۱	-۰/۰۲۸	نسبت هکتار به تراکتور	
۰/۳۸	-۰/۰۰۶	میانگین هارمونیک عملکرد	
۰/۱۲	۰/۰۰	ضریب پراکندگی اراضی	
۰/۲۶	۰/۰۰۴	سطح مکانیزاسیون	LPI ^{۴*}
۱	-۰/۰۱۱	کمبود سطح مکانیزاسیون	
۰/۸۰	-۰/۰۳۸	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	
۱/۰۱	-۰/۰۶۳	نسبت هکتار به تراکتور	
۰/۳۶	-۰/۰۰۹	میانگین هارمونیک عملکرد	
۰/۱۲	-۰/۰۱	ضریب پراکندگی اراضی	

* بهترین مدل با کمترین میزان RMSE نشان داده شده‌است.

- 1-Inverse distance weighting
- 2-Global polynomial interpolation
- 3-Radial basis function
- 4-Local polynomial interpolation



شکل ۷: ارزیابی متقابل روش‌های الف) IDW (ب) کریجینگ پ) RBF (ج) GPI (د) LPI سطح مکانیزاسیون
 مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

توزیع توان در استان خوزستان

نتایج حاصل از برآورد توان در شهرهای استان خوزستان نشان‌دهنده توزیع نامطلوب تراکتور در سطح استان است. با توجه به جدول (۵) در ۹ شهرستان استان خوزستان توان در دسترس بیش از

توان موردنیاز در این شهرستان‌ها بوده است و ۱۸ شهرستان دیگر با کمبود توان به منظور انجام عملیات زراعی در زمان مناسب روبه‌رو هستند. شهرستان دشت‌آزادگان بیشتر میزان کمبود توان را دارد.

جدول ۵: برآورد توان در شهرستان‌های استان خوزستان (اسب بخار)

