جغرافیا و توسعه شمارۀ ۵۵ تابستان ۱۳۹۸
وصول مقاله : ۹۶/۱۰/۰۲
تأیید نهایی : ۹۷/۰۷/۰۸
صفحات: ۸۶-۶۳

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

آتنا کشوری[1]، دکتر افشین مرزبان[2]*

چکیده

استفادۀ بهینه از منابع برای انجام عملیات زراعی مزرعه، موضوع مهمی است که همواره موردتوجه بوده‌است؛ اما بی‌توجهی به مسألۀ تخصیص بهینۀ منابع توان در کشاورزی به‌عنوان یکی از اقلام پرهزینۀ 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 متغیّرها در حد متوسط است و تنها متغیّر 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 نسبت‌به سایر نواحی از نظر میانگین هارمونیک عملکرد، وضعیت مناسبی دارند. در همپوشانی وزن‌دار 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-دانش‌آموختۀ‌کارشناسی ارشد مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خورستان، ایران atenakeshvari@ramin.ac.ir
۲- دانشیار مکانیزاسیون کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، خورستان، ایران* afshinmarzban@ramin.ac.ir

مقدمه

در تداوم حیات انسانی، کشاورزی و تولیدات آن دارای نقش بنیادی است. در عرصهٔ جهانی، نگرشی بر زمینه‌های تحولی جوامع پیشرفتهٔ کنونی گویای آن است که منشأ توسعه‌یافتگی بسیاری از این ممالک، مازاد تولید در بخش کشاورزی بوده و در مراحل اولیهٔ توسعه، مبناساز تحولات شده‌است *(مطیعی‌لنگرودی 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 عمدهٔ کمک‌کنندهٔ ثبات اجتماعی و رشد اقتصادی جامعه به‌شمار آورد *(Gongn&Lin, 2000: 27)*؛ اما در کشور ایران به‌سبب تکیه‌بر 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 بودجهٔ کشور و موجودی سرمایه منجر به توسعهٔ ناکافی و گاهی درجازدگی 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 گستردهٔ ماشین‌های کشاورزی در ایران می‌گذرد؛ اما مکانیزه‌کردن کشاورزی هنوز جایگاه‌واقعی خود را نیافته‌است *(اثنی‌عشری و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۶۵۸)*. دستاوردهای ناچیـز و عقب‌ماندگی‌های قابل‌توجه در حوزهٔ مکانیزاسیون نسبت‌به اهداف تعیین‌شده، ناشی از عوامل متعدد با درجات تأثیر متفاوتی است که از جمله می‌توان به بی‌توجهی شایستـه به لزوم توسعهٔ بخش کشـاورزی، کوتاهی بخش صنعت در انجـام رسالت خود در قبال بخش کشاورزی، هدف‌گذاری غیرواقع‌بینـانه و شاید مهم‌تر از همه، ضعف مدیریت در بهـره‌برداری از امکانات موجود بخش کشـاورزی و عدم‌به‌کارگیـری مناسب نهاده‌ها اشاره کرد *(باقری و مؤذن، ۱۳۸۷: ۳-۲)*. استفادهٔ بهینه از منابع درجهت انجام عملیات‌های زراعی مزرعه، موضوع مهمی است که بارها مورد مطالعه قرار گرفته‌است؛ اما بی‌توجهی به مسألهٔ تخصیص بهینهٔ منابع پرهزینهٔ این بخش شامل ماشین‌ها منجر به بروز مشکلات فراوان ازجمله عدم‌تعادل و توازن در بین مناطق کشور شده‌است به‌گونه‌ای که تعداد محدودی از مناطق نقش کلیدی داشته و سایرمناطق به‌صورت حاشیه‌ای عمل می‌کنند. تعیین سطح بهینهٔ مکانیزاسیون در سطوح مختلف منطقه، ناحیه و در سطح کلان‌کشور نیازمند شناسایی روابط بین ماشین‌ها، سیستم مزرعه، شرایط محیطی و بیولوژیکی است. از ضرورت‌های برنامه‌ریزی در توسعهٔ مکانیزاسیون‌کشاورزی،شناخت وضعیت توان تراکتوری هر منطقه درجهت برنامه‌ریزی برای ارتقاء ظرفیت انجام عملیات ماشینی در آن منطقه است. یکی از عوامل تأثیرگذار در افزایش تولیدات زراعی، انجامِ به موقع عملیات زراعی و نیز بالابردن سطوح زیرکشت محصولات است؛به‌همین‌دلیل لازم است توان تراکتوری موجود هر منطقه بتواند نیاز عملیات کشاورزی آن منطقه را در پرتراکم‌ترین مقطع زمانی از فصل زراعی ازنظر 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.باتوجه به‌اینکه عملیات زراعی برای یک محصول در یک بازهٔ زمانی معیّن صورت

می‌پذیرد و تأخیر در انجام هر عملیات منجر به تحمیل خسارت‌های مالی و هزینه‌های اضافی در نتیجهٔ کاهش عملکرد و افزایش ضایعات در تولید محصول می‌شود، انجام عملیات زراعی در زمان بهینه بسیار حائز اهمیت است. انجام به‌موقعِ این عملیات منوط‌به در دسترس‌بودن 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 به‌بهبود کمّی و کیفی محصول تولیدی از فاکتورهای اثرگذار در مدیریت مناسب مکانیزاسیون است. باتوجه 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 ازجمله هزینهٔ 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؟ به‌عبارتی 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 به‌منظور سطح‌بندی نیازمندی مناطق استان به توان جدید و جایگزینی ماشین‌های فرسوده است. نیازسنجی فرایندی نظام‌مند برای مشخص‌کردن 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 در چه جایگاهی قرار دارند (موقعیت‌یابی) و فاصلهٔ 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.

پیشینهٔ پژوهش

صادقی و همکاران از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه (آنتروپی) به‌منظور وزن‌دادن به شاخص‌های مکانیزاسیون و تعیین ضریب توسعهٔ مکانیزاسیون با هدف شناخت وضعیت کمّی 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 بسیارپایین است. درجهٔ مکانیزاسیون عملیات، کاشت پایین و برای برخی از محصولات نزدیک به صفر بوده‌است و تنها در مورد عملیات خاک‌ورزی در سطح نسبتاً مناسب‌تری قرار دارد. همچنین ضریب بهره‌وری از تراکتور در منطقه بسیارپایین بوده که نیازمند مدیریت بهتری است *(صادقی و همکاران، ۱۳۸۷)*. در مطالعهٔ دیگری از یک مدل سیستمی غیرخطی برای انتخاب سطح بهینهٔ مکانیزاسیون برحسب قابلیت‌های فنی استفاده شد. محققان در این مدل سعی کردند همهٔ هزینه‌های ثابت و متغیّر مربوط به استفاده از ماشین‌های خاک‌ورزی را به گونه‌ای حداقل کنند که همهٔ نیازها و محدودیت‌های مربوط به کشت محصولات مختلف برآورده شود. خروجی مدل شامل اندازهٔ ماشین‌های مورداستفاده تعداد تراکتورها و همچنین توان تراکتورهای مورداستفاده بود. حداقل‌سازی هزینه‌ها براساس محدودیت‌هایی ازقبیل: ساعات کاری نیروی کارِ در دسترس، ساعات در دسترس استفاده از ماشین‌ها و تراکتورها، قابلیت

انجام عملیات‌ها، زمان انجام عملیات‌ها و ترتیب عملیات‌ها انجام گرفته‌بود *(کهنسال و طاهرپور، ۱۳۸۷)*. در بررسی سطح مکانیزاسیون کشاورزی و بهره‌وری مزارع در دو ایالت در جنوب‌غرب 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. تجزیه‌وتحلیل پایداری طرح نشان‌داد که تناقض در سیاست مکانیزاسیون کشاورزی، عدم‌شرایط مناسب برای یکپارچه‌سازی مکانیزاسیون کشاورزی، فقدان زیرساخت ضروری و اعتبارات مالی در میان متغیّرهای دیگر در مقیاس تولید کم منظر مشاهده شده‌بودند *(Olaoye and Rotimi, 2010)*.

اندراد و جنکینز در مکزیک به بررسی دسترسی به منابع توان و شناسایی الگوهای استفاده از تجهیزات کشاورزی ازطریق تجزیه‌وتحلیل چندمتغیّره پرداختند. نتایج نشان داد که بسیاری از کشاورزان در دو منطقه به مقادیر نسبتاً زیادی از قدرت تراکتور و دیگر نهاده‌های مکانیکی به‌واسطۀ مجموعه‌ای متنوع از مکانیزم‌ها دسترسی دارند *(Andrade&Jenkins,2002)*. موسوی و صدیقی (۱۳۹۳) نرم‌افزار GIS را به‌منظور سطح‌بندی استان‌ها برای تحلیل فضایی وضعیت توسعۀ کشاورزی به‌کار گرفتند. آن‌ها سطح توسعۀ مکانیزاسیون کشاورزی در استان‌های مازندران، خراسان شمالی و فارس را به‌ترتیب حائز بهترین رتبه و استان‌های بوشهر، هرمزگان و کهگیلویه و بویراحمد را به‌ترتیب در پایین‌ترین رتبه معرفی کردند. استان خوزستان نیز با شاخص ۲۶/۰۲ در رتبۀ هشتم قرار داشت.

