مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶ (ص ۵۵۱-۵۳۹) DOI: 10.22059/ijbse.2017.232249.664933

امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی با روش چند معیاری تاپسیس در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه مارون استان خوزستان)

نصرت اله حیدرپور[۱]، هوشنگ بهرامی[۲*]، یعقوب منصوری[۳]، سعید حجتی[۴]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدچمران اهواز

۲. دانشیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳ . استادیار ، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴. دانشیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۰ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۶/۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۶/۱۳)

چکیده

در این تحقیق به منظور امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی در حوضه مارون استان خوزستان از روش چند معیاری تاپسیس در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده گردید. از این رو تمام لایه‌های اطلاعاتی مکانیزاسیونی- زراعی شامل ماشین (سطح مکانیزاسیون، ضریب بهره‌وری، خاک ورز مرکب و کارنده)؛ اقلیم (دما و بارش)؛ توپوگرافی (شیب و ارتفاع)؛ خاک (بافت، pH، شوری، فسفر و کربن آلی) به‌همراه منابع آبی (پتانسیل و شوری)، جمعاً ۱۷ لایه برای تناوب محصولات کلزا، نخود و گندم تهیه و پس از وزن دهی با روش تحلیل سلسله مراتبی و رتبه‌بندی با روش تاپسیس، با همدیگر همپوشانی و بر اساس دستورالعمل فائو در پنج طبقه بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که ۱/۶ و ۱۴/۵ درصد از کل سطح اراضی آبی موجود در محدوده مطالعاتی، به‌ترتیب در طبقات بسیار مناسب و مناسب برای اجرای کشاورزی حفاظتی، قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تاپسیس، تحلیل سلسله مراتبی، تناوب، سامانه اطلاعات جغرافیایی، مکانیزاسیون

مقدمه

امروزه اغلب کشاورزان دنیا به سامانه کشاورزی حفاظتی تمایل پیدا نموده‌اند. بر اساس گزارش سازمان جهانی غذا و کشاورزی (فائو)، کل سطح زیرکشت این سامانه در سال ۲۰۰۹ حدود ۱۰۶ میلیون هکتار (۷/۵ درصد سطح کل) برآورد گردید (Kassam *et al.*,2009; Derpsch & Friedrich, 2009a). این آمار در سال ۲۰۱۱ به سطح ۱۲۵ و در سال ۲۰۱۳ به ۱۵۷ میلیون هکتار (۱۱ درصد سطح کل) رسید. بدین ترتیب سطح زیرکشت حفاظتی رشدی معادل ۵۱ میلیون هکتار (۴۷ درصد) نسبت به ۵ سال قبل از آن داشته است (FAO, 2014b). پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۵۰ جمعیت دنیا به ۹/۲ میلیارد نفر رسیده و نیاز غذایی آن‌ها حدود ۷۰ درصد افزایش یابد (Bruinsma, 2003). در همین راستا فائو گزارش نمود که مجموعه خاک، محصول، تغذیه، آب، کاربری زمین و ماشین عواملی هستند که همراه با هم در قالب کشاورزی حفاظتی برای تأمین غذای جمعیت رو به رشد جهان به کار گرفته شده (FAO, 2008) و از میان این عوامل، ماشین و تناوب نقش عمده و حساسی را به عهده دارند. به همین دلیل در این نوع کشاورزی سه اصل اساسی که به همدیگر وابسته بوده و هم‌زمان باید رعایت شوند، لازم است (Kassam *et al.*,2009 & 2012; FAO, 2011a):

۱- حداقل به هم زدن سطح خاک (حداکثر ۲۵ درصد سطح خاک در عمق ۱۵ سانتی‌متری)

۲- افزایش ماده آلی خاک با حفظ مداوم بقایای گیاهی در سطح آن (پوشش سطح خاک در محدوده ۳۰ تا ۱۰۰ درصد)

۳- رعایت تناوب در سال‌های زراعی مختلف با محصولات متنوع ازجمله لگوم‌ها (حداقل ۳ محصول)

همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد رعایت اصول اول و دوم در اجرای کشاورزی حفاظتی رابطه مستقیمی با کاربرد ماشین دارند. برخی معتقدند کاربرد ماشین در کشاورزی به عنوان یکی از نشانه‌های توسعه یافتگی در بخش کشاورزی، موجب افزایش تولید در محصولات کشاورزی شده است (Yohanna, 2004; Kepner *et al.*, 1978). این عمل عنصری کلیدی در ارتقاء سطح زندگی مردم کشورهای توسعه یافته در قرن بیستم است (Reid

* نویسنده مسئول: bahrami16@scu.ac.ir

(*et al.*, 2003; Yoosefzadeh *et al.*, 2016). به همین دلیل در این سامانه همزمان با حفظ منابع طبیعی، مکانیزاسیون به‌خصوص در بخش‌های توان تولیدی، کارنده‌ها، خاک ورزها و سمپاش‌ها عواملی کلیدی هستند (Sims & Kienzle, 2015). در همین راستا خاک‌ورزی حفاظتی با هدف حفظ و بهبود بهره‌وری از منابع طبیعی در قالب مدیریت خاک، آب و منابع بیولوژیکی در ترکیب با سایر نهاده‌های کشاورزی معرفی شده است. این نوع خاک‌ورزی با باقی گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک، به نفوذ آب در خاک و کاهش فرسایش کمک نموده و مقدمات توسعه کشاورزی حفاظتی را فراهم نماید (FAO, 2014). گروهی از محققین بر این باورند کشاورزی حفاظتی در واقع پایداری مکانیزاسیون کشاورزی بوده که اغلب با تغییر فنون مکانیکی همراه است؛ از این رو وقتی سامانه تولیدی خاک‌ورز پایه به سامانه تولیدی حفاظتی تبدیل می‌شود، درواقع فناوری مکانیکی در مزرعه تغییر پیدا می‌نماید (Friedrich *et al.*, 2009). همچنین مطالعات مختلف نشان می‌دهند که رعایت تناوب همراه با کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و کاشت باعث افزایش مواد آلی در خاک می‌گردد (Roldan *et al.*, 2003; Alvear *et al.*, 2005; Diekow *et al.*, 2005). بر پایه این مطالعات پوشش سطح زمین به بهبود چرخه غذایی داخل خاک کمک می‌نماید، به ویژه اگر محصولات مورد کشت از خانواده لگوم‌ها باشد. از طرفی افزایش کربن و نیتروژن در شرایط خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم گزارش شده است (Campbell *et al.*, 1995 & 1996a, b). در همین راستا Vagen *et al.*, (2005) گزارش دادند که بیشترین افزایش مقدار کربن آلی خاک از ۰/۱ به ۵/۳ مگا گرم کربن در هکتار در یک سال زراعی از سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی همراه با رعایت تناوب زراعی به دست آمده است. در این میان تراکتورها بخش عظیمی از سوخت‌های فسیلی برای انجام عمل شخم مرسوم را مصرف نموده و هزینه‌های زیادی را بر جامعه تحمیل می‌نمایند (Grace *et al.*, 2003). این در حالی است که سامانه‌های حفاظتی این هزینه‌ها را کاهش می‌دهند. به عنوان مثال کشاورزان هند و پاکستان با استفاده از سامانه کشاورزی حفاظتی این هزینه‌ها را در کشت برنج تا ۶۰ دلار در هکتار، کاهش داده‌اند (Hobbs & Gupta, 2003).