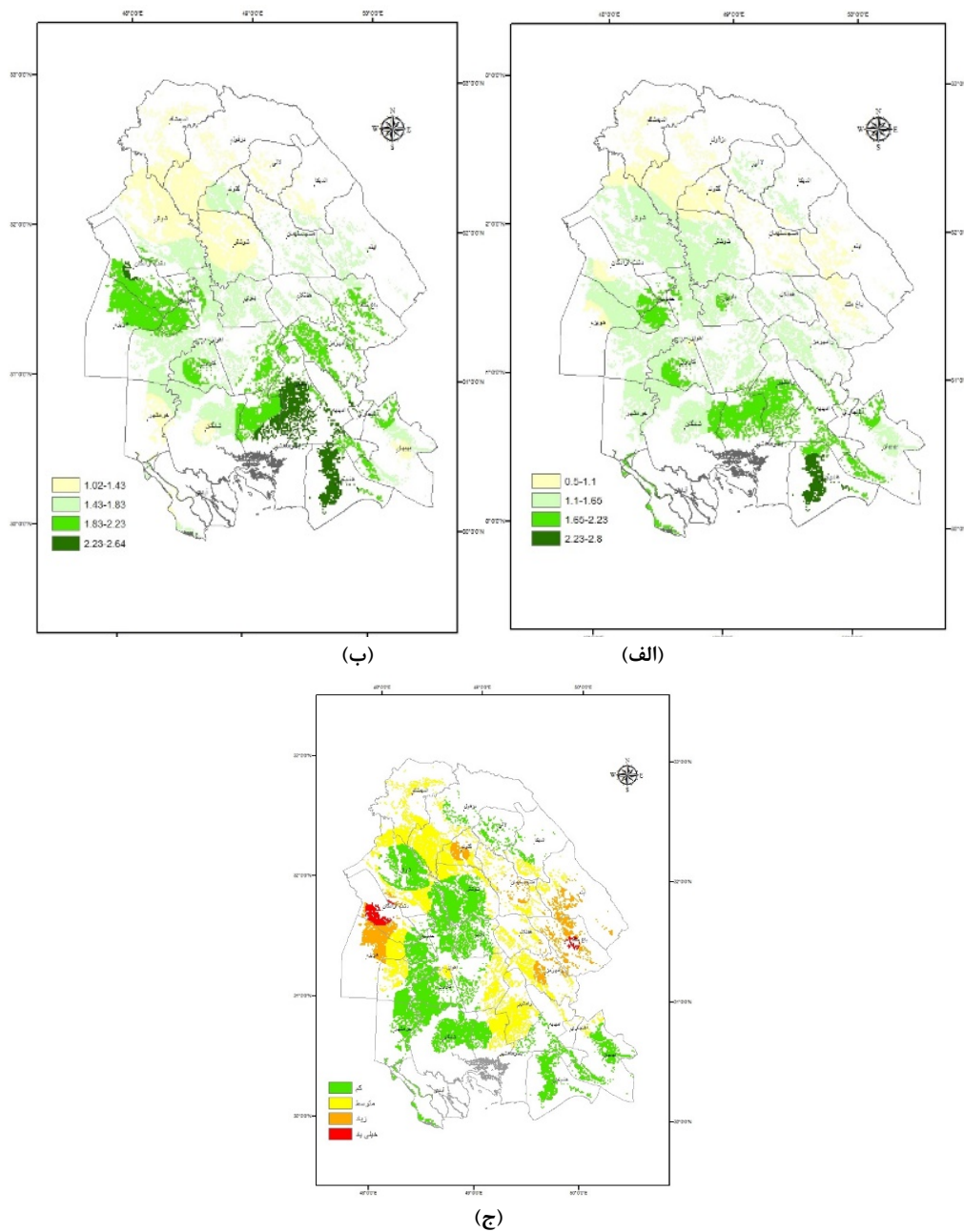
شهر	توان اسمی موردنیاز (اسب بخار)	توان اسمی موجود (اسب بخار)	میزان کمبود توان اسمی (اسب بخار)	شهر	توان اسمی موردنیاز (اسب بخار)	توان اسمی موجود (اسب بخار)	میزان کمبود توان اسمی (اسب بخار)
دشت‌آزادگان	۱۵۱۷۲۵	۶۴۵۶۵	۸۷۱۶۰	حمیدیه	۷۲۷۵۰	۷۰۰۴۵	۲۷۰۵
اندیمشک	۹۸۵۵۰	۴۲۳۴۰	۵۶۲۱۰	لالی	۱۸۲۲۵	۱۶۰۶۵	۲۱۶۰
اهواز	۲۰۴۶۰۰	۱۴۸۹۷۰	۵۵۶۲۰	امدیه	۲۴۸۲۵	۲۴۰۲۵	۸۰۰
باغملک	۸۹۳۲۵	۳۸۵۶۰	۵۰۷۶۵	آغاجاری	۱۵۰۰	۱۱۶۰	۳۴۰
هویزه	۹۱۱۲۵	۴۲۸۴۵	۴۸۲۸۰	شوش	۱۸۶۱۵۰	۲۲۶۰۰۰	-
ایذه	۸۹۵۵۰	۴۶۵۳۵	۴۳۰۱۵	اندیکا	۱۷۷۷۵	۲۴۸۹۰	-
رامهرمز	۹۱۳۵۰	۵۵۸۵۵	۳۵۴۹۵	باوی	۷۰۵۰۰	۷۲۰۲۰	-
گتوند	۶۱۷۲۵	۲۸۱۰۵	۳۳۶۲۰	بهبهان	۶۷۸۷۵	۷۵۹۶۰	-
رامشیر	۷۶۲۷۵	۵۴۷۳۰	۲۱۵۴۵	شوشتر	۱۳۵۶۷۵	۱۷۵۳۷۵	-
دزفول	۱۴۰۷۰۰	۱۲۲۹۵۰	۱۷۷۵۰	هندیجان	۶۰۵۲۵	۶۸۳۰۵	-
هفتگل	۴۸۴۵۰	۳۰۷۳۰	۱۷۷۲۰	آبادان	۲۱۰۰	۳۹۶۵	-
مسجدسلیمان	۲۹۴۷۵	۱۳۴۵۰	۱۶۰۲۵	خرمشهر	۲۶۹۲۵	۳۶۲۹۵	-
بندرماهشهر	۴۷۹۲۵	۴۰۷۴۵	۷۱۸۰	شادگان	۶۶۸۲۵	۷۱۰۳۰	-
کارون	۵۲۳۵۰	۴۸۲۳۵	۴۱۱۵				