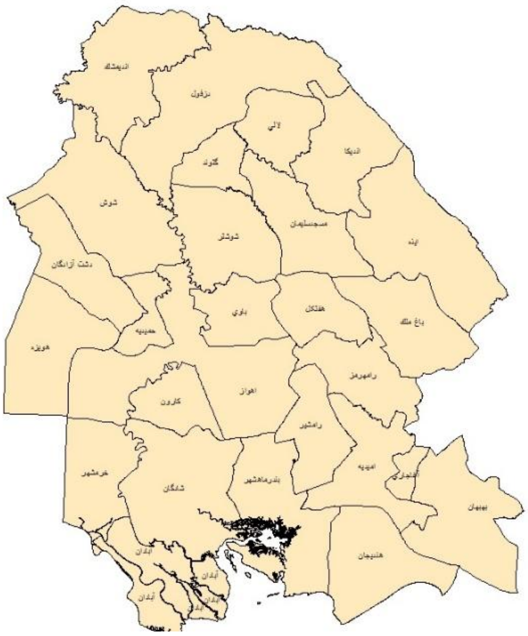
خداوردی و فروزانی (۱۳۹۵) در سطح‌بندی استان‌های کشور با استفاده از روش آنتروپی و تاپسیس نشان دادند که بین استان‌های مختلف در کشور از لحاظ برخورداری از شاخص‌های مکانیزاسیون کشاورزی اختلاف زیادی وجود دارد. به‌طوری که استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به‌ترتیب بالاترین رتبه را از نظر توسعه‌یافتگی به‌خود اختصاص دادند و استان‌های سمنان، قزوین، کرمانشاه، خراسان‌شمالی، 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 بیک‌محمدی (۱۳۹۰) در بررسی وضعیت مکانیزاسیون استان ایلام به دلایلی ازجمله کمبود سرمایه، پایین‌بودن نسبت نیروی باسواد و ماهر، وسعت کم اراضی و بیکارشدن بخشی از شاغلان، از وسایل مکانیزه چندانی صورت نمی‌گیرد؛ به‌طوری 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 صورت‌گرفته درخصوص وضعیت مکانیزاسیون مناطق مختلف می‌توان اظهار داشت که قریب به اتفاق این مطالعات به‌صورت تک‌بُعدی برای برآورد توان براساس سطح زیرکشت و تقویم زراعی مناطق مورد مطالعه بوده‌است. همچنین توجه به توزیع جغرافیایی مناسب و برنامه‌ریزی‌های جغرافیایی همواره به‌عنوان یک حلقۀ مفقوده در برنامه‌ریزی‌های کلان‌کشور در حوزۀ مکانیزاسیون کشاورزی قابل‌لمس است. در مطالعۀ حاضر به‌عنوان اولین مطالعه در بررسی توزیع توان در یک منطقه با رویکرد جغرافیایی، پس از بررسی

کمبودها با توجه به معیارهای اثرگذار، نسبت‌به اولویت‌بندی مناطق برای رفع کاستی‌ها اقدام شد.

روش‌شناسی

منطقهٔ مورد مطالعه

این تحقیق در استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومترمربع، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقهٔ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۲۹درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقهٔ عرض شمالی از خط استوا واقع‌شده در جنوب‌غربی ایران، انجام شده‌است. استان خوزستان از شمال‌غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال‌شرقی و شرق با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج 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 ازنظر پستی و بلندی می‌توان به دو منطقهٔ کوهستانی و جلگه‌ای تقسیم کرد. منطقهٔ کوهستانی در شمال و شرق استان قرار گرفته و منطقهٔ جلگه‌ای آن از جنوب دزفول، مسجد سلیمان، رامهرمز و بهبهان آغاز شده‌است و تا کرانه‌های خلیج‌فارس و اروندرود ادامه می‌یابد. استان خوزستان تولیدکنندهٔ بیش از ۵۰ نوع محصولات زراعی است. مطابق آمار رسمی کشور میزان کل تولید محصولات مختلف زراعی در استان خوزستان ۱۱،۷۷۲،۰۸۷ تُن در ۱۱۰۸۶۰۳ هکتار سطح زیرکشت است *(آمارنامهٔ جهاد کشاورزی، ۱۳۹۳)*.

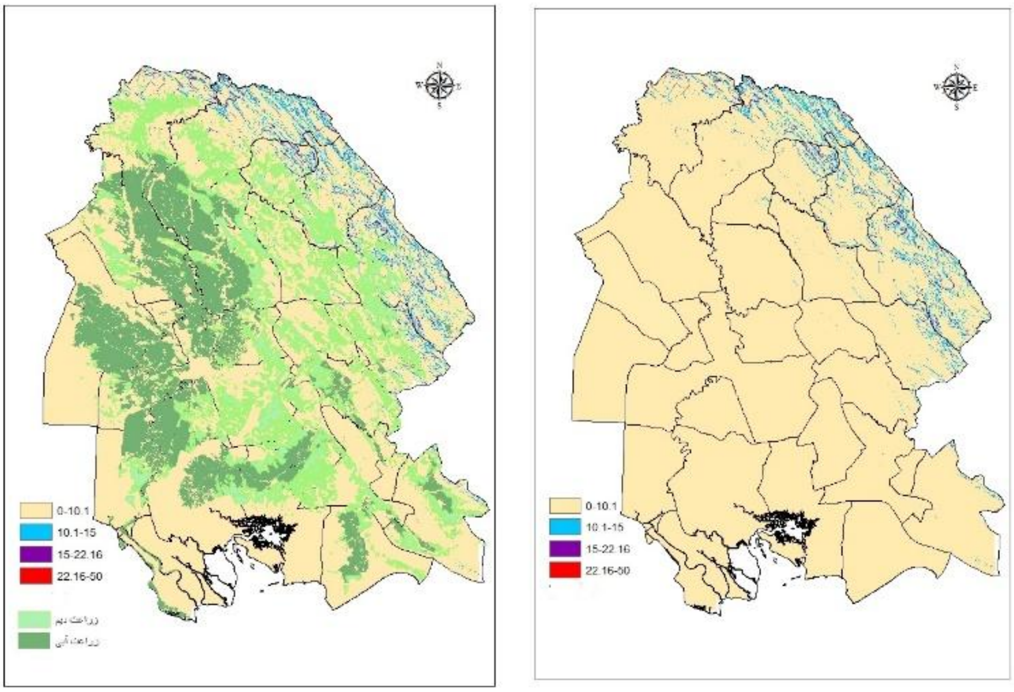


شکل ۱: موقعیت استان خوزستان

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 مورداستفاده 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 نقشهٔ 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 تهیهٔ نقشهٔ شیب، با استفاده از اطلاعات ارتفاعی لایهٔ توپوگرافی و لایهٔ دِم[1]، سپس نقشهٔ 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.

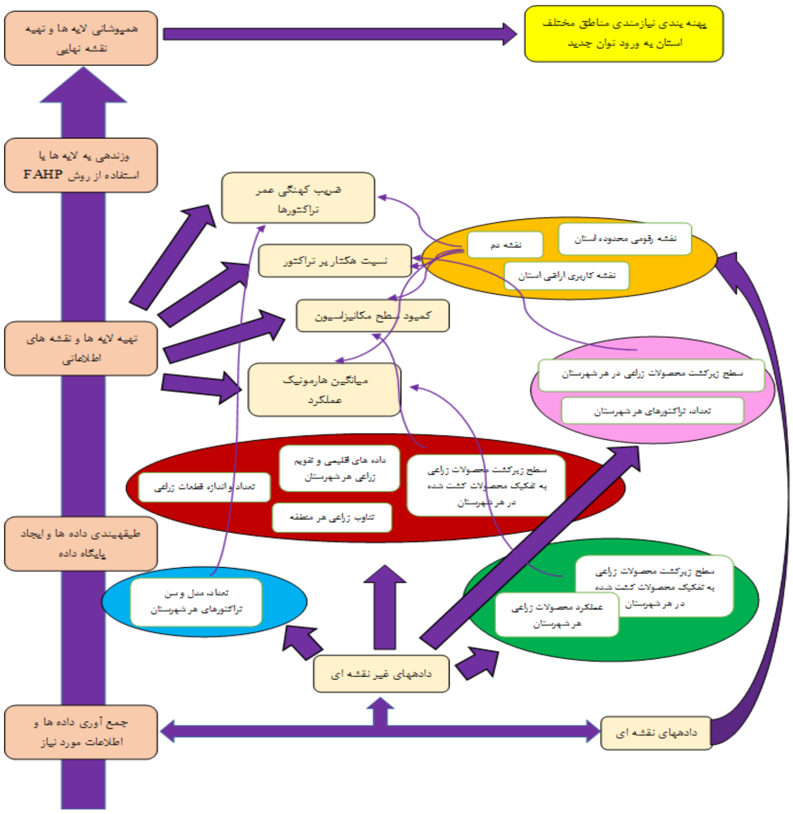


(الف) (ب)

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

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

1-Digital elevation model



شکل ۳: مدل مفهومی پژوهش

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۶

کمبود سطح مکانیزاسیون

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

رابطهٔ ۱:
$$ML = \frac{HP}{Ha}$$

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

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

D: روزهای قابل کار، d_s: روزهای آفتابی، d_n: روزهای نیمه‌آفتابی و d_t: روزهای تمام‌ابری است *(یوسفی، ۱۳۹۴: ۳)*. جدول عملیاتی محصولات عمدهٔ 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 رابطهٔ (۳) محاسبه شد.

رابطهٔ ۳:
$$C_a = \frac{A}{t_{ad} \times T \times p_{wd}}$$

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

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

به این طریق حداکثر ظرفیت موردنیاز هر یک از ادوات در ماهی که اوج عملیات موردنظر برای آن ماشین است، مشخص شد. در صورتی که تعداد ادوات در ماهی که تراکم عملیات در آن واقع‌شده کافی باشد، در ماه‌های دیگر سال نیز مشکلی از نظر ظرفیت وجود نخواهد داشت و تأخیری در انجام عملیات زراعی و درنهایت هزینه‌های ناشی از به‌موقع انجام‌نشدن کار پیش نخواهد آمد. عرض موردنیاز هر یک از ادوات از رابطهٔ (۴) محاسبه شد.