از پیش‌شرط‌های اساسی برای توسعه سامانه‌های نوین تولیدی، دستیابی به ارزیابی‌های مناسب از وضعیت پتانسیل اراضی و لزوم پذیرش آن توسط بهره‌برداران است (FAO, 2014). در عین حال تصمیم‌گیری در زمینه توسعه این سامانه‌ها به عنوان مهمترین چالش برای کارشناسان و برنامه‌ریزان تبدیل شده است. آن‌ها برای رفع این مشکل از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاری در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌نمایند (Rajabi *et al.*, 2011). در این روش‌ها طیفی از معیارهای وابسته به یک مبحث، امتیازدهی شده و سپس به وسیله کارشناسان و گروه‌های ذینفع رتبه‌بندی و در سامانه اطلاعات جغرافیایی، تبدیل به نقشه می‌گردند (Ghaffari *et al.*, 2010). یکی از این روش‌ها، وزن دهی با تحلیل سلسله مراتبی و رتبه‌بندی با روش تاپسیس بوده (Saaty, 1994; Ghodsipour, 2013) که از آن به عنوان یک راهبرد در تصمیم سازی برای انتخاب ابزارهای ماشینی و سایر مسائل استفاده می‌شود. به عنوان مثال Heidary *et al.* (2010) در بررسی انتخاب مناسب‌ترین نوع کمباین برداشت غلات در یزد با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، از بین کمباین‌های مرسوم، کمباین کلاس را انتخاب نمودند. Sarkheil & Navid (2010) نیز با بهره‌گیری از روش تحلیل سلسله مراتبی، چهار نوع تراکتور را در محدوده توان ۹۰-۳۰ کیلووات مورد ارزیابی قراردادند. در این تحقیق از پنج معیار قیمت، خدمات پس از فروش، امکانات و تجهیزات، ایمنی و کاربرد آسان استفاده گردید و تراکتور ساخت شرکت تراکتورسازی تبریز انتخاب شد.

همگام با مطالعه اهمیت ماشین در کشاورزی حفاظتی، پیش‌بینی پتانسیل اراضی در تناسب با محصولات و سامانه‌ها برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری، بسیار مهم بوده و امروزه با ارزیابی تلفیقی از اقلیم، خاک و توپوگرافی منطقه در قالب نقشه‌هایی تعیین می‌شود (Giardini *et al.*, 1997; Grassano *et al.*, 2011). در تحقیقی که در جهت تعیین تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا استان گلستان برای امکان‌سنجی کشت یونجه یک‌ساله انجام شد، ۲۳/۱ درصد از اراضی در پهنه بسیار مستعد و ۴۷/۲ درصد نیز در پهنه مستعد قرار گرفتند (Nasrollahi *et al.*, 2015). در همین راستا پهنه‌بندی کشت زعفران بر مبنای عوامل اقلیمی در تربت حیدریه انجام گردید و نتایج نشان داد که چهار درصد از اراضی دارای کیفیت بسیار مناسب و ۵۰/۵ درصد نیز دارای کیفیت مناسب هستند (Rashid Sourkhabady *et al.*, 2015). در مطالعه دیگری مناطق مناسب کاشت ذرت، سیب‌زمینی و حبوبات با استفاده از معیارهای حداقل درجه حرارت، عمق خاک، کلاس بافت خاک، شیب، ارتفاع و حداکثر درجه حرارت، تعیین شدند (Ceballos - Silva & Lopez – Blanko, 2003).

Sarmadian & Taaty (2014) پهنه‌بندی زراعی- بوم-شناختی بخشی از اراضی دشت قزوین را برای کشت گندم با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در قالب

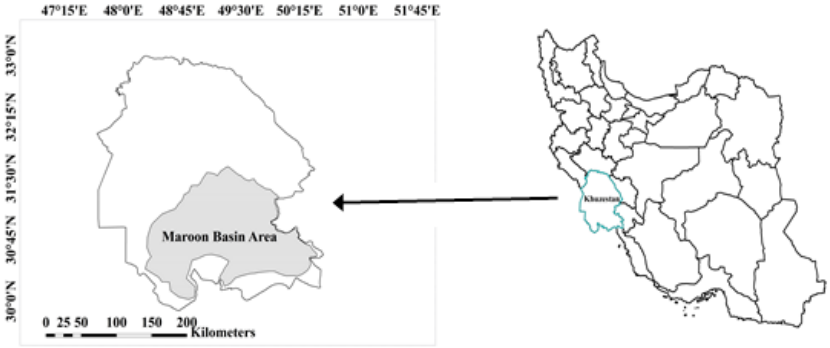
روش فائو انجام و پتانسیل تولید گندم در منطقه، به مقدار ۶۶۶۶ کیلوگرم در هکتار تعیین نمودند. از این رو انتخاب محصول بر پایه پتانسیل اراضی و به‌منظور تعیین سامانه تولیدی مطلوب ضرورت دارد (Rahman & Saha, 2008; Reshmidevi *et al.*, 2009). ارزیابی دیگری جهت تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود دیم از منطق بولین و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده و مناسب‌ترین پهنه انتخاب گردید (Kazemi & Sadeghi, 2014). محققین دیگری با بهره‌گیری از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در ترکیب با سامانه اطلاعات جغرافیایی در منطقه مرکزی استان فارس، تناسب اراضی را جهت تعیین وضعیت کشاورزی حفاظتی در کشت ذرت علوفه‌ای بررسی نمودند (Houshyar *et al.*, 2014). نتایج نشان داد که ۷۳/۴۷ درصد از اراضی مورد مطالعه بسیار مناسب و تنها ۷/۳۶ درصد تناسب ضعیف دارند. همچنین پتانسیل اراضی کشاورزی دشت قزوین با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شامل *AHP* و *Vikor* در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد مطالعه قرار گرفته و مشخص گردید که حدود ۵۰ درصد از اراضی موجود کشاورزی از پتانسیل بسیار بالایی برای تولید محصولات کشاورزی برخوردارند (Pourkhabbaz *et al.*, 2014). در مطالعه دیگری پایداری تولید در اراضی کشاورزی منطقه‌ای از ویتنام نیز با استفاده از تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی در محیط جی‌آی‌اس مورد بررسی قرار گرفت و نقاط مناسب برای محصولات مختلف در قالب نقشه مشخص گردیدند (Le & Tran, 2012).

در خصوص وضعیت منطقه مورد مطالعه آمارها نشان می‌دهند که تعداد تراکتورهای آماده به کار ۴۹۳۵ دستگاه و تعداد خاک ورزهای مرکب به همراه ماشین‌های کاشت که قابلیت کار در شرایط کشاورزی حفاظتی را دارند (Asoodar & Sabzehzar, 2008)، به ترتیب ۲۲۲۴ و ۲۷۲۴ دستگاه می‌باشند (JAOKP, 2014). همچنین گندم، برنج، ذرت، کلزا، نیشکر، حبوبات و محصولات علوفه‌ای، محصولات اصلی در سیستم تولیدی کشاورزان این منطقه بوده و در میان آن‌ها گندم *(Triticum aestivum)* بیشترین سطح زیر کشت را دارد (MAJI, 2016). محصول کلزا *(Brassica napus L.)* به لحاظ وجود پروتئین و روغن فراوان در دانه آن از اهمیت زیادی برخوردار است (Grassano *et al.*, 2011). این گیاه در ایران در مناطقی با بارندگی زیاد و پتانسیل منابع آبی بالا کاشته شده و می‌تواند یکی از محصولات اصلی کشت زمستانه در منطقه مورد بررسی باشد. حبوبات نیز در تمامی اقلیم‌ها در تناوب با غلات قرار گرفته و نخود *(Cicer arietinum)* به‌عنوان یکی از گونه‌های حبوبات به لحاظ ارتفاع ارقام جدید، با کمباین غلات قابل‌برداشت است (Koocheki & Banayan Avval, 2004). این محصول نیز به سبب ایفای نقش در بهبود حاصلخیزی خاک، جهت توسعه کشاورزی در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده است.