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

پهنه‌بندی معیارهای مؤثر در تعیین نیازمندی به توان در کشاورزی

شکل (۸ الف) پهنه‌بندی نسبت اسب بخار بر هکتار در سطح استان را نشان می‌دهد. این نسبت در نواحی جنوبی و بخش‌هایی از مرکز استان در سطح بالایی قرار دارد. نواحی شمالی بخش‌هایی از غرب و شرق استان از این منظر در وضعیت مناسبی قرار ندارد و کمترین مقدار این نسبت در شمال استان دیده می‌شود. با توجه به اختلاف بارز نسبت اسب بخار بر هکتار در سطح استان، ضریب تغییرات این نسبت در سطح استان محاسبه شد. بالابودن ضریب تغییرات سطح مکانیزاسیون (حدود ۴۷ درصد) نشان‌دهنده اختلاف قابل توجه بین نواحی مختلف استان است.

شواهد گویای آن است که سطح مکانیزاسیون در سطح استان از توزیع فضایی یکسانی برخوردار نیست. دلیل این امر را می‌توان تا حد زیادی متأثر از عوامل مدیریتی دانست. از جمله مشکلات مکانیزاسیون استان خوزستان توزیع جغرافیایی نامناسب ماشین‌ها و عدم تعادل بین کمبود یا فزونی تراکتور در فصل اوج عملیات زراعی در نواحی مختلف استان است. بر این اساس، میزان کمبود سطح مکانیزاسیون در استان موردبررسی قرار گرفت. با توجه به شکل (۸ ج) در نواحی شرقی و بخش‌هایی از غرب استان با کمبود شدید سطح مکانیزاسیون روبه‌رو هستند و نواحی جنوبی، مرکزی و بخش‌هایی از شمال در وضعیت مناسبی از این حیث قرار دارند.



شکل ۸: پهنه‌بندی (الف) سطح مکانیزاسون موجود (ب) سطح مکانیزاسیون مطلوب (ج) کمبود سطح مکانیزاسیون در استان خوزستان
 مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

عملیات‌های کشاورزی در خارج از زمان مناسب و با کیفیت پایین صورت پذیرد که در نتیجه آن عملکرد محصول در مزارع با افت مواجه می‌شود. از طرف دیگر، در صورت لحاظ‌نکردن تراکتورهای با عمر

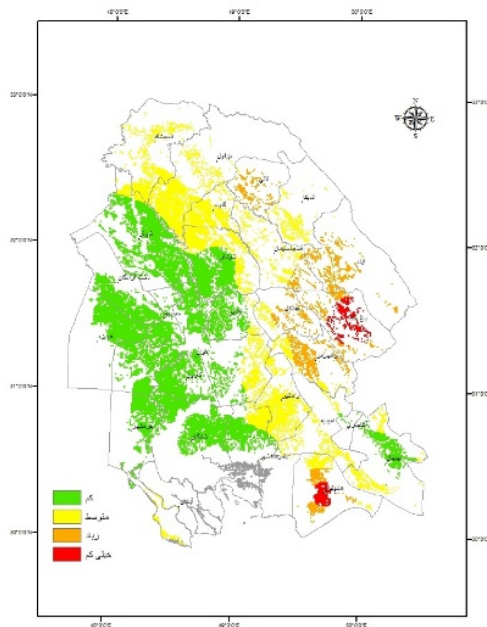
با توجه به اینکه حدود ۴۰ درصد از تراکتورهای موجود در مزارع استان عمر بالای ۱۳ سال دارند و عمر مفید خود را سپری کرده‌اند و دیگر کارایی لازم را ندارند، این امر سبب‌شده که بسیاری از

سینک در مطالعه شاخص‌های مکانیزاسیون و اثرات آن بر تولید در هند نشان داد، بین توان مصرفی و عملکرد محصولات مختلف همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشته‌است؛ به‌گونه‌ای که ۷۵ درصد از تغییرات عملکرد به‌وسیله شاخص سطح مکانیزاسیون قابل‌پیش‌بینی است (Singh, 2006: 102). در مطالعه‌ای در کشور چین، به‌منظور بررسی اثر فناوری بر روی تولید بخش کشاورزی، ۱۵ استان و کل کشور طی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۷۸ موردارزیابی قرار گرفتند. براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که در طی دوره منتخب، ۴۵ درصد از رشد تولید بخش کشاورزی ناشی از رشد نهاده‌هایی همچون مکانیزاسیون بوده‌است (Dang et al, 2005: 163). با توجه به شکل (۱۰)، بخش‌هایی از شمال و مرکز استان نسبت به سایر نواحی از نظر میانگین هارمونیک عملکرد دارای وضعیت مناسبی هستند.