رابطهٔ ۴:
$$W = \frac{C_a \times 10}{V \times \eta_f}$$

W: عرض موردنیاز هر دستگاه، C_a: ظرفیت مزرعه‌ای مؤثر برای انجام عملیات موردنظر، V: سرعت کاری (Km/h) و η_f: بازدهٔ مزرعه‌ای دستگاه است *(الماسی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۴۹ - ۱۴۵)*.

در محاسبهٔ بازدهٔ مزرعه‌ای، متوسط اندازهٔ مزارع هر شهرستان مدنظر قرار داده‌شد. پس از تعیین عرض موردنیاز هر یک از ادوات و تقسیم آن بر عرض ادوات رایج مورداستفاده در هر شهرستان، تعداد موردنیاز هر یک از ادوات مشخص شد. پس از تعیین تعداد ادوات و مشخص‌شدن توان موردنیاز برای انجام هر یک از این عملیات، مجموع توان موردنیاز در ماهی که بیشترین حجم عملیات را دارد، محاسبه شد و متناسب با توان موردنیاز ادوات عمدتاً ۶۵-۷۵ اسب‌بخار تعداد تراکتور معادل در هر شهرستان تعیین شد.

ضریب کهنگی عمر تراکتورها

عمر اقتصادی که از آن باعنوان عمر مفید نیز نام برده می‌شود، عموماً از عمر کاری ماشین کوتاه‌تر است و طول آن وابستگی مستقیم به روند وقوع و میزان 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 فنّی ماشین فرامی‌رسد *(آشتیانی و همکاران، ۱۳۸۵: ۲۲۲)*. بنا به تعریفِ مرکز توسعهٔ مکانیزاسیون کشور، عمر مفید تراکتورها ۱۳ سال درنظر 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 به‌لحاظ کمّی جوابگوی نیاز منطقه نباشد؛ بنابراین این معیار مورداستفاده قرار گرفت. برای محاسبهٔ این معیار کل سطح زیرکشت در هر شهرستان بر تراکتورهای موجود در آن شهرستان تقسیم شد.

پراکندگی قطعات زراعی

بااستفاده از اندازهٔ قطعات‌زراعی و تعداد بهره‌برداری‌های هر شهرستان، میانگین و انحراف معیار قطعات‌زراعی 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 عمدهٔ 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 به‌دلیل

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)*

رابطهٔ ۵ :
$$\overline{Y} = \frac{1}{\sum \frac{S_i}{Y_i}}$$

$\overline{Y}$: میانگین هارمونیک عملکرد ($Ton\text{-}ha^{-1}$)، S_i: 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 مقدارهای همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به‌دست آورد *(Piri et al., 2017: 96-97)*.

کریجینگ یک روش درون‌یابی است که برای داده‌هایی که دارای روندهای موضعی تعریف‌شده‌ای هستند، مناسب است و بر این فرض استوار است که بین داده‌ها همبستگی مکانی وجود دارد. تابع کریجینگ به‌صورت رابطهٔ (۶) تعریف می‌شود *(Tabari et al, 2014: 160)*.

رابطهٔ۶:
$$\hat{z}(x) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i z(x_i)$$

λ_i:وزن‌مرتبط با ارزش‌متغیّر ناحیه‌ای x درنقطه i است.

اولین قدم در تخمین زمین‌آماری، شناخت و مدل‌سازی است که به‌وسیلهٔ واریوگرام بررسی می‌شود. موفقیت روش به انتخاب مدل مناسب یا بهینهٔ واریوگرام بستگی دارد. هدف اصلی از برقرارکردن واریوگرام این است که بتوان ساختار تغییرپذیری را نسبت‌به فاصله (مکانی یا زمانی) شناخت *(Zamani et al, 2014: 3 and Fathizad et al., 2017: 16)*. واریوگرام از رابطهٔ (۷) محاسبه می‌شود.

رابطهٔ۷:
$$\hat{y}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{n} (z(x_i) - z(x_i + h))^2$$

$\hat{y}(h)$: مقدار واریوگرام برای تعداد N جفت نمونه است که با فاصلهٔ h از یکدیگر جدا شده‌اند. $z(x_i)$ و $z(x_i + h)$: به‌ترتیب مقادیر متغیّر ناحیه‌ای x در نقطه i و i+h هستند. در واریوگرافی برای تشریح رفتار واریوگرام از سه مؤلفهٔ دامنهٔ تأثیر، حد آستانه و اثر قطعه استفاده می‌شود. دامنهٔ 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 به‌گونه‌ای است که اثر قطعه‌ای نامیده می‌شود که بیانگر واریانس تصادفی و بدون ساختار است. اثر قطعه‌ای به‌علت وجود تغییرات در فواصل کمتر از حداقل فاصلهٔ نمونه‌برداری یا به‌دلیل 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 به‌حد آستانه، ساختار مکانی واریوگرام است *(فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۸)*.

مرحلهٔ دوم، تخمین زمین‌آماری به روش‌های مختلف زمین‌آمار است که به مشخصات مدل واریوگرام برازش داده‌شده در مرحلهٔ 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 اندازه‌گیری‌شده در برآورد نقاط مجهول استفاده می‌شود *(Hamzah and Prayogo, 2014: 34-35)*. در روش IDW برآورد براساس مقادیر نقاط نزدیک به

نقطهٔ برآورد که بنابر عکس فاصله وزن‌دهی می‌شوند، انجام می‌گیرد. این روش از فرضیات مربوط به ارتباط مکانی بین داده‌ها پیروی نمی‌کند و تنها بر این فرض متکی است که نقاط نزدیک‌تر به نقطهٔ برآورد، شباهت بیشتری به آن دارند. این روش اغلب برای عکس فاصلهٔ توانی بین ۱ تا ۵ است، ولی اغلب توان ۲ در نظر گرفته می‌شود. مشخصهٔ دیگر این روش این است که وزن به‌کار رفته با افزایش فاصله به‌سرعت کاهش می‌یابد؛ درنتیجه درون‌یابی در این روش کاملاً محلی است و چون وزن‌های به‌کار رفته هیچ‌گاه صفر نمی‌شوند؛ بنابراین هیچ‌گونه انقطاع و عدم‌پیوستگی در برآوردها رخ نمی‌دهد. رابطهٔ کلی درون‌یابی دو بُعدی به روش IDW به‌صورت رابطهٔ (۸) تعریف می‌شود.

رابطهٔ ۸:

$$W(x,y) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i w_i$$

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

که $W(x, y)$: مقادیر برآورد شده در موقعیت (x,y)، N: تعداد نقاط معلوم مجاور (x, y)، λ_i: وزن اختصاص‌داده‌شده به هر یک از نقاط معلوم w_i: در (x_i, y_i)، d_i: فاصلهٔ اقلیدسی بین هریک 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 شده‌است؛ در این روش، در هر مرحله یک نقطهٔ مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از سایر نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای همهٔ نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به‌گونه‌ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهدداشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآوردشده می‌توان خطا و انحراف روش استفاده‌شده را برآورد کرد (*فاضل‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۹*).

به‌منظور ارزیابی و صحت‌سنجی داده‌های پیش‌بینی‌شده با نرم‌افزار، از دو آمارهٔ 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، نشان‌دهندهٔ اختلاف کمتر مقادیر برآوردهشده نسبت‌به مقادیر مشاهده‌ای است (*Li et al,2015:74; Eiselt et al., 2017: 165*).

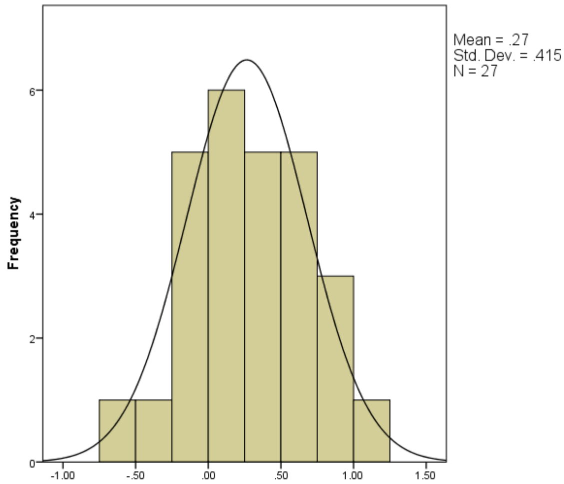
رابطهٔ ۹:

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

رابطهٔ ۱۰:

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

$\hat{z}(x_i)$: برآورد مقدار متغیّر ناحیه‌ای x در نقطهٔ i، N: تعداد نمونه‌های موردبررسی و $\bar{z}(x_i)$: میانگین نمونه‌های اندازه‌گیری‌شدهٔ متغیّر ناحیه‌ای x در نقطهٔ i است. نرمال‌بودن توزیع داده‌ها که از شرایط استفاده از واریوگرام است، با استفاده از آزمون کلموگراف-اسمیرنف در نرم‌افزار Spss بررسی شد؛ برای مثال هیستوگرام داده‌های نرمال‌شدهٔ سطح مکانیزاسیون در شکل (۴) نشان داده شده‌است.



شکل ۴. هیستوگرام داده‌های نرمال‌شدهٔ 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 نسبت‌به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به‌صورت 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 دربارهٔ 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 *(فیض‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۳: ۳۲)*. برای رفع این نارسایی می‌توان از نظریهٔ مجموعه‌های فازی استفاده کرد. منطق فازی به‌عنوان منطق مدل‌سازی ریاضی فرایندهای غیردقیق و مبهم، عدم‌قطعیت دربارهٔ داده‌ها و عدم‌دقت مرتبط با آگاهی‌های تصمیم‌گیرنده در اختصاص‌دادن وزن دقیق به معیارها را در نظر می‌گیرد و ازاین‌رو بستری را برای مدل‌سازی در شرایط عدم‌اطمینان فراهم می‌سازد *(نجفی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۵)*.