وقوع خشک‌سالی‌های اخیر و محدودیت منابع آبی در منطقه همراه با استفاده بی‌رویه زارعین از منابع، تولید محصولات کشاورزی را با مشکل مواجه نموده است. از طرفی اطلاعات کاملی در پهنه‌بندی وضعیت اجرای کشاورزی حفاظتی در حوضه مارون استان خوزستان وجود ندارد و فقدان آن و عدم شناخت از توان موجود باعث تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی، افزایش مصرف سوخت، آلودگی منابع آب و خاک، فقر مواد آلی و سرانجام بروز ناپایداری‌هایی در بوم نظام‌های کشاورزی شده است. از این رو این پژوهش با هدف مطالعه امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی در اراضی آبی حوضه مارون استان خوزستان بر مبنای اصول اعلام شده فائو (حداقل دست‌کاری در خاک، حفظ بقایای گیاهی و رعایت تناوب زراعی) با ترکیب روش چند معیاری تاپسیس در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی در قالب نقشه‌هایی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه حوضه مارون استان خوزستان شامل شهرستان‌های بهبهان، رامهرمز، شادگان، رامشیر، امیدیه، هندیجان، ماهشهر و بخش‌هایی از باغملک به همراه شرق شهرستان اهواز انتخاب شد. این منطقه از ۳۰ تا ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و از ۴۸ تا ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی گسترش دارد. وسعت منطقه مورد مطالعه تقریباً ۲۰۲۹۴ کیلومترمربع (حدود ۳۰ درصد استان خوزستان) و سطح کل اراضی باغی و زراعی (دیم و آبی) آن حدود ۶۳۳ و سطح کل اراضی آبی که مورد بررسی قرارگرفته ۳۰۸ هزار هکتار است. این اراضی دربرگیرنده اراضی کشاورزی آبی کنونی حوضه مارون استان خوزستان بوده و برای تفکیک محدوده آن‌ها از لایه کاربری استان خوزستان، استفاده گردید. در این لایه اراضی کشاورزی از اراضی مرتعی، ساختمانی، صنعتی و سایر کاربری‌ها تفکیک شده‌اند. همچنین برای تکمیل و به‌روز شدن آن از تصاویر ماهواره‌ای *Landsat* هشت، مربوط به سال ۲۰۱۵ استفاده گردید. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را جهت بررسی مدل واقعی استفاده در حوضه مارون نشان می‌دهد.



شکل ۱. محدوده حوضه مارون در استان خوزستان و کشور

جهت مکان‌یابی مناطق مستعد برای اجرای کشاورزی حفاظتی که شامل کاربرد ماشین و کشت محصولات تناوبی نخود، کلزا و گندم است، بر اساس دستورالعمل فائو عمل شد (Sys *et al.*, 1991; Kazemi, 2014; Kassam *et al.*, 2009 & 2012; FAO, 2011a). برای این کار ابتدا نیازهای مکانیزاسیونی منطقه شامل ضریب بهره وری، سطح مکانیزاسیون، تعداد ماشین خاک ورز مرکب و تعداد ماشین کاشت مناسب مورد نیاز بر اساس روابط (۱ تا ۴) از منابع علمی موجود، تعیین گردید (Almassi *et al.*, 2008; Lak & Almassi, 2011; Bishop, 1997).

(رابطه۱) $$R_u = \frac{RC}{PC}$$

R_u: ضریب بهره‌وری[1]؛ RC و PC به ترتیب توان اجرایی موجود و موردنیاز (ha)

(رابطه۲) $$PC = \frac{N \times T_w}{t_m}$$

N تعداد تراکتور؛ t_m زمان مورد نیاز برای کشت مکانیزه یک هکتار ($hr.ha^{-1}$)؛ T_w ساعات قابل کار

(رابطه۳) $$PPA = \frac{P_d}{A_C}$$

PPA سطح مکانیزاسیون ($hp.ha^{-1}$)؛ P_d مجموع توان کششی و A_C سطح زیرکشت

(رابطه۴) $$n = \frac{A_C}{C_a \times T \times t}$$

n تعداد ماشین؛ C_a ظرفیت موثر ($ha.hr^{-1}$)؛ t ساعت کار در شبانه‌روز؛ T تعداد روزهای قابل کار

داده‌های موجود ماشینی شامل تعداد، نوع و عمر تراکتور، تعداد خاک ورز مرکب؛ تعداد ماشین کاشت مناسب جهت کار در شرایط وجود بقایای گیاهی به همراه سطح زیر کشت هر دهستان از بخش آمار و فناوری اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان و مراکز خدمات ترویج دهستان‌های واقع در محدوده مطالعه جمع‌آوری شد. همچنین نیازهای محیطی و زراعی محصولات نخود، کلزا و گندم با استفاده از منابع علمی موجود تعیین و طبقه‌بندی شد. سپس بر اساس داده‌های میدانی و پارامترهای مؤثر بر رشد گیاهان مورد بررسی، لایه‌های اطلاعاتی رقومی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شد. در تهیه لایه رقومی داده‌های ماشینی، مراکز خدمات ترویج دهستان‌ها به‌عنوان مرکز ثقل توزیع ماشین لحاظ گردید. داده‌های دما و بارندگی نیز از داده‌های بلندمدت (۱۳۴۴ تا ۱۳۹۴ شمسی) هشت ایستگاه بهبهان، رامهرمز، ایذه، باغملک، امیدیه، ماهشهر، آقاجاری و شادگان، واقع در محدوده مورد مطالعه در طول دوره رشد محصول (از زمان کاشت در آبان ماه هر سال تا زمان برداشت در اواخر فروردین‌ماه سال بعدی)، جمع‌آوری شدند. این داده‌ها برای تکمیل نقشه، با فنون نرم‌افزاری در محیط *GIS* نسخه ۱۰/۳، با استفاده از نوار ابزار *Spatial Analyst* و گزینه *Interpolation*، از روش *Kriging*، میان‌یابی شدند. دقت تخمین در این روش بالا بوده و پرکاربردترین رویه تخمین در نقاط فاقد نمونه است (Apaydin *et al.*, 2004; Hassani Pak, 2013; Ghahroodi Tali, 2002).

یکی از مهم‌ترین لایه‌های تهیه‌شده که با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه از اهمیت زیادی برخوردار است، لایه پتانسیل منابع آبی و شوری آب است. برای تهیه نقشه این لایه‌ها، از اطلاعات بلندمدت (سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۲ شمسی) تعداد ۱۶ ایستگاه اندازه‌گیری از مجموعه ایستگاه‌های سازمان آب منطقه‌ای خوزستان در حوضه مارون و نیز اطلاعات توصیفی نقشه پراکنش چاه‌ها استفاده شد. پس از ارزش‌گذاری، *Raster* عوامل: ماشینی (سطح مکانیزاسیون، تعداد خاک ورز مرکب، تعداد ماشین کاشت و ضریب بهره‌وری)؛ اقلیمی (حداکثر،

حداقل و میانگین دمای هوا، بارش)؛ خصوصیات خاک (شوری، pH، کربن آلی، فسفر و بافت)؛ توپوگرافی (شیب و ارتفاع) و منابع آب (پتانسیل منابع آبی و شوری آب)، بر مبنای دستورالعمل‌های فائو طبقه‌بندی شدند (Hall *et al.*, 2008; FAO, 1984 & 1985; Sys *et al.*, 1991; Kazemi, 2014). در این دستورالعمل‌ها محدوده‌های تناسب به پنج گروه بسیار مناسب، مناسب، تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب طبقه‌بندی شده‌اند (جدول ۱). لایه‌های طبقه‌بندی‌شده با استفاده از دستور *Raster calculator*، هم‌پوشانی شده و برای امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی با لحاظ عوامل ماشینی و تناوب محصولات کلزا، نخود و گندم، مورداستفاده قرار گرفتند.