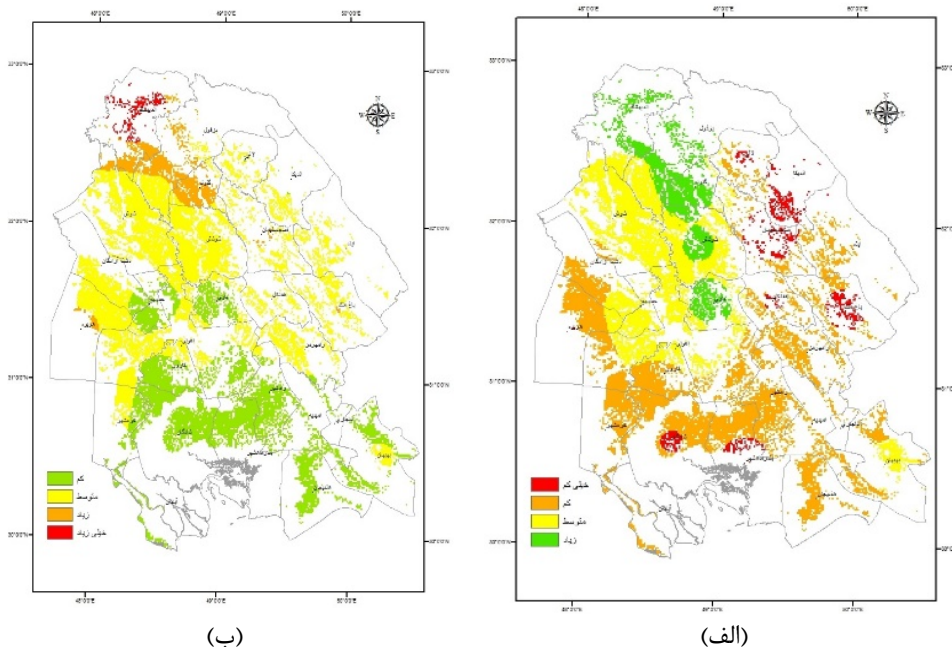
در ارتباط با معیار پراکندگی اراضی زراعی بایستی عنوان کرد که اندازه قطعات زراعی در استان بسیار متغیر و از ۰/۵ هکتار تا بیش از ۲۰۰۰ هکتار است. میانگین اندازه قطعات زراعی در کل استان حدود ۱۲/۵ هکتار است. با توجه به اینکه وسعت کم بهره‌برداری‌ها و محدودیت در اندازه واحدهای تولیدی زراعی ازجمله موانع کاربرد گسترده ماشین‌های کشاورزی و توسعه مکانیزاسیون محسوب می‌شود (کشوری و مرزبان، ۱۳۹۶: ۹)؛ انتظار می‌رود مناطق دارای اراضی خردتر و ضریب پراکندگی قطعات زراعی نیاز بیشتری به توان تراکتوری بالایی برای انجام عملیات کشاورزی دارند. همان‌طور که در شکل (۱۱) نشان داده شده‌است، شمال شهرستان اندیمشک و بخش‌هایی از غرب و جنوب استان دارای بیشترین میزان پراکندگی اراضی هستند و کمترین میزان پراکندگی نیز متعلق به شهرستان‌های گتوند و ایذه و جنوب شهرستان خرمشهر است. پس از تلفیق نقشه‌های به‌دست‌آمده از معیارهای مذکور، همان‌طور