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

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

۲. برای‌هر $\alpha \in [0, 1]$ داشته‌باشیم $A_\alpha=[x, \mu_{A_\alpha}(x) \geq \alpha]$:

(Maddahi., 2017: 31)

A: بازهٔ 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:

رابطهٔ ۱۱:

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

$l \leq m \leq u$، l 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 دربارهٔ 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.

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

اگر $A = (a_{ij})_{n \times m}$ یک ماتریس مقایسهٔ زوجی اعداد فازی باشد، برای به‌دست‌آوردن تخمین‌هایی از بردار وزن تحت هر معیار با استفاده از رابطهٔ (۱۲)، باید اصل مقایسهٔ اعداد فازی در نظر گرفته‌شود.

رابطهٔ۱۲: $$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \times \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$$

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.

رابطهٔ ۱۳: $$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = (\sum_{j=1}^{m} l_j\ , \sum_{j=1}^{m} m_j\ , \sum_{j=1}^{m} u_j)$$

رابطهٔ ۱۴: $$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = (\sum_{i=1}^{n} l_i\ , \sum_{i=1}^{n} m_i\ , \sum_{i=1}^{n} u_i)$$

رابطهٔ ۱۵: $$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = (\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\ , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}\ , \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i})$$

که i و j به‌ترتیب شمارهٔ سطر و ستون، M_{gi}^{j} بیانگر اعداد مثلثی در ماتریس مقایسهٔ زوجی و l_i، m_i و u_i به‌ترتیب 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 تهیهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل‌ها به‌کار گرفته‌شدند. نتایج آزمون کلموگراف- اسمیرنف در جدول (۱) نشان داده شده‌است.

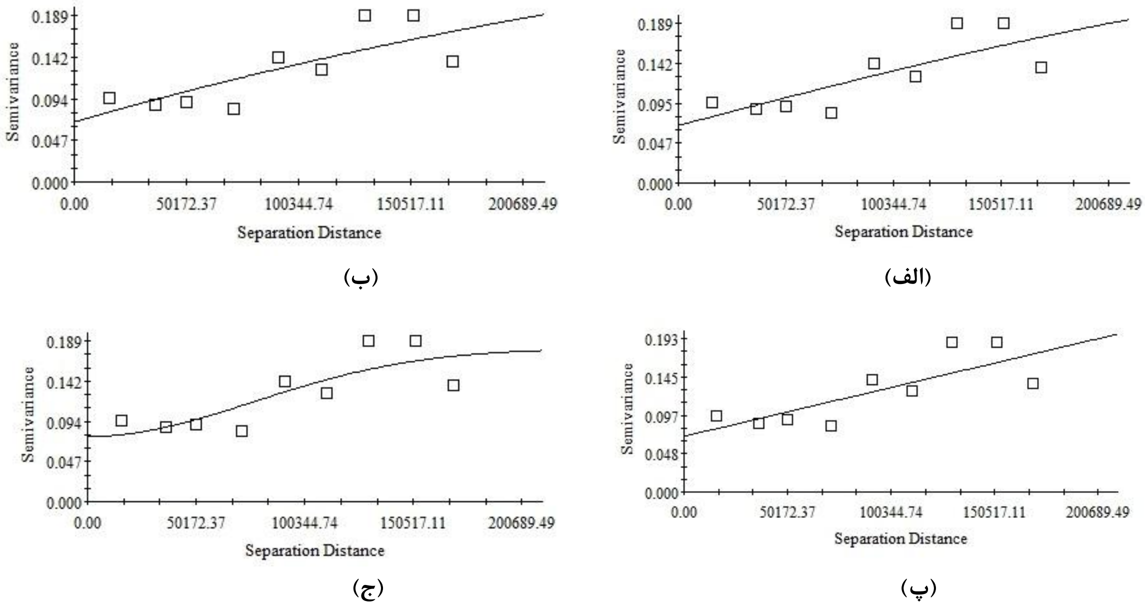
جدول ۱: نتایج آزمون کلموگراف-اسمیرنف داده‌های نرمال‌شده

	سطح مکانیزاسیون	کمبود سطح مکانیزاسیون	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	نسبت‌هکتار به تراکتور	میانگین‌هارمونیک عملکرد	ضریب‌پراکندگی قطعات زراعی
کلموگراف- اسمیرنف	۰/۳۸۰	۰/۴۵۸	۰/۷۰۳	۰/۵۰۹	۰/۸۱۴	۰/۶۱۲
سطح اطمینان	۰/۹۹۹	۰/۹۸۵	۰/۷۰۷	۰/۹۵۸	۰/۶۳۶	۰/۸۲۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

تعیین مناسب‌ترین روش درون‌یابی

شکل (۵) واریوگرام‌های تجربی و برازش‌داده‌شده به سطح مکانیزاسیون استان را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۲) مدل‌های برازش‌داده‌شده به واریوگرام تجربی از ضریب همبستگی قابل‌قبولی برخوردار هستند. بهترین مدل برازش‌داده‌شده، مدل گوسین است (R^2=0.68). نسبت اثر قطعه‌ای (C) به آستانهٔ تأثیر ($C+C_0$) شاخص قدرت ساختار مکانی متغیّرهاست. اگر این نسبت کمتر از ۰/۲۵ شود نشان‌دهندهٔ وابستگی قوی، بین ۰/۷۵-۰/۲۵ وابستگی متوسط و بیشتر از ۰/۷۵ وابستگی کم یا عدم‌وابستگی مکانی داده‌ها خواهدبود *(Piri et al, 2016: 97)*.



شکل ۵: واریوگرام‌های تجربی و مدل‌های برازش‌داده‌شده به آن‌ها در تعیین مناسب‌ترین مدل درون‌یابی سطح مکانیزاسیون الف) مدل کروی ب) مدل نمایی پ) مدل خطی ج) مدل گوسین

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

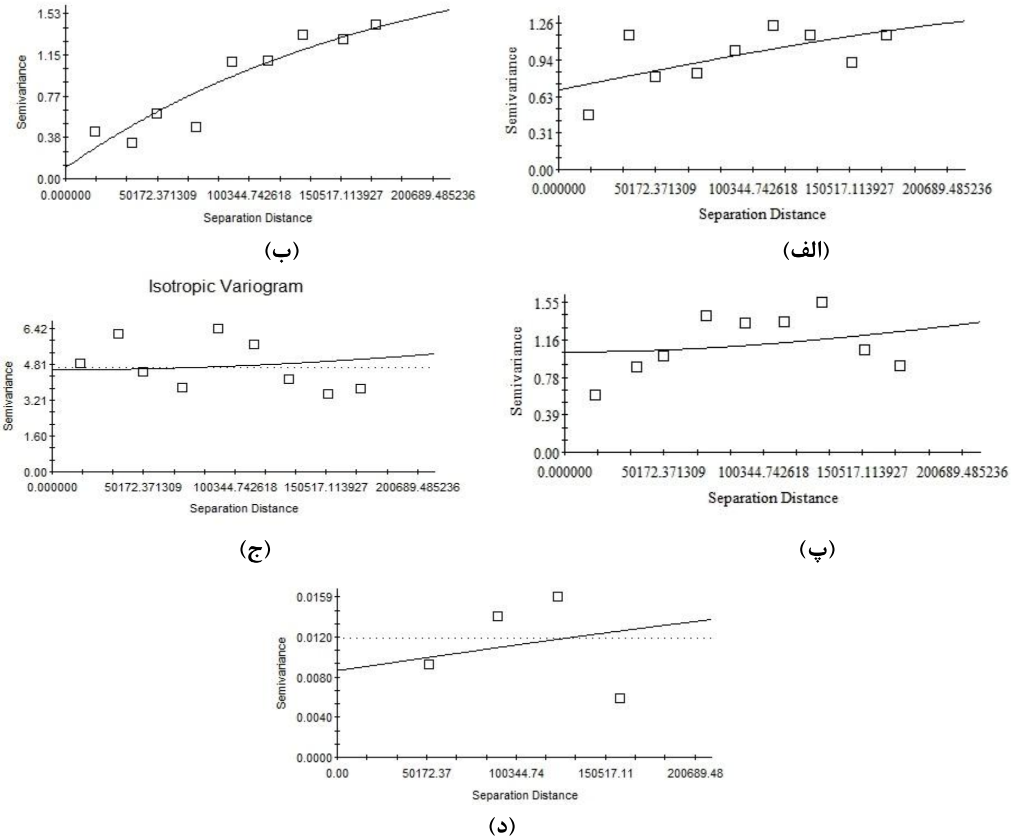
به‌همین‌ترتیب، به‌منظور پهنه‌بندی معیارهای به‌کار گرفته‌شده در پهنه‌بندی توزیع توان در استان، واریوگرام‌های مناسب برازش داده‌شد و بهترین مدل درون‌یابی به‌دست آمد (شکل ۶). مقدار ساختار مکانی برای معیار ضریب‌کهنگی عمر تراکتورها در همهٔ مدل‌های برازش‌داده‌شده به واریوگرام تجربی بیشتر از ۰/۷۵ بود. این مقدار برای سایر معیارها در محدودهٔ متوسط به‌دست آمد (جدول ۳).

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

مدل	C_0 (Hp/ha)	(C_0+C) (Hp/ha)	A_0 (m)	(C/C_0+C)	R^2
کروی	۰/۰۶۸	۰/۲۴	۳۹۱۱۰۰	۰/۷۲	۰/۶۲
نمایی	۰/۰۶۸	۰/۳۹	۴۳۳۱۰۰	۰/۸۲	۰/۶۰
خطی	۰/۰۷	۰/۱۷	۱۶۹۳۱۸/۹	۰/۵۹	۰/۶۲
گوسین	۰/۰۸	۰/۱۸	۱۰۸۵۰۰	۰/۵۶	۰/۶۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

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 همهٔ 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 می‌باشند. درون‌یابی IDW و LPI به‌ترتیب در پهنه‌بندی معیار ضریب کهنگی 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 به‌دست آمد.