جدول ۱. محدوده تعیین درجات تناسب منطقه با کشاورزی حفاظتی

درجه تناسب	پتانسیل تولید (درصد)	طبقه‌بندی فائو	طبقه
بسیار مناسب	۹۸ -۱۰۰	S_1	۱
مناسب	۸۵ -۹۸	S_2	۲
تناسب متوسط	۶۵ -۸۵	S_3	۳
تناسب کم	۴۰-۶۵	S_4	۴
نامناسب	<۴۰	S_5	۵

از طرفی تحقیقات مختلف نشان می‌دهند داده‌های اقلیمی به مقدار زیادی تحت تأثیر متغیرهای توپوگرافی قرار می‌گیرند (Ninyerola *et al.*, 2000). به همین دلیل ابتدا نقاط هر شبکه از لایه رقومی ارتفاع در نظر گرفته شد و با استفاده از مختصات این نقاط، چندین نقشه *رستری* استخراج و با تهیه لایه‌ای مجزا برای هر متغیر در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تبدیل به محدوده‌های مشخص شدند. همچنین شوری، بافت، pH، کربن آلی و فسفر خاک نیز از آزمون خاک‌های انجام شده در سال‌های اخیر توسط سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان در مناطق مختلف حوضه، جمع‌آوری و نقشه‌ها بر مبنای لایه رقومی ارتفاع و لایه کاربری اراضی آبی محدوده موردمطالعه، در مقیاس۱:۵۰۰۰۰ تهیه شدند. با توجه به مباحث نظری و روش‌های مورد استفاده در این بررسی، به طورکلی فرآیند انجام این تحقیق مبتنی بر شکل (۲) بوده و در ادامه به تشریح وزن دهی به عوامل و رتبه‌بندی مناطق با روش تاپسیس پرداخته می‌شود.

وزن دهی با تحلیل سلسله مراتبی

از آنجایی که ترکیب لایه‌های اطلاعاتی بدون لحاظ اهمیت هر لایه در مکان‌یابی نمی‌تواند ارزش واقعی آن لایه‌ها را نشان دهد، برای ارزیابی دقیق‌تر لازم است اهمیت نسبی هر عامل مشخص گردد. بدین منظور در این مطالعه از روش وزن دهی تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. این روش در برگیرنده مجموعه‌ای از قضاوت‌ها و ارزش‌گذاری به یک شیوه منطقی بوده و بر دانش کارشناسی استوار است. به طوری که از یک طرف، روشی وابسته به تصورات شخصی و طرح‌ریزی سلسله مراتبی یک مشکل بوده و از طرف دیگر با منطق و درک آن، جهت تصمیم‌گیری و قضاوت نهایی مرتبط می‌شود (Saaty, 1980 & 2004). در این مطالعه به دلیل اینکه هر یک از ویژگی‌های ماشین، خاک و محیط دارای تأثیر متفاوتی هستند، توسط کارشناسان متخصص طبق پرسش‌نامه این روش، به هرکدام وزنی بین یک تا نه تحت عنوان مقادیر ترجیحی مقایسات زوجی اختصاص یافت (Saaty, 1980 & 2004) و به منظور محاسبه وزن نهایی ماتریس‌های ارزیابی، از نرم‌افزار *Expert Choice* استفاده شد. این نرم‌افزار، وزن نهایی هر پارامتر و نرخ ناسازگاری کل پارامترها را محاسبه می‌نماید (Farajzadeh & Mirzabayati, 2007).

مرحله سوم

در این مرحله برای پیدا کردن نقاط ایده آل مثبت A^+ و منفی A^-، روابط زیر را اجرا گردید (Chen & Tsao, 2008; Juan *et al.*, 2013):

(رابطه۵)

$$A^+ = \{(Max\ v_ij \mid j \in J), (Min\ v_ij \mid j \in J') \forall i = 1,2,\dots,m\} = \{\langle v_1\rangle^+, \langle v_2\rangle^+, \dots, \langle v_n\rangle^+\}$$

در این روابط j معیارهای از نوع مثبت و J´ معیارهای از نوع منفی هستند

(رابطه۶)

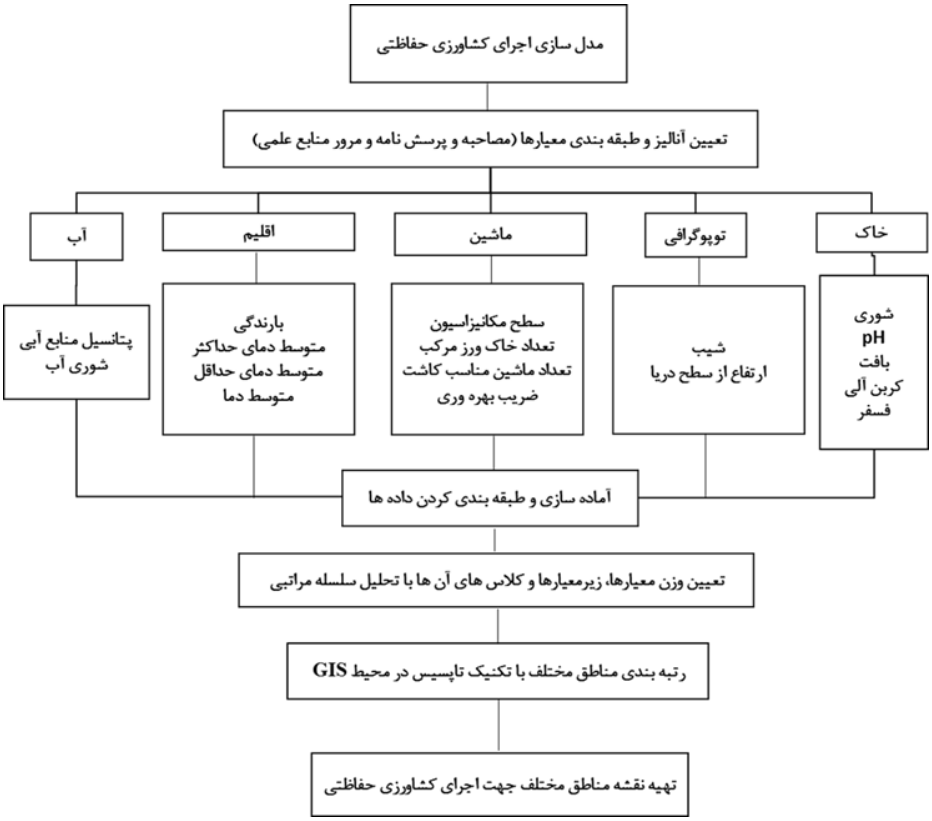
$$A^- = \{(Min\ v_ij \mid j \in J), Max\ (Max\ v_ij \mid j \in J')\forall i = 1,2,\dots,m\} = \{\langle v_1\rangle^-, \langle v_2\rangle^-, \dots, \langle v_n\rangle^-\}$$