کهنگی، میزان کمبود سطح مکانیزاسیون در استان به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. پهنه‌بندی ضریب کهنگی عمر تراکتورهای موجود در استان در شکل (۹) نشان داده شده‌است. نواحی شمالی، شرقی و بخش‌هایی از جنوب استان از لحاظ این معیار در وضعیت مناسبی قرار ندارند. برای جبران کسری سطح مکانیزاسیون در استان و به‌منظور تعیین میزان نیازمندی مناطق مختلف استان، به توان جدید از ترکیب معیارهای کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی، میانگین هارمونیک عملکرد، نسبت هکتار به تراکتور، ضریب پراکندگی اراضی و شیب با استفاده از AHP فازی، معیارهای نسبت هکتار به تراکتور، کمبود سطح مکانیزاسیون و ضریب کهنگی به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌بودند. شکل (۱۰) پهنه‌بندی نسبت هکتار به تراکتور و میانگین هارمونیک عملکرد در سطح استان را نشان می‌دهد. بیشترین میزان نسبت هکتار به تراکتور در نواحی شمالی استان و همچنین بخش‌هایی از نواحی شرقی و غربی دیده می‌شود. نسبت تراکتور به صد هکتار زمین زراعی در استان کرمانشاه نشان‌دهنده پایین بودن برخورداری از تراکتور به سطح زیرکشت در کل استان بود؛ به‌طوری که میانگین استانی ۱/۸ تراکتور به‌ازای صد هکتار اراضی برآورد شد. پایین بودن میزان این نسبت گویای افزایش تراکم کار، فشار زیاد و استهلاک سریع‌تر ماشین نسبت به شرایط استاندارد است. علاوه بر این، بسیاری از عملیات اجرایی کشاورزی به دلیل ماندن بهره‌بردار در نوبت استفاده از تراکتور، در زمان‌بندی مناسب انجام نشده و این به‌نوبه خود موجب خسارت به محصول و در نتیجه کاهش بهره‌وری تولید می‌شود (توکلی، ۱۳۹۱: ۱۵۴، ۱۶۳). در خصوص معیار میانگین هارمونیک عملکرد بین این معیار و توان موجود در شهرستان‌های استان خوزستان در سطح ۱ درصد همبستگی مثبت ۰/۷۱ مشاهده شد.

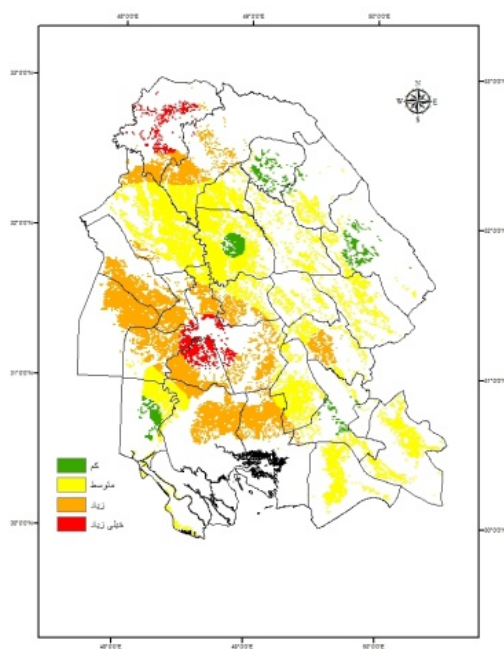
که در شکل (۱۲) نیز نشان داده شده است، بخش‌هایی از شمال و شرق استان که با رنگ قرمز مشخص شده است، مناطق با نیازمندی بالا به منظور ورود توان جدید هستند.



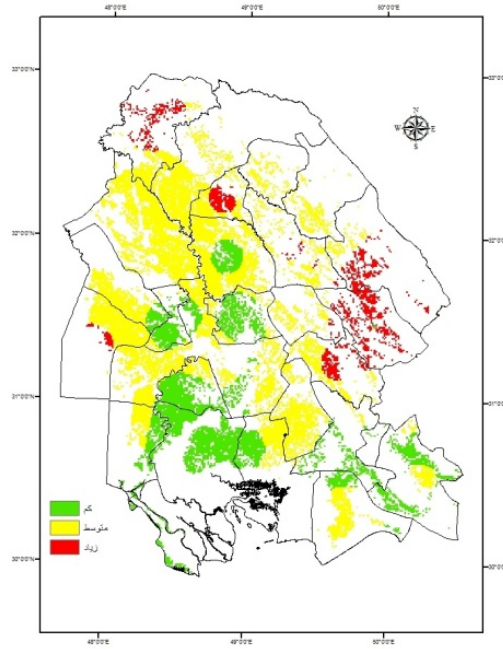
شکل ۹: پهنه‌بندی عمر کهنگی تراکتورهای استان خوزستان
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۱۰: پهنه‌بندی الف) میانگین هارمونیک عملکرد ب) نسبت هکتار به تراکتور استان خوزستان
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۱۲: پهنه‌بندی پراکندگی قطعات زراعی
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۱۱: پهنه‌بندی میزان نیازمندی به توان جدید در استان خوزستان
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