شکل ۶: واریوگرام‌های تجربی و مدل‌های برازش‌داده‌شده 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

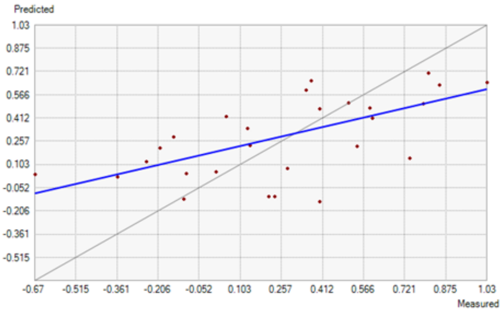
روش کریجینگ با توجه به مزایای متعددی که دارد، مانند تولید نقشهٔ خطای برآورد، خوشه‌زدایی و کاهش واریانس برآورد، نسبت‌به سایر روش‌ها ارجح است *(اخوان و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱۴)*؛ اما به‌دلیل متوسط‌بودن میزان وابستگی مکانی داده‌ها در این پژوهش، دقت و کارایی روش کریجینگ و سایر روش‌های قطعی موردمطالعه به‌منظور پهنه‌بندی تقریباً یکسان است؛ برای مثال نمودار ارزیابی متقابل روش‌های مختلف درون‌یابی برای معیار سطح مکانیزاسیون در شکل (۷) نشان داده‌شده‌است.

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

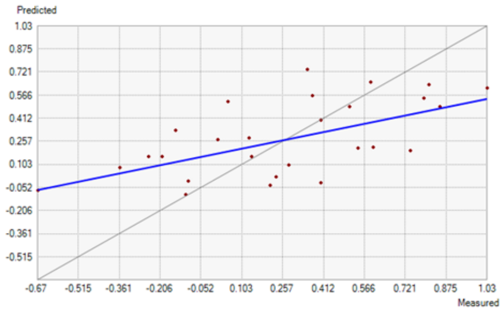
روش‌های درون‌یابی	معیار	EM	RMSE
کریجینگ	سطح مکانیزاسیون	۰/۰۰۷	۰/۳۲
	کمبود سطح مکانیزاسیون	-۰/۰۰۰۱	۱/۰۱
	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	-۰/۰۱	۰/۷۶
	نسبت هکتار به تراکتور	-۰/۰۴	۰/۷۳
	میانگین هارمونیک عملکرد	-۰/۰۰۷	۰/۳۷
	ضریب پراکندگی اراضی	۰/۰۱	۰/۱۲
IDW[1]*	سطح مکانیزاسیون	۰/۰۲	۰/۳۳
	کمبود سطح مکانیزاسیون	۰/۰۲	۱/۰۴
	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	-۰/۰۵	۰/۷۴
	نسبت هکتار به تراکتور	۰/۰۰۱	۰/۸۴
	میانگین هارمونیک عملکرد	-۰/۰۲	۰/۳۸
	ضریب پراکندگی اراضی	-۰/۰۱	۰/۱۳
GPI[2]*	سطح مکانیزاسیون	۰/۰۰۴	۰/۳۲
	کمبود سطح مکانیزاسیون	-۰/۰۲	۱
	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	-۰/۰۰۲	۰/۸۴
	نسبت هکتار به تراکتور	-۰/۱۲	۱/۰۶
	میانگین هارمونیک عملکرد	-۰/۰۰۲	۰/۳۶
	ضریب پراکندگی اراضی	۰/۰۰۲	۰/۱۲
RBF[3]*	سطح مکانیزاسیون	۰/۰۰۸	۰/۳۳
	کمبود سطح مکانیزاسیون	۰/۰۲	۱/۰۴
	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	-۰/۰۲۷	۰/۷۶
	نسبت هکتار به تراکتور	-۰/۰۲۸	۰/۷۱
	میانگین هارمونیک عملکرد	-۰/۰۰۶	۰/۳۸
	ضریب پراکندگی اراضی	۰/۰۰	۰/۱۲
LPI[4]*	سطح مکانیزاسیون	۰/۰۰۴	۰/۲۶
	کمبود سطح مکانیزاسیون	-۰/۰۱۱	۱
	ضریب کهنگی عمر تراکتورها	-۰/۰۳۸	۰/۸۰
	نسبت هکتار به تراکتور	-۰/۰۶۳	۱/۰۱
	میانگین هارمونیک عملکرد	-۰/۰۰۹	۰/۳۶
	ضریب پراکندگی اراضی	-۰/۰۱	۰/۱۲

* بهترین مدل با کمترین میزان RMSE نشان داده‌شده‌است.

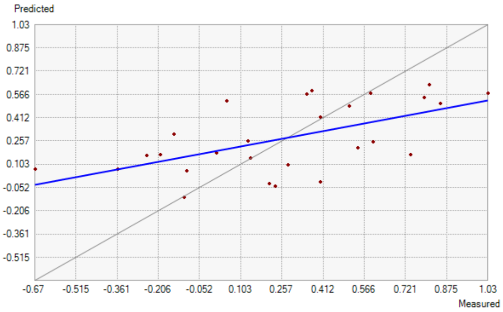
1-Inverse distance weighting
2-Global polynomial interpolation
3-Radial basis function
4-Local polynomial interpolation



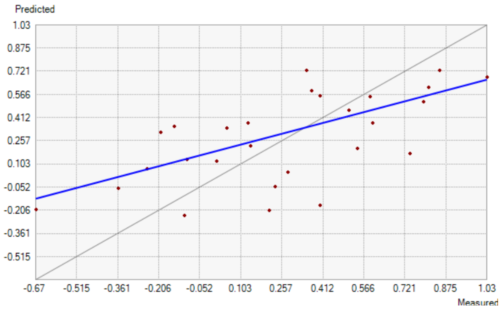
(الف)



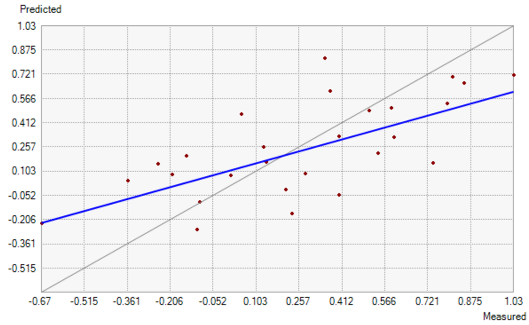
(ب)



(پ)



(ج)



(د)

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 نشان‌دهندهٔ 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 بوده‌است و ۱۸ شهرستان دیگر با کمبود توان به‌منظور انجام عملیات زراعی در زمان مناسب روبه‌رو هستند. شهرستان دشت‌آزادگان بیشتر میزان کمبود توان را دارد.

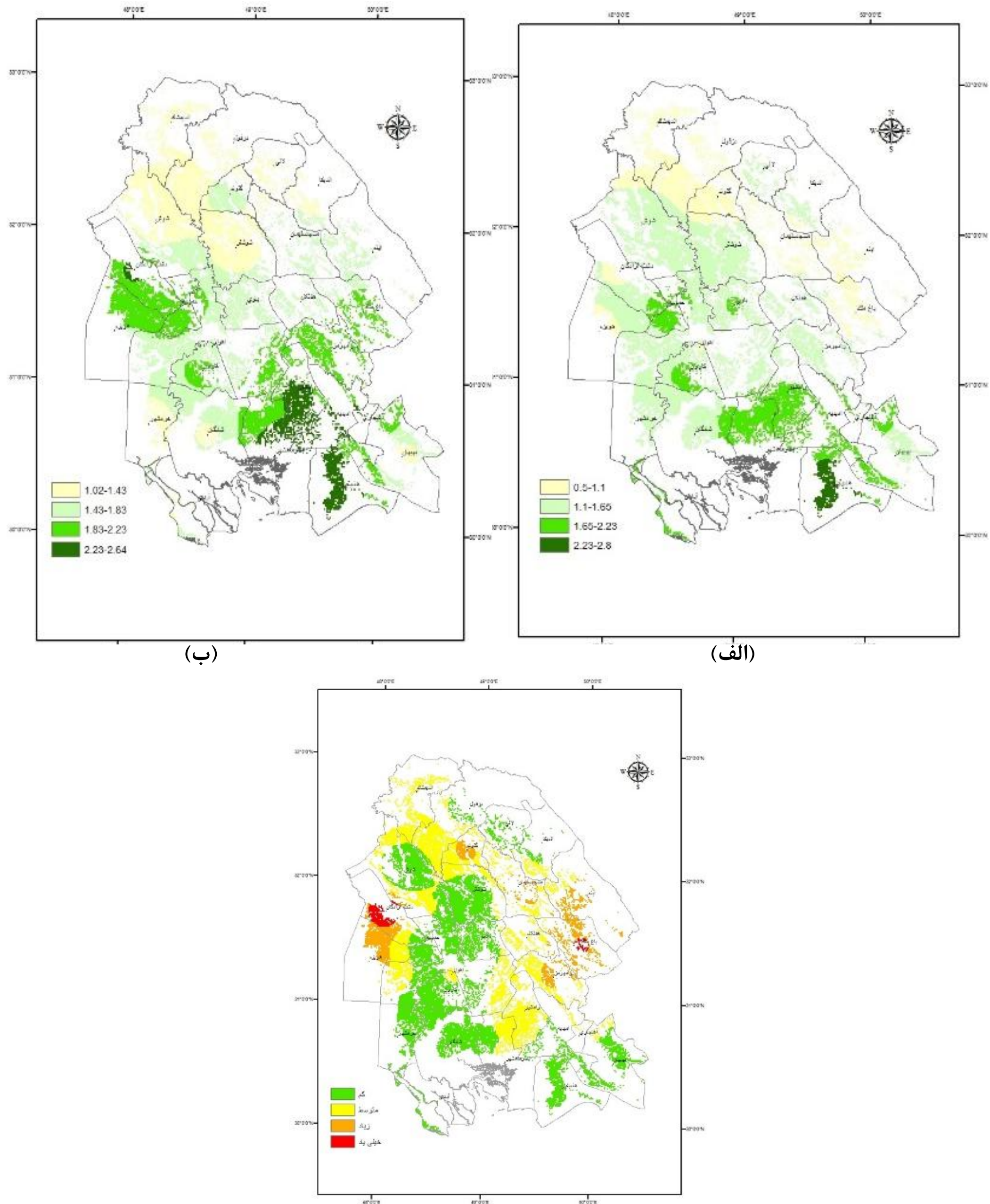
جدول ۵ : برآورد توان در شهرستان‌های استان خوزستان (اسب بخار)