مرحله چهارم

محاسبه فاصله‌ها (S_i^+, S_i^-)؛ در فضای اقلیدسی فاصله هندسی تک‌تک گزینه‌ها نسبت به A^+ و A^- به دست آمدند. این فاصله برای هر گزینه از ایده آل مثبت و ایده آل منفی به‌وسیله فاصله اقلیدسی n بعدی حساب شد. با این حال فرض بر این بود که S_i^+ فاصله گزینه i از A^+ و S_i^- فاصله گزینه i از A^- و i=1,2,…,n باشد (Chen & Tsao, 2008; Juan *et al.*, 2013):

(رابطه۷)

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}$$



شکل ۲. نحوه مدل‌سازی و تحلیل امکان‌سنجی در اجرای کشاورزی حفاظتی محدوده مورد مطالعه

(رابطه۸)
$$S_i^{+} = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^{+})^2}$$

مرحله پنجم

محاسبه نزدیکی به حالت ایده آل (C_i)؛ نزدیکی نسبی گزینه A_j به صورت رابطه ۹ تعریف گردید:

(رابطه۹)
$$C_i = \frac{S_i^{-}}{S_i^{-} + S_i^{+}} \quad 0 < C_i < 1$$

در این مرحله معیارهای نزدیکی به نقطه ایده آل مثبت و یا دوری از نقطه ایده آل منفی انتخاب و گزینه‌ها تحت آن بررسی و اولویت‌بندی شدند. بایستی توجه داشت درصورتی‌که در هنگام محاسبات مرحله چهارم به گزینه‌ای برخورد شد که دقیقاً روی نقطه ایده آل مثبت افتاد ($S_i^{+}=0$) یعنی بهترین حالتی است که می‌توانست رخ دهد، اتفاق افتاده و گزینه‌ای دارای شرایط ایده آل وجود دارد و همان‌جا محاسبات برای پیدا کردن گزینه بهینه متوقف می‌گردد (Chen & Tsao, 2008; Juan *et al.*, 2013).

مرحله ششم

رتبه‌بندی کردن گزینه‌ها؛ در این مرحله که مرحله پایانی است، بعد از به دست آوردن نسبت دوری برای تمامی گزینه‌ها، با مرتب کردن آن‌ها، گزینه‌ای که دارای مقدار نسبت دوری بیشتری باشد، از ارجحیت بیشتری برای انتخاب برخوردار است (Chen & Tsao, 2008).

تبیین روش تاپسیس در محیط *GIS*

همان‌طوری‌که قبلاً نیز ذکر گردید این روش صرفاً برای رتبه‌بندی مناطق موردنظر برای توسعه کشاورزی حفاظتی به‌کاربرده شد. بدین‌صورت که ابتدا معیارها و زیرمعیارهای آن‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی مورد مقایسه زوجی قرارگرفته و وزن آن‌ها، تعیین گردید. سپس لایه‌های آماده‌شده در محیط *GIS* شامل لایه‌های؛ مکانیزاسیونی، خاک، اقلیم، آب و توپوگرافی، برای هر محصول به تفکیک فراخوانی شده و با استفاده از دستور *Raster calculator* که قابلیت فرمول نویسی دارد، حالت‌های ایده آل مثبت و ایده آل منفی برای لایه‌های تولیدی بر مبنای چهار مرحله اول انجام *TOPSIS*، به دست آمد. در مراحل پنجم و ششم، لایه نهایی برای هر محصول به‌صورت جداگانه تهیه گردید و در پایان نیز در جهت یافتن فصل مشترک نقاط قابل توسعه برای کشاورزی حفاظتی، هر سه لایه با همدیگر با استفاده از دستور *union* در محیط *GIS* ترکیب و لایه جدیدی آماده شد. این لایه خصوصیات هر سه لایه

تشکیل‌شده از وضعیت کشاورزی حفاظتی برای محصولات مورد مطالعه را داشته و فصل مشترک آن‌ها با استفاده از رابطه ۱۰ در زبانه *select by attribute*، تعیین گردید.

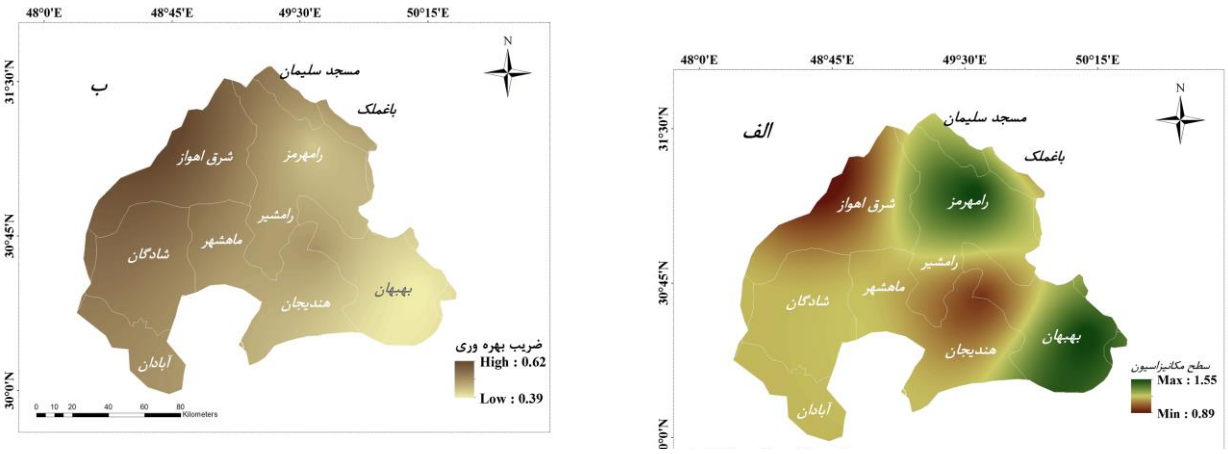
(رابطه ۱۰)

("gridcode" = 1 and "gridcode_ 1" = 1 and "gridcode_2"=
("gridcode" = 2 and "gridcode_ 1"
= 2 and "gridcode_2"= 2) or
("gridcode" = 3 and "gridcode_1"
= 3 and "gridcode_2" = 3) or
("gridcode" = 4 and "gridcode_1"
= 4 and "gridcode_2" = 4) or
("gridcode" = 5 and "gridcode_1"
= 5 and "gridcode_2" = 5)

در این رابطه از *and* برای هم‌پوشانی نقاط مشترک لایه‌ها و از *or* برای جمع آن نقاط در منطقه مطالعاتی استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تهیه لایه سطح مکانیزاسیون نشان داد که این سطح بسته به وضعیت مناطق مختلف از ۰/۸۹ تا ۱/۵۵ اسب بخار بر هکتار متفاوت بوده است (شکل ۳ الف). همانطوری‌که ملاحظه می‌گردد، بیشترین مقدار سطح مکانیزاسیون در محدوده شهرستان‌های بهبهان و رامهرمز و کمترین مقدار آن در بخش شمال غربی شهرستان هندیجان و شرق شهرستان اهواز به دست آمده است. از طرفی درجه مکانیزاسیون کشاورزی استان خوزستان که منطقه مورد مطالعه بخشی از آن است، برای فعالیت‌های خاک‌ورزی و کاشت به سبب انرژی زیاد مورد نیاز، در شرایط آبی حدود ۱۰۰ درصد اعلام شده است (Safari *et al.*, 2005). بنابراین منطقه مورد مطالعه از نظر تأمین توان تراکتوری برای انجام این فعالیت‌ها محدودیتی ندارد. Almassi *et al.* (2008) اعلام نمودند که هر چه درجه مکانیزاسیون برای عملیات‌های کشاورزی بیشتر و سطح مکانیزاسیون کمتر باشد، نشانگر مدیریت بهتر ماشینی و زراعی است. البته با توجه به محدودیت‌ها و عوامل متعدد و مؤثر در کاهش بهره‌وری از منابع تولید، سطح مکانیزاسیون نباید از یک مقدار کمینه کمتر باشد.