نتیجه

از جمله مشکلات مکانیزاسیون در استان خوزستان کمبود تراکتور در زمان اوج انجام عملیات مزرعه، توزیع جغرافیایی نامناسب و عدم تعادل بین کمبود یا فزونی تراکتور در نقاط مختلف استان و به کارگیری تراکتورهای کهنه و مستهلک شده می‌باشد. بنابراین توجه به مسئله تخصیص بهینه این منبع پر هزینه به منظور انجام عملیات مزرعه در زمان مناسب برای افزایش اثربخشی و بهره‌وری عوامل تولید از ضروریات می‌باشد. نتایج حاصل از پهنه‌بندی نیازمندی به ورود توان در بخش‌های مختلف استان با استفاده از معیارهای کمبود سطح مکانیزاسیون، ضریب کهنگی عمر تراکتورها، نسبت هکتار بر تراکتور، میانگین هارمونیک عملکرد، پراکندگی قطعات زراعی، شیب و کاربری اراضی نشان داد که شهرستان‌های استان در سه سطح از نیازمندی قرار دارند.

استان خوزستان در زمان اوج عملیات کاری حداکثر به ۲۰۲۴۷۷۵ اسب‌بخار توان تراکتوری نیاز دارد. ۱۶۴۳۷۵۰ اسب بخار در سطح استان در دسترس می‌باشد که با توجه به پراکنش نامناسب توان در استان در ۹ شهرستان حدود ۱۱۹۴۹۰ اسب-بخار توان مازاد وجود دارد. بنابراین برای جبران کسری توان مورد نیاز بایستی در سطح شهرستان‌های استان ۵۰۰۵۱۵ اسب‌بخار بر ناوگان تراکتوری موجود در شهرستان‌های استان افزوده گردد. در صورت توزیع مناسب میزان نیازمندی به ۳۸۱۰۲۵ اسب‌بخار تقلیل می‌یابد. با توجه به اینکه بخش عظیمی (حدود ۴۰ درصد از تراکتورهای موجود) از تراکتورهای استان عمر بالای ۱۳ سال دارند و بایستی از چرخه تولید خارج گردند میزان نیازمندی به توان جدید در سطح استان در حدود ۱۱۵۸۰۱۵ اسب بخار افزایش می‌یابد.

فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال هفدهم، شماره ۵۵، تابستان ۱۳۹۸

- بر توسعه مکانیزاسیون کشاورزی استان خراسان جنوبی. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- عباسی، سعید؛ مجید غلامی پرشکوهی؛ محمد رشیدی (۱۳۹۰). ظرفیت اجرایی توان تراکتوری در شهرستان کبودرآهنگ، اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.
- اثنی‌عشری، هاجر؛ علیرضا کرباسی؛ مهدی پیری (۱۳۹۱). تأثیر سیاست‌های پولی و مالی بر مکانیزاسیون در بخش کشاورزی و پیش‌بینی روند مکانیزاسیون در طی چند سال آینده. هشتمین همایش دو سالانه اقتصاد کشاورزی ایران، کشاورزی پایدار و امنیت غذایی، سیاست‌ها و راهبردها.
- فاضل‌نیا، قریب؛ سید یاسر حکیم‌دوست؛ سعید بلیانی (۱۳۹۵). راهنمای جامع مدل‌های کاربردی GIS در برنامه‌ریزی‌های شهری، روستایی و محیطی. تهران، انتشارات آزادپیما.
- فیض‌آبادی، یاسر؛ فاطمه یوسف‌پور؛ حسن اسدپور (۱۳۹۳). کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی چند شاخصه فازی در تعیین الگوی بهینه کشت ارقام برنج در شالیزارهای بابلسر. اقتصاد کشاورزی. ۸(۱): ۳۱-۴۵.
- کشوری، آتنا؛ افشین مرزبان (۱۳۹۶). اولویت‌بندی ورود توان تراکتوری در کشاورزی استان خوزستان به روش‌های تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، مجله ماشین‌های کشاورزی. ۹(۱)
- DOI: 10.22067/jam.v9i1.69258. ○
- کهنسال، محمدرضا؛ حمید طاهرپور (۱۳۸۷). استفاده از برنامه‌ریزی ترکیبی غیرخطی (MINP) در تعیین اندازه بهینه ماشین‌آلات، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.
- مرادی، محمدعلی؛ معصومه صادقی؛ حسین صادقی؛ لطافت مرادی (۱۳۹۳). توسعه مدل ارزیابی طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده در ایران و ارائه یک سیاست انرژی مکمل در زیربخش زراعت و باغداری. ۱۳۹۳. نشریه انرژی ایران. ۱۷(۱): ۱-۲۴.