شهر	توان اسمی موردنیاز (اسب‌بخار)	توان اسمی موجود (اسب‌بخار)	میزان کمبود توان اسمی (اسب‌بخار)	شهر	توان اسمی موردنیاز (اسب‌بخار)	توان اسمی موجود (اسب‌بخار)	میزان کمبود توان اسمی (اسب‌بخار)
دشت‌آزادگان	۱۵۱۷۲۵	۶۴۵۶۵	۸۷۱۶۰	حمیدیه	۷۲۷۵۰	۷۰۰۴۵	۲۷۰۵
اندیمشک	۹۸۵۵۰	۴۲۳۴۰	۵۶۲۱۰	لالی	۱۸۲۲۵	۱۶۰۶۵	۲۱۶۰
اهواز	۲۰۴۶۰۰	۱۴۸۹۷۰	۵۵۶۳۰	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) نشان‌دهندۀ اختلاف قابل‌توجه 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. ازجمله مشکلات مکانیزاسیون استان خوزستان توزیع جغرافیایی نامناسب ماشین‌ها و عدم‌تعادل 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.



(ج)

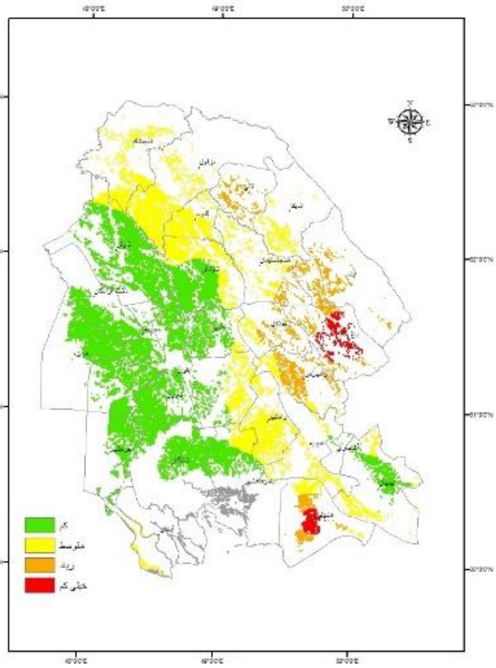
شکل ۸: پهنه‌بندی الف) سطح مکانیزاسون موجود ب) سطح مکانیزاسیون مطلوب
ج) کمبود سطح مکانیزاسیون در استان خوزستان
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

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 عملیات‌های کشاورزی در خارج از زمان مناسب و با کیفیت پایین صورت پذیرد که در نتیجهٔ آن عملکرد محصول در مزارع با اُفت مواجه می‌شود. از طرف دیگر، در صورت لحاظ‌نکردن تراکتورهای با عمر کهنگی، میزان کمبود سطح مکانیزاسیون در استان به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. پهنه‌بندی ضریب

کهنگی عمر تراکتورهای موجود در استان در شکل (۹) نشان داده‌شده‌است. نواحی شمالی، شرقی و بخش‌هایی از جنوب استان ازلحاظ 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 به‌ترتیب 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 نشان‌دهندهٔ پایین‌بودن برخورداری از تراکتور به سطح زیرکشت در کل استان بود؛ به‌طوری که میانگین استانی ۱/۸ تراکتور به‌ازای صد هکتار اراضی برآورد شد. پایین‌بودن میزان این نسبت گویای افزایش تراکم کار، فشار زیاد و استهلاک سریع‌تر ماشین نسبت‌به شرایط استاندارد است. علاوه‌بر این، بسیاری از عملیات اجرایی کشاورزی به دلیل ماندن بهره‌بردار در نوبت استفاده از تراکتور، در زمان‌بندی مناسب انجام نشده و این به‌نوبهٔ 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.

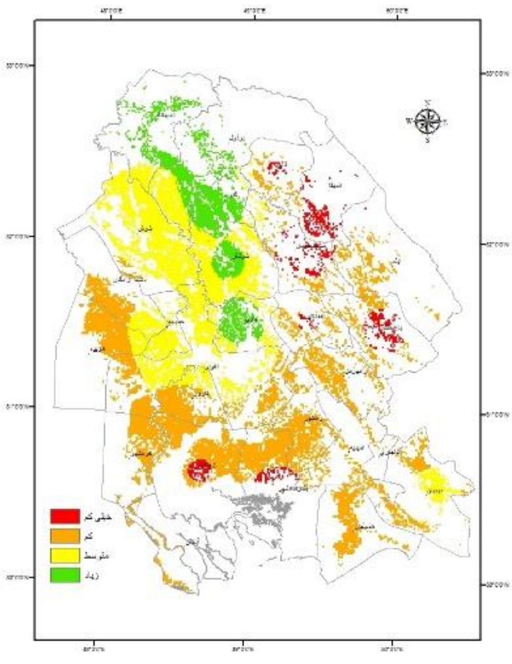
سینک در مطالعهٔ شاخص‌های مکانیزاسیون و اثرات آن بر تولید در هند نشان داد، بین توان مصرفی و عملکرد محصولات مختلف همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشته‌است؛ به‌گونه‌ای که ۷۵ درصد از تغییرات عملکرد به‌وسیلهٔ شاخص سطح مکانیزاسیون قابل‌پیش‌بینی است *(Singh, 2006: 102)*. در مطالعه‌ای در کشور چین، به‌منظور بررسی 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 دورهٔ 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 نسبت‌به سایر نواحی از نظر میانگین هارمونیک عملکرد دارای وضعیت مناسبی هستند.

در ارتباط با معیار پراکندگی اراضی زراعی بایستی عنوان کرد که اندازهٔ قطعات زراعی در استان بسیار متغیّر و از ۰/۵ هکتار تا بیش از ۲۰۰۰ هکتار است. میانگین اندازهٔ قطعات زراعی در کل استان حدود ۱۲/۵ هکتار است. با توجه به اینکه وسعت کم بهره‌برداری‌ها و محدودیت در اندازهٔ واحدهای تولیدی زراعی ازجمله موانع کاربرد گستردهٔ ماشین‌های کشاورزی و توسعهٔ مکانیزاسیون محسوب می‌شود *(کشوری و مرزبان، ۱۳۹۶: ۹)*؛ انتظار می‌رود مناطق دارای اراضی خُردتر و ضریب پراکندگی قطعات زراعی نیاز بیشتری به توان تراکتوری بالایی برای انجام عملیات کشاورزی دارند. همان‌طور که در شکل (۱۱) نشان داده‌شده‌است، 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 که در شکل (۱۲) نیز نشان داده‌شده‌است، بخش‌هایی از شمال و شرق استان که با رنگ قرمز مشخص شده‌است، مناطق با نیازمندی بالا به‌منظور ورود توان جدید هستند.

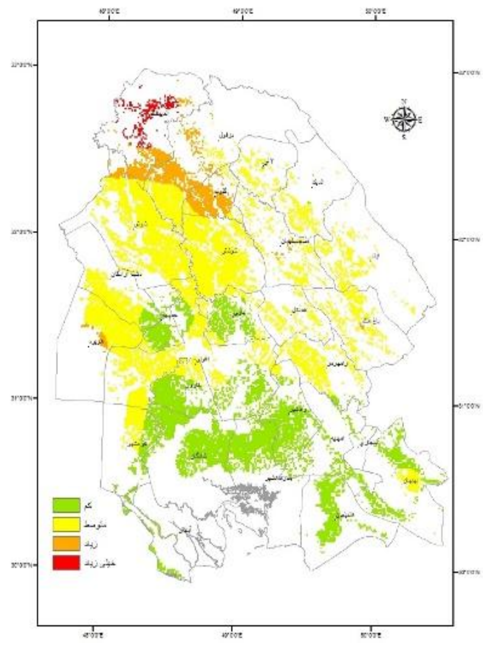


شکل ۹: پهنه‌بندی عمر کهنگی تراکتورهای استان خوزستان

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



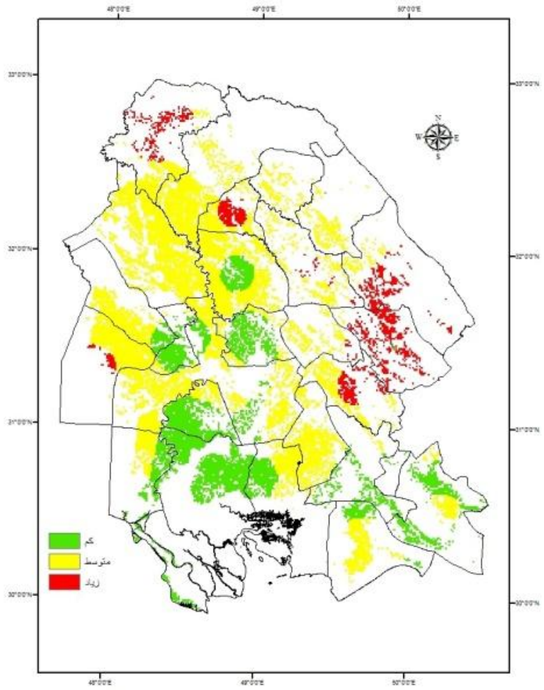
(الف)