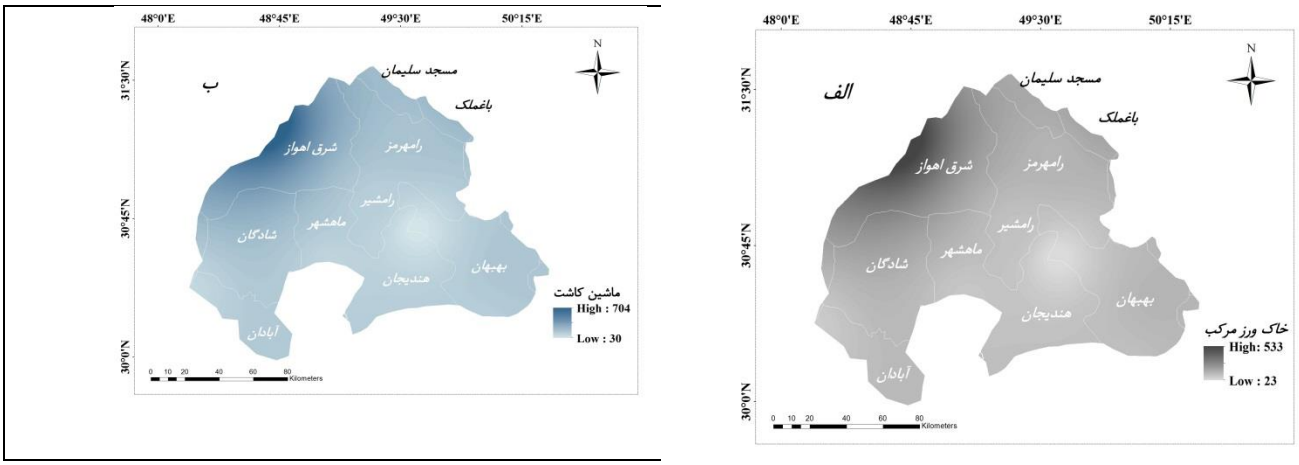


شکل ۳. نقشه حاصله از لایه‌های: الف) سطح مکانیزاسیون و ب) ضریب بهره‌وری

در تهیه لایه ضریب بهره‌وری مشخص گردید که شهرستان‌های بهبهان و رامهرمز با ۰/۳۹ کمترین مقدار و منطقه شرقی شهرستان اهواز با ۰/۶۲ بیشترین مقدار را دارد (شکل ۳ ب). این ضریب در محدوده زمانی ۲۵ روز تقویم زمانی تعیین‌شده برای استان خوزستان (Safari *et al.*, 2005) که بیشترین تراکم عملیات ماشینی در آن صورت می‌گیرد، تعیین شده است. نقشه حاصله از این لایه نشان می‌دهد که زارعین و بهره‌برداران منطقه شرقی شهرستان اهواز، مدیریت بهتری نسبت به سایر مناطق در خصوص سرویس و نگهداری، برنامه‌ریزی و فعالیت برای اجرای عملیات ماشینی، داشته‌اند. این موارد از دیدگاه کارشناسان مکانیزاسیون، از مزایای ضریب بهره‌وری بالا است (Almassi *et al.*, 2008).

لایه وضعیت موجود ماشین‌های خاک ورز مرکب و کاشت که قادر باشند حداقل‌های شرایط موردنیاز برای اجرای کشاورزی حفاظتی ازجمله باقی گذاشتن ۳۰ درصد از بقایای محصول سال قبل روی سطح زمین پس از کشت را داشته

باشند، تهیه شد (شکل ۴- الف و ب). در این لایه‌ها که بر اساس مطابقت تعداد ماشین موجود و تعداد ماشین مورد نیاز در بیشترین زمان تراکم کاری صورت گرفت، محدودیتی ازلحاظ تأمین هر دو ماشین وجود نداشت. بنابراین هر شهرستان به تعداد کافی ماشین مرکب خاک ورز و ماشین کاشت برای اجرای کشاورزی حفاظتی را در اختیار دارد. این شرایط در رتبه‌بندی مناطق با روش چند معیاری تاپسیس، برای این معیار، حالت ایده آل نام دارد (Chen & Tsao, 2008). با این حال علی‌رغم وجود ماشین‌های مورد نیاز برای اجرای فعالیت‌های نوین کشاورزی، به طور کلی عملکرد محصول در منطقه مورد مطالعه نسبت به میانگین کشوری پایین‌تر است. دلیل این امر احتمالاً عدم رعایت سایر اصول کشاورزی است. Almassi *et al.* (2008) در خصوص دلایل احتمالی عدم افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در ایران به واسطه استفاده از ماشین، اعلام نمودند که علاوه بر مدیریت صحیح در به‌کارگیری ماشین، تناسب سایر عوامل از جمله شرایط آب و هوایی، خاک، رعایت مبانی علمی زراعت و مبارزه با آفات و امراض نیز لازم است.



شکل ۴. لایه تهیه شده از وضعیت موجود : (الف) تعداد خاک ورز مرکب و ب) تعداد ماشین کاشت

در ادامه لایه‌های حاصله از عوامل : اقلیمی (بارندگی ، متوسط دمای حداکثر و حداقل و متوسط دما) : خاک (شوری، PH ، بافت ، درصد کربن آلی و فسفر) : آب (پتانسیل منابع آبی و شوری آن)؛ توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و شیب اراضی) به همراه لایه‌های مکانیزاسیونی، نیز پس از ایجاد در محیط نرم‌افزاری *GIS* بر اساس منابع علمی موجود و دستورالعمل فائو برای هر محصول به صورت جداگانه طبقه‌بندی شدند. سپس برای تعیین ارزش واقعی لایه‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط نرم‌افزاری *Expert choice* اقدام شد (جدول ۲). نتایج حاصله از مقایسات زوجی توسط کارشناسان نشان داد که در منطقه مورد مطالعه عامل پتانسیل منابع آبی با ۰/۳۹۴۸ بیشترین ارزش و فسفر خاک با ۰/۰۰۵۲ کمترین میانگین وزنی را داشته است. این اوزان برای عوامل ماشینی سطح مکانیزاسیون ۰/۰۷۷۸، ضریب بهره‌وری ۰/۰۵۴۹، خاک ورز مرکب ۰/۰۳۸۸و ماشین کاشت ۰/۰۲۷۵ بود. نرخ ناسازگاری در این وزن‌دهی ۰/۰۸ بود که عدد قابل قبولی است (Saaty, 1980 & 2004).

پس از تعیین وزن معیارها و زیر معیارها، از روش چند معیاری تاپسیس برای رتبه بندی مناطقف استفاه گردید. بدین منظور تعداد ۱۷ لایه اطلاعاتی برای هر محصول به صورت جداگانه ایجاد و حالات ایده‌آل مثبت و منفی آن‌ها در محیط نرم‌افزاری GIS تهیه شدند.