منابع

- آزادی، یونس؛ حسن بیک‌محمدی (۱۳۹۰). تحلیلی بر شاخص‌های توسعه کشاورزی در شهرستان‌های استان ایلام. نشریه جغرافیا و مطالعات محیطی. ۱(۱): ۴۳-۵۹.
- آشتیانی، علیرضا؛ ایرج رنجبر؛ محمود تورچی (۱۳۸۵). تعیین عمر اقتصادی سه مدل تراکتور کشاورزی در ایران (مطالعه موردی: شرکت زراعی دشت ناز مازندران)، ۱۲(۱): ۲۳۱-۲۲۱.
- اخوان، رضا؛ منا کرمی خرم‌آبادی؛ جواد سوسنی (۱۳۹۰). کاربرد دو روش کریجینگ و IDW در پهنه‌بندی تراکم و تاج پوشش جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (مطالعه موردی: منطقه کاکارضای خرم‌آباد لرستان). مجله جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران. ۳(۴): ۳۱۶-۳۰۵.
- الماسی، مرتضی؛ شهرام کیانی؛ نعیم لویمی (۱۳۸۷). مبانی مکانیزاسیون کشاورزی. انتشارات حضرت معصومه. قم.
- باقری، نیکروز؛ سیدامیرعباس مؤذن (۱۳۸۷). راهبرد بهینه برای توسعه مکانیزاسیون کشاورزی در ایران. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- بی‌نام، ۱۳۹۳. آمارنامه کشاورزی سال (۱۳۹۳). وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. تهران. جلد دوم.
- توکلی، جعفر (۱۳۹۱). سطح توسعه مکانیزاسیون کشاورزی شهرستان‌های استان کرمانشاه و رابطه آن با شاخص‌های زیرساختی نهادی. فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیای ایران. ۱۰(۳۳): ۱۶۷-۱۴۹.
- خداوردی، احمد؛ معصومه فروزانی (۱۳۹۵). سطح‌بندی استان‌های کشور ایران از نظر سطوح توسعه مکانیزاسیون کشاورزی. دومین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری‌های نوین در کشاورزی. دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین.
- رنجبران، هادی (۱۳۸۸). آمار و احتمال و کاربرد آن در اقتصاد. انتشارات نور علم و اثبات. همدان.
- صادقی، محمدرضا؛ نصرت‌اله خادم‌الحسینی؛ عباس عبدشاهی؛ افشین مرزبان (۱۳۸۷). بررسی عوامل مؤثر