(ب)

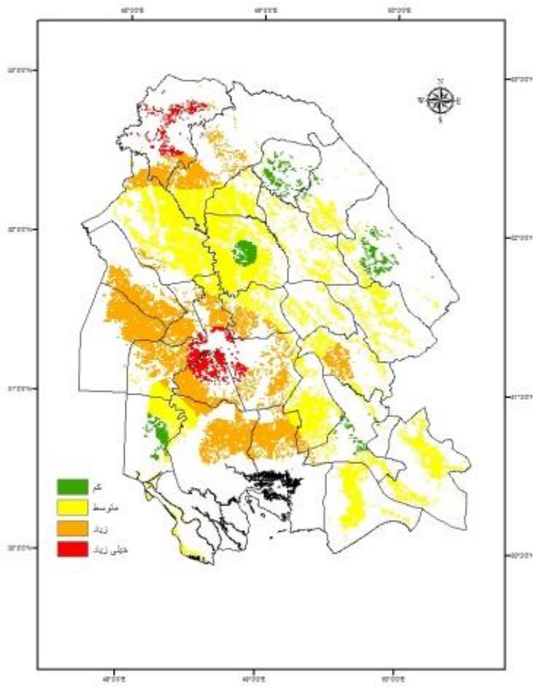
شکل ۱۰: پهنه‌بندی الف) میانگین هارمونیک عملکرد ب) نسبت هکتار به تراکتور استان خوزستان

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۱۱: پهنه‌بندی میزان نیازمندی به توان جدید در استان خوزستان

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶



شکل ۱۲: پهنه‌بندی پراکندگی قطعات زراعی

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۶

نتیجه

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.

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.

منابع

- آزادی، یونس؛ حسن بیک‌محمدی (۱۳۹۰). تحلیلی بر شاخص‌های توسعهٔ کشاورزی در شهرستان‌های استان ایلام. نشریهٔ جغرافیا و مطالعات محیطی.۱(۱): ۵۹-۴۳.
- آشتیانی، علیرضا؛ ایرج رنجبر؛ محمود تورچی (۱۳۸۵). تعیین عمر اقتصادی سه مدل تراکتور کشاورزی در ایران (مطالعهٔ موردی: شرکت زراعی دشت ناز مازندران)، ۱۲(۱): ۲۳۱-۲۲۱.
- اخوان،رضا؛ منا کرمی‌خرم‌آبادی؛ جواد سوسنی (۱۳۹۰). کاربرد دو روش کریجینگ و IDW در پهنه‌بندی تراکم و تاج پوشش جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ کاکارضای خرم‌آباد لرستان). مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگل‌بانی ایران. ۳(۴): ۳۱۶-۳۰۵.
- الماسی، مرتضی؛ شهرام کیانی؛ نعیم لویمی (۱۳۸۷). مبانی‌مکانیزاسیون کشاورزی.انتشارات حضرت معصومه. قم.
- باقری، نیکروز؛ سیدامیرعباس مؤذن (۱۳۸۷). راهبرد بهینه برای توسعهٔ مکانیزاسیون کشاورزی در ایران. مجموعه مقالات پنجمین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- بی‌نام، ۱۳۹۳. آمارنامهٔ کشاورزی سال (۱۳۹۳). وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. تهران. جلد دوم.
- توکلی، جعفر (۱۳۹۱). سطح توسعهٔ مکانیزاسیون کشاورزی شهرستان‌های استان کرمانشاه و رابطهٔ آن با شاخص‌های زیرساختی نهادی.فصلنامهٔ علمی- پژوهشی جغرافیای ایران. ۱۰(۳۳): ۱۶۷-۱۴۹.
- خداوردی، احمد؛ معصومه فروزانی (۱۳۹۵). سطح‌بندی استان‌های‌کشور ایران ازنظر سطوح توسعهٔ 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 بر توسعهٔ مکانیزاسیون کشاورزی استان خراسان جنوبی. مجموعه مقالات پنجمین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- عباسی، سعید؛ مجید غلامی‌پرشکوهی؛ 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 چندسال آینده. هشتمین همایش دو سالانهٔ 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 شاخصهٔ فازی در تعیین الگوی بهینهٔ کشت ارقام برنج در شالیزارهای بابلسر. اقتصاد کشاورزی. ۸(۱): ۴۵-۳۱.
- کشوری، آتنا؛ افشین مرزبان (۱۳۹۶). اولویت‌بندی ورود توان تراکتوری در کشاورزی استان خوزستان به روش‌های تاپسیس و تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، مجلهٔ ماشین‌های کشاورزی. ۹(۱)

DOI: 10.22067/jam.v9i1.69258. ٥
- کهنسال، محمدرضا؛ حمید طاهرپور (۱۳۸۷). استفاده از برنامه‌ریزی ترکیبی‌غیرخطی(MINP) در تعیین اندازهٔ بهینهٔ ماشین‌آلات، پنجمین کنگرهٔ ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون. دانشگاه فردوسی مشهد.

-مرادی، محمدعلی؛ معصومه صادقی؛ حسین صادقی؛ لطافت مرادی (۱۳۹۳). توسعهٔ مدل ارزیابی طرح جایگزینی تراکتورهای فرسوده در ایران و ارائهٔ یک سیاست انرژی مکمل در زیربخش زراعت و باغداری. ۱۳۹۳. نشریهٔ انرژی ایران. ۱۷(۱): ۱-۲۴.
-موسوی، مینا؛ حسن صدیقی (۱۳۹۳). تعیین سطح توسعه‌یافتگی کشاورزی استان‌های کشور. فصلنامهٔ راهبردهای توسعهٔ روستایی. ۱(۴): ۷۱-۵۵.
-نجفی، محمدسعید؛ علی‌اکبر رسولی؛ غدیر عشورنژاد؛ کامل آذرم (۱۳۹۳). پیاده‌سازی مدل سنجش تناسب اراضی برای کشت کلزا با استفاده از سیستم استنتاج فازی (مطالعهٔ موردی: استان آذربایجان غربی). نشریهٔ مطالعات جغرافیایی مناطق خشک. ۴(۱۵): ۱۳۰-۱۱۳.
-مطیعی‌لنگرودی،سیدحسن؛ ابراهیم شمسایی (۱۳۸۶). توسعه روستایی میتنی بر تداوم و پایداری کشاورزی مطالعه موردی: بخش سجاسرود زنجان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۸۵ : ۱۰۴-۸۶.
- یوسفی، روح‌اله (۱۳۹۴). تعیین تعداد روزهای کاری مناسب جهت سمپاشی مزارع گندم استان قزوین. فصلنامهٔ 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.
- Gongn, J and Lin, H (2000). Sustainable development for agricultural region in China: case studies. Forest Ecology & Management.128 : 27-38.
- Hamzah, R. & 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. & 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 Geostsistical Method for Climatic Zoning in IRAN. Applied Ecology and Environmetal 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 (Esoxlucius) and sediments concentration of the Anzali wetland, along the southern shores of the Caspian Sea, Iran. Martin Pollution Bulletin. 84: 97-103.

Geography and Development
17nd Year-No.55–Summer 2019
Received: 23/12/2017 Accepted: 30/09/2018

Assessment of Interpolation Methods in Zoning the Spatial Need into Power in Agriculture (Case study: Khuzestan Province)

Athena Keshvari
M.Sc Postgraduate, Agricultural Sciences and Natural Resources
University of Khuzestan

Dr. Afshin Marzban
Associate Professor of Agricultural Machinery Engineering & Mechanization, Agricultural Sciences and Natural Resources
University of Khuzestan

Introduction

On-time field operations is considered as one of the effective factors for increasing crop yield. So the available tractor power in each region should meet the operational requirements in the most demanding time of cropping season in terms of operations related to machinery. For this purpose, systematic and continuous monitoring of inputs and outputs related to the power resources in agriculture is necessary. Given agricultural operations for each crop are done in a specific period of time and any delay causes financial damage and extra costs resulted from yield reduction and waste increasing, so doing agricultural operations in the optimal time is so crucial. On-time operations are subject to the availability of tractor and agricultural machinery. Therefore, considering the optimal allocation and appropriate geographical distribution of these power sources in agriculture sector of each region for timing the field operations and quantitative and qualitative improvement of crop production is one of the effective factors in proper mechanization management. Considering the fact that Khuzestan province is one of the major producers of agricultural productions, so can the available tractor power in the region meet the local agriculture's needs in the most demanding time of cropping season? On the other hand, the power availability more than the region needs waste the interest and causes extra costs such as costs related to the maintenance, repair, etc., so is there surplus tractor in different zones of province? Is there any suitable geographical distribution of tractors for availability to the tractors?

This study aimed to investigate the needs assessment and zoning of tractor power in Khuzestan province to rate each zone's needs for new power and replacement of obsolete machinery.

Methods and Material

For collecting the required data, documentary and library information such as agricultural statistics and general census results of the province were used. Obtained data were classified in Excel software and were analyzed by GIS software. For zoning the province to determine the priorities for importing power to counties, the combination of some criteria including mechanization level shortage, obsolete coefficient of tractors, area (ha) per tractor ratio (ha/tractor), the harmonic mean of crop yield and scattering of farm plots, slope and land use were used. Different interpolation methods were applied for mapping the criteria including mechanization level shortage, obsolete coefficient of tractors, area (ha) per tractor ratio (ha/tractor), the harmonic mean of crop yield and scattering of farm plots. In order to provide the slope map, topographic and dem layers were determined using altitude information, then the slope map was plotted. Then for identifying the needs of different zones for new power, weighted overlapping was used. For weighting the applied criteria, fuzzy AHP was used.