(شکل ۶ الف و ب) و در نهایت حالت ایده آل هر محصول نیز به وجود آمد. شکل (۵ الف و ب و شکل ۶ ب)، نقشه لایه‌های یادشده را برای محصول گندم نشان می‌دهند. برای تهیه لایه حالت ایده آل دو محصول نخود و کلزا نیز به همین صورت عمل شد. سپس لایه نهایی حالت ایده آل برای هر محصول با لایه کاربری اراضی آبی محدوده مطالعاتی (شکل ۶ الف)، هم‌پوشانی و مناطق مختلف بر اساس دستورالعمل فائو رتبه‌بندی گردیدند (جدول ۳ و شکل ۷).

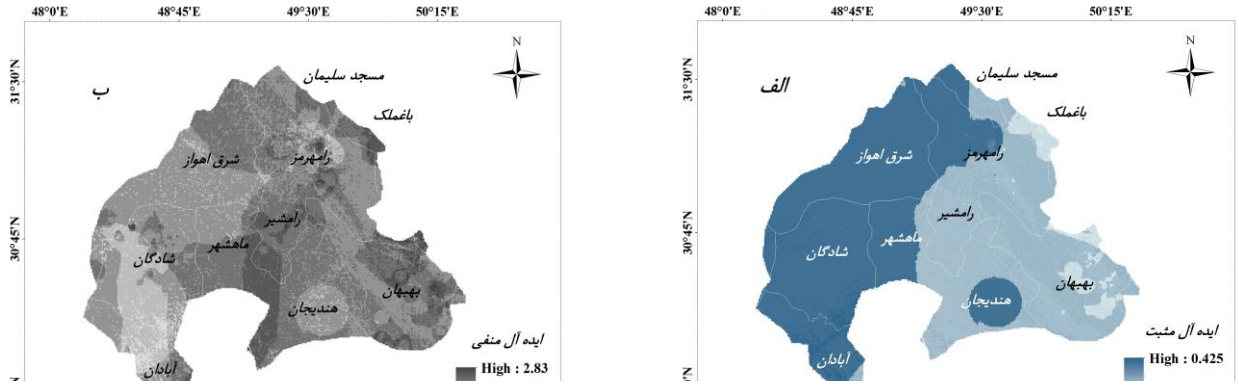
تحلیل نقشه نهایی

در این پژوهش نقشه نهایی امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی، از تلفیق تعداد ۵۱ لایه اطلاعاتی در سه سطح محصول، به دست آمد. این نقشه به وضوح، سطوح مستعد اجرای این سامانه را بر پایه دستورالعمل فائو تعیین نموده است. علاوه بر این نقشه، مندرجات جدول (۳) نیز امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی را با انتخاب سه نوع محصول گندم، نخود و

کلزا مشخص می‌نماید. نیازهای ماشینی هر سه محصول از جمله کاشت، داشت و برداشت مشابه می‌باشد. در این جدول از مجموع ۳۰۸۰۰۰ هکتار اراضی آبی در محدوده مطالعاتی تنها ۲ درصد (۶۱۸۹ هکتار)، شرایط بسیار مناسبی برای کاشت محصول نخود در دوره سه ساله اجرای کشاورزی حفاظتی را دارد. این در حالی است که در این طبقه محصولات گندم و کلزا به ترتیب با ۳/۲ درصد (۹۹۲۶ هکتار) و ۱۰/۵ درصد (۳۲۱۳۶ هکتار) در شرایط تأمین منابع تولید یکسان، وضعیت بهتری دارند. از آنجایی که بر اساس نتایج حاصله از این مطالعه، از میان عوامل مؤثر و تعیین شده در اجرای این پژوهش هر چهار عامل مکانیزاسیونی به همراه عوامل اقلیمی و پتانسیل منابع آبی در دوران رشد زراعت محصولات یادشده، حالت ایده آلی داشتند، محدودیتی در این زمینه وجود نداشت؛ ولی سایر عوامل در این اختلاف تأثیرگذار بودند. نتایج نشان داد که از میان این عوامل، شوری خاک و آب به واسطه گستردگی و وفور در منطقه مورد بررسی، محدودکننده‌ترین عامل بودند. میزان تحمل به شوری محصولات نخود، گندم و کلزا به ترتیب ۲، ۴ و ۱۱ دسی زیمنس بر متر اعلام شده است. در این شرایط محصول نخود نسبت به شوری خاک و شوری آب موجود در منطقه مطالعاتی، حساسیت بیشتری داشته و طبیعتاً گسترش کشت آن در طبقه بسیار مناسب منطقه، با محدودیت مواجه شده است. بنابراین برای اجرای کشاورزی حفاظتی با حداقل مدت زمان سه سال زراعی در منطقه مورد مطالعه با محصولات یاد شده، ۱/۶ درصد (۵۰۳۰ هکتار) در طبقه بسیار مناسب و ۱۴/۵ درصد (۴۴۵۹۵ هکتار) در طبقه مناسب و مابقی اراضی در سایر طبقات تعیین‌شده واقع‌شده‌اند. از میان این طبقات طبقه بسیار مناسب فاقد هرگونه محدودیت، طبقه مناسب با کاهش ۱۵ درصدی عملکرد محصول و سایر طبقات تناسب متوسط، تناسب کم و نامناسب به ترتیب با کاهش ۳۵، ۶۰ و بیشتر از ۶۰ درصد کاهش عملکرد، مواجه هستند (جدول ۱). از نظر موقعیت جغرافیایی نیز سطوح قابل کشت حفاظتی در طبقه بسیار مناسب در شهرستان‌های بهبهان و باغملک و در طبقه مناسب نیز در شهرستان‌های رامشیر، بهبهان، رامهرمز و هندیجان واقع شده‌اند (رنگ‌های بنفش و آبی در شکل ۷).

جدول ۲. وزن نهایی عوامل مؤثر بر اجرای کشاورزی حفاظتی در منطقه مورد مطالعه

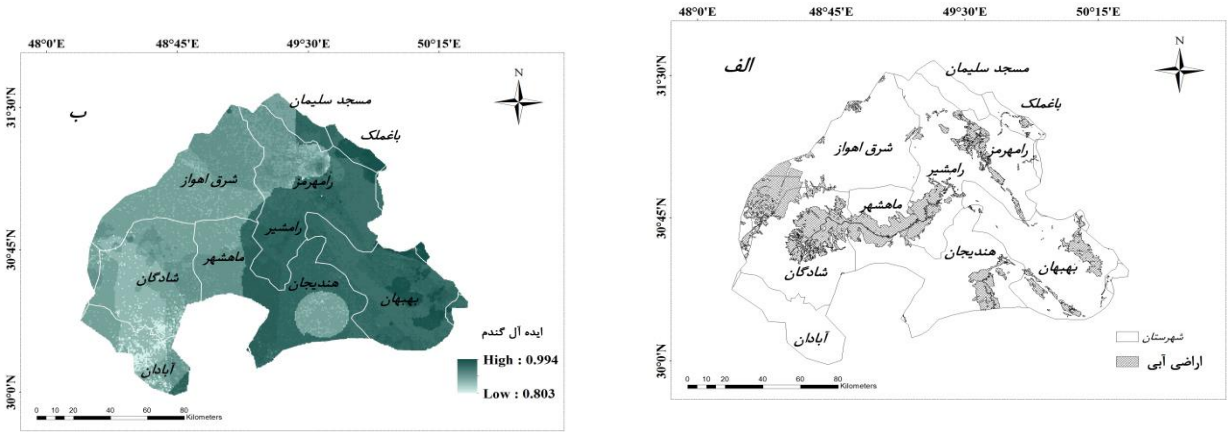
نام معیار	ماشین				خاک					جمع
	سطح مکانیزاسیون	ضریب بهره‌وری	خاک ورز مرکب	ماشین کاشت	شوری	pH	بافت	درصد کربن آلی	فسفر	
وزن نهایی	۰/۰۷۷۸	۰/۰۵۴۹	۰/۰۳۸۸	۰/۰۲۷۵	۰/۰۹۱۶	۰/۰۳۲۱	۰/۰۱۴۵	۰/۰۱۹۷	۰/۰۰۵۲	۰/۳۶۲
نام معیار	اقلیم			توپوگرافی			آب			
	بارندگی	متوسط حداکثر دما	متوسط حداقل دما	متوسط دما	ارتفاع	شیب	پتانسیل منابع آبی	شوری		
وزن نهایی	۰/۰۱۵۴	۰/۰۶۴۴	۰/۰۰۹۴	۰/۰۱۸۸	۰/۰۴۶۶	۰/۰۰۹۴	۰/۳۹۴۸	۰/۰۷۹۲		۰/۶۳۸
جمع	۱									