- Gongn, J. and Lin, H (2000). Sustainable development for agricultural region in China: case studies. *Forest Ecology and Management*. 128 :27-38.
- Hamzah, R. and Prayogo, T. (2014). Interpolation Methods for SEA Surface Height Mapping from Altimetry Satellites in Indonesian SEAS. *International Journal of Remote Sensing& Earth Sciences*. 11(1),33- 40.
- Khurram-Ali, H. M., Sultan, A. AND Rana, B. B. (2017). Captive Power Plant Selection for Pakistan Cement Industry in Perspective of Current Energy Crises: A Fuzzy-AHP Approach. *Mehran University Research Journal of Engineering & Technology*. 36(4): 769-780.
- Li, H. Y., Webster, R. and Shi, Z. 2015. Mapping soil salinity in Yangtze delta: REML and universal kriging. *Geoderma*. 237-238: 71-77.
- Maddahi, Z., Jalalian, A., Kheirkhah Zarkesh M. M. and Honarjo, N. (2017). Land Suitability Analysis for Rice Cultivation Using a GIS-based Fuzzy Multi-criteria Decision Making Approach: Central Part of Amol District, Iran. *Soil and Water Research*. 12(1): 29–38.
- Olaoye, J. O. and Rotimi, A. O. (2010). Measurement of Agricultural Mechanization Index and Analysis of Agricultural Productivity of some Farm Settlements in South West, Nigeria.
- Piri, I., Khanamani, A., Shojaei, S. and Fathizad, H. (2017). Determination of the Best Geostistical Method for Climatic Zoning in IRAN. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(1), 93-103.
- Singh, G. (2006). Estimation of a Mechanisation Index and Its Impact on Production and Economic Factors—a Case Study in India. *Biosystems Engineering*. 93 (1): 99–106.
- Tabari, H., Hosseinizadeh Talaee, P., Mousavi Nadoushani, S. S. and Willems, P. (2014). A survey of temperature and precipitation based aridity indices in Iran-Quaternary *International* 345: 158-166.
- Zamani, A., Mahmmodi, R., Riyahi Bakhtiari, A. and Rodriguez Martin, J. A. (2014). Spatial relations of mercury contents in Pike (*Esox lucius*) and sediments concentration of the Anzali wetland, along the southern shores of the Caspian Sea, Iran. *Martin Pollution Bulletin*. 84: 97-103.
- موسوی، مینا؛ حسن صدیقی (۱۳۹۳). تعیین سطح توسعه‌یافتگی کشاورزی استان‌های کشور. فصلنامه راهبردهای توسعه روستایی. ۱(۴): ۵۵-۷۱.
- نجفی، محمدسعید؛ علی‌اکبر رسولی؛ غدیر عشورنژاد؛ کامل آذرم (۱۳۹۳). پیاده‌سازی مدل سنجش تناسب اراضی برای کشت کلزا با استفاده از سیستم استنتاج فازی (مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی). نشریه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۴(۱۵): ۱۳۰-۱۱۳.
- مطیعی‌لنگرودی، سیدحسن؛ ابراهیم شمسایی (۱۳۸۶). توسعه روستایی مبتنی بر تداوم و پایداری کشاورزی مطالعه موردی: بخش سجاجسرود زنجان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۸۵: ۱۰۴-۸۶.
- یوسفی، روح‌اله (۱۳۹۴). تعیین تعداد روزهای کاری مناسب جهت سمپاشی مزارع گندم استان قزوین. فصلنامه مهندسی زیست سامانه. ۴(۲).
- Andrade, P. and Jenkins, B. M. (2002). Identification of patterns of farm equipment utilization in two agricultural regions of central and northern Mexico. ASAE Annual Meeting.
- Asakereh, A., Soleymani, M. and Sheikhdavoodi, M. J. (2017). A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy* 155: 342–353.
- Desvars-Larrive, A., Liu, X., Hjertqvist, M., Sjostedt, A., Johansson, A. and Ryden, P. (2016). High-risk regions and outbreak modelling of tularemia in humans. Cambridge University Press. *Epidemiol. Infect.* 1-9.
- Deng, X., Luo, Y., Dong, S. and X. Yang. (2005). Impact of resource and technology on farm production in northwestern china. *Agricultural System* 84: 155-169.
- Eiselt, K. U., Kaspar, F., Molg, T., Krahenmann, S., Posada, R. and Riede, J. O. (2017). Evaluation of gridding procedures for air temperature over Southern Africa. *Advnce Science Research*. 14: 163–173.
- Fathizad, H., Hakimzadeh, M. A., Fallah Shamsi, S. R. and Yaghobi, S. (2017). Watershed-level Rainfall Erosivity Mapping Using GIS-based Geostatistical Modeling. *Journal of Earth Science Research*. 5 (1), 13-22.