Results and Discussions

Results related to the comparison of interpolation methods showed that experimental variograms fitted to mechanization level have acceptable correlation coefficient. The best fitted model is Gaussian model (R^2=0.68). Similarly, for zoning the applied criteria in power distribution zoning in Khuzestan province, the suitable variograms were fitted and best interpolation model was obtained. The value of spatial structure for obsolete coefficient of tractors in all fitted models into experimental variogram was higher than 0.75. This value for other criteria was in medium range. In order to choose the best zoning method, average error and Root Mean Square Deviation were calculated for different interpolation methods. The most suitable interpolation methods for the mechanization level shortage zoning, are GPI and LPI. For zoning the obsolete coefficient of tractors and the harmonic mean of crop yield, IDW and LPI interpolation methods were identified the most suitable methods, respectively, while RBF interpolation method was best method for area (ha) per tractor ratio. In the zoning of scattering coefficient of farm plots, all methods had same accuracy. Because of medium spatial dependency of data in the present study, the accuracy and efficiency of Kriging method and other definitive methods for zoning were almost same.

Results obtained from power estimation indicated that the available power was more than the needed power in 9 counties and other 18 counties are facing the power shortage in most demanding time. The zoning of area (ha) per tractor ratio shows that this ratio is high in southern parts and some zones of central parts of province. Northern zones and some parts of western and eastern zones are in bad status in terms of this ratio and the lowest value was related to the northern part of province. Based on the evidence, power distribution and mechanization level do not have same spatial distribution. Based on that, the shortage of mechanization level in the province was investigated. In the eastern zones and some parts of the western zones of the province, there is a severe shortage of mechanization level, while the south, center and some parts of north have good status in terms of mechanization level. Since almost 40% of available tractors has spent their useful life and are not efficient anymore, so most of agricultural operations cannot to be done on the proper time and consequently crop yield is decreased. Zoning of obsolete coefficient of available tractors in Khuzestan province showed that northern, eastern and some parts of southern zones have bad status in terms of this criterion. Based on the results obtained from area (ha) per tractor ratio zoning, northern and some parts of eastern and western zones have high value of this ratio. The harmonic mean of crop yield was best in some parts of north and center of Khuzestan province. Results related to the scattering of farm plots criterion showed that the highest scattering was related to northern part of Andimeshk and some parts of west and south of Khuzestan, while Gotvand and Izeh and southern part of Khorramshahr have lowest scattering.

To compensate the shortage of mechanization level in Khuzestan province and to determine the need of Khuzestan different zones for new power using fuzzy AHP, the highest weight was respectively related to the area (ha) per tractor ratio, mechanization level shortage and obsolete coefficient of tractors. After integrating the obtained maps from above-mentioned criteria, some parts of north and east of Khuzestan province have high priority in terms of importing new power.

Conclusion

Khuzestan province needs a maximum of 2024755 hp of tractor power at the peak of operations, which 1643750 hp is available. Due to the inadequate distribution of power in the province, in 9 cities there are 119490 hp overcapacity. Therefore, to compensate the required power shortage, 500515 hp should be added to Khuzestan tractor fleet. In case of appropriate distribution the requirement is reduced to 381025 hp.Considering that a large proportion (almost 40%) of tractors in Khuzestan are over 13 years of age and should be eliminated from production cycle, the need for new power will increase up to about 1158015 hp. Results obtained from the zoning of new power need in different zones of Khuzestan using some criteria including mechanization level shortage, obsolete coefficient of tractors, area (ha) per tractor ratio (ha/tractor), the harmonic mean of crop yield and scattering of farm plots, slope and land use showed that the Khuzestan's Counties are in three levels of need.

Keywords: Zoning, Power distribution, Interpolation, Fuzzy AHP.

References

- Abbasi, S. M. Parashkouhi, and M. Rashidi, (2011). Performance capacity of tractor power in Kabudarahang County. Proceedings of the 1th National Conference on Modern Topics in Agriculture. Islamic Azad University Saveh Branch. (In Persian).
- Akhavan, R., karami Khorramabadi, M. and Soosani, J. (2011). Application of two Kriging and IDW methods in zoning of density and canopy cover of oak branching forests (Case study: Khorramabad Lorestan Kakarza Zone). Iranian Journal of Forest. 3(4): 305-316. (In Persian).
- Almassi, M., kiani, SH. and Loveimi, N. (2008). Principles of agricultural mechanization. Hazrat Masoumeh Publication. Qom. (In Persian).
- 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.
- Anonymous, (2016). Agricultural statistics of the year (2014). Ministry of Agriculture Jahad, Deputy of Planning and Economics, ICT. Tehran. Volume II. (In Persian).
- 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.
- Ashtiani, A. R., Ianjbar, I. and Toorchi, M. (2006). Determining of economic life for three agricultural tractors models in Iran (Case study: Mazandaran Dasht-e-Naz farm company). Journal of Agriculture Science. 12(1): 221-231. (In Persian).
- Azadi, Y. and Beikmohamadi, H. (2011). Analysis of agricultural development indicators from cities of ILam province. Journal of Geography and Environmental Studies. 1(1): 43-59. (In Persian).
- Bagheri, N. and Moazzan, S. A. A. (2008). Optimum strategy for agricultural mechanization development in Iran. Proceedings of the 5th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization. Aug. 28-29. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran. (In Persian).
- 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.
- Esna-Ashari, H., Karbasi, A. R. and Piri, mahdi (20.12). The effect of fiscal and monetary policies on mechanization and Forecasting mechanization trend in Iran in Iran's agriculture. Proceedings of the 8th Biennial Conference on Iranian Agricultural Economics, Sustainable Agriculture and Food Security, Policies and Strategies. (In Persian).
- 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.
- Fazelnya, G., Hakim Dost, S. Y. and Blairie, Said. (2016). A comprehensive guide for GIS application models in urban, rural and environmental planning. Azadepeyma Publication. Tehran. (In Persian).
- Feyzabadi, Y., Yousefpour, F. and Asadpour, Hassan (2014). Application of fuzzy multi-index linear programming in determining the optimum pattern of rice cultivation in Babolsar rice fields. Journal of Agricultural Economics. 8 (1): 31-45. (In Persian).
- 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 and Earth Sciences. 11 (1), 33 – 40.
- Keshvari, A. and Marzban, A. (2018). Prioritizing the power arrival in agriculture Khuzestan province using FAHP and FTOPSIS. J. Agric. Machinery. 9(1). doi: 10.22067/jam.v9i1.69258. (In Persian).
- Khodaverdi, A. and Forouzani, M. (2017). Leveling the provinces of Iran from the levels of agricultural mechanization development. Proceedings of the Second National Conference on Mechanization and Modern Technologies in Agriculture. Ahvaz, University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Khuzestan. (In Persian).
- 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 and Technology. 36(4): 769-780.
- Kohansal, M. R. and Taherpour, H. (2008). Using of nonlinear hybrid programming (MINP) to determine the optimum size of machinery. Proceedings of the 5th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization. Aug. 28-29. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran. (In Persian).
- 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.
- Mohammad-Moradi, A. and Akhtar-Kavan, M. (2009). Methodology of multi criteria decision making analysis models. Armanshahr. 2: 113-125. (In Farsi).
- Moradi, M. A., Sadeghi, M., Sadeghi, H. and Moradi. L. (2014). Development of a model for evaluating the replacement of worn-out tractors in Iran and presenting complementary energy policy in the agriculture and horticulture sub-sector. 2014. Iranian journal of energy. 17(1): 1-24. (In Persian).
- Motiyali Langroudi, S. H. (2010). Economic Geography of Iran (Agriculture). Jahad Daneshgahi of Mashhad Publication. Mashhad. Sixth Edition. 220 p. (in Persian).
- Mousavi, M. and Sadiqi, H. (2014). Determining of agricultural development level in the Iran provinces. Journal of Rural Development Sterategies. 1 (4): 71-55. (in Persian).
- Najafi, M. S., Rasooli, A. A., Ashoornejad, G. and Azarm, K. (2014). Implementation of land suitability model for canola cultivation using Fuzzy Inference System (Case Study: West Azarbayjan Province). Journal of Arid regions Geographic Studies. 4 (15): 130-113. (In Persian).

- 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 Geostsistical Method for Climatic Zoning in IRAN. Applied Ecology and Environmetal 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.
- Ranjbaran .H. (2009). Statistics and probability and its using in the economy. Nooreelm and esbaat. Hamadan Publication. Hamedan. (In Persian).
- Sadeghi, M. R., Khadem-Al-Husseini, N. A., Abdeshahi, A. and Marzban, A. (2008). Investigating of effecting factors in agricultural mechanization development in South Khorasan province. Proceedings of the 5th National Congress on Agricultural Machinery and Mechanization. Aug. 28-29. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran. (In Persian).
- 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.
- Tavakoli, J. (2012). Level of agricultural mechanization development in Kermanshah province cities and its relationship with infrastructure-institutional indices. Journal of Geography of Iran. 10 (33): 149-167. (In Persian).
- Yousefi, R. A. (2015). Determining the number of suitable working days for spraying wheat fields in Qazvin province. Journal of Biosystem Engineering. (In Persian).
- Zamani, A., Mahmmodi, R., Riyahi Bakhtiari, A. and Rodriguez Martin, J. A (2014). Spatial relations of mercury contents in Pike (Esoxlucius) and sediments concentration of the Anzali wetland, along the southern shores of the Caspian Sea, Iran. Martin Pollution Bulletin. 84: 97-103.

.