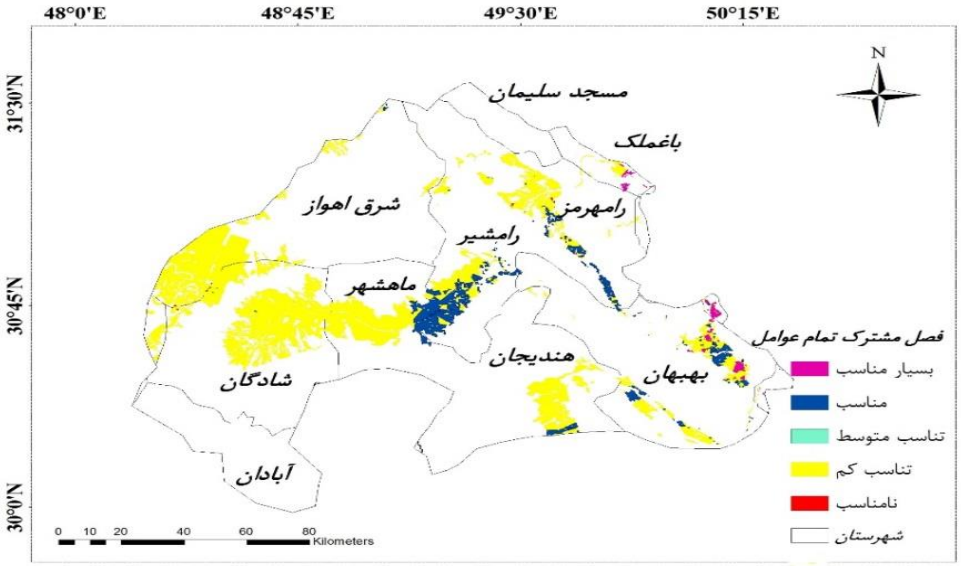
شکل ۵. نقشه‌های تهیه شده از کاربرد روش تاپسیس برای تهیه لایه‌های ایده آل مثبت (الف) و منفی گندم آبی (ب)

جدول ۳. وضعیت اجرای کشاورزی حفاظتی بر مبنای سه محصول مختلف در حوضه مارون استان خوزستان (هکتار)

طبقه	محصول						فصل مشترک هر سه محصول در شرایط کشاورزی حفاظتی	
	نخود	درصد	گندم	درصد	کلزا	درصد	ترکیب محصولات	درصد
بسیار مناسب	۶۱۸۹	۲	۹۹۲۶	۳/۲	۳۲۱۳۶	۱۰/۵	۵۰۳۰	۱/۶
مناسب	۸۹۹۷۹	۲۹/۱	۷۳۶۶۹	۲۳/۹	۶۳۲۵۵	۲۰/۵	۴۴۵۹۵	۱۴/۵
تناسب متوسط	۵۳۵۵۱	۱۷/۳	۱۵۸۸۸	۵/۲	۱۳۳۵۰۰	۴۳/۳	۴۰۱۰۹	۱۳
تناسب کم	۱۵۴۵۰۰	۵۰/۱	۲۰۷۰۰۰	۶۷/۲	۷۲۱۲۸	۲۳/۴	۲۰۷۸۷۱	۶۷/۵
نامناسب	۴۷۰۱	۱/۵	۱۵۱۷	۰/۵	۶۹۸۱	۲/۳	۱۰۳۹۵	۳/۴
جمع	۳۰۸۰۰۰	۱۰۰	۳۰۸۰۰۰	۱۰۰	۳۰۸۰۰۰	۱۰۰	۳۰۸۰۰۰	۱۰۰



شکل ۶. الف: نقشه اراضی آبی حوضه مارون و ب: نقشه تهیه شده از کاربرد روش تاپسیس برای تهیه لایه ایده آل گندم آبی



شکل ۷. نقشه نهایی امکان‌سنجی اجرای کشاورزی حفاظتی

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از تهیه لایه‌های اطلاعاتی عوامل مختلف مکانیزاسیون، اقلیم، خاک، توپوگرافی و پتانسیل منابع آبی با روش چند معیاری تاپسیس در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان داد حوضه مارون که در شرق و جنوب شرقی استان خوزستان واقع شده، درجات مختلفی از ظرفیت اجرای کشاورزی حفاظتی را دارا است. بر مبنای این نتایج، ۱/۶ و ۱۴/۵ درصد از کل سطوح اراضی موجود در محدوده مطالعاتی، به ترتیب در طبقات بسیار مناسب و مناسب برای اجرای کشاورزی حفاظتی بر اساس دستورالعمل فائو قرار گرفتند. در این میان تعیین موقعیت اراضی با طبقات بسیار مناسب (بدون محدودیت) و مناسب (با کاهش ۱۵ درصدی عملکرد) جهت رسیدن به اهداف این مطالعه، به مطلوب بودن اثر کشت تناوبی محصولات، کاهش مصرف سوخت و پایداری تولید کمک خواهد نمود. این نتایج همچنین توانایی سامانه اطلاعات جغرافیایی را به عنوان یک ابزار سریع و کارا برای ارزیابی قابلیت ترکیب عوامل مختلف و موثر بر تولید محصولات کشاورزی، با حداقل هزینه و کمترین زمان، مشخص نموده و می‌تواند برای سیاست‌گذاران و تولیدکنندگان مفید واقع شود.

REFERENCES

Almassi, M., Kiani, S. & Loveimi, N. (2008). *Principles of agricultural mechanization*, Hazrat Masomeh Publication. pp. 236. (In Farsi).

Alvear, M.A., Rosas, J.L. & Rouanet, F.B. (2005). Effects of three soil tillage systems on some biological activities in an Ultisol from southern Chile. *Soil Tillage Research*, 82, 195-202.

Apaydin, H., Kemal Sonmez, F. & Ersoy Yildirim, Y. (2004). Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey. *Climate Research*, 28, 31-40.

Asoodar M. A. & Sabzehzar, H. (2008). *Tillage: Fundamental of machine operation*. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Agricultural Education Press. pp. 343. (In Farsi)..

Bishop, C. (1997). *A guide to preparing an agricultural mechanization strategy*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. pp. 37.

Bruinsma, J. (2003). *Agriculture towards 2015/2030*: An FAO Perspective, from http://www.fao.org/.

Campbell, C.A., McConkey, B.G., Zentner R.P., Dyck F.B., Selles F. & Curtin D. (1995). Carbon sequestration in a Brown Chernozem as affected by tillage and rotation. *Canadian Journal of Soil Science*, 75, 449-458.

Campbell, C.A., McConkey, B.G., Zentner R.P., Dyck F.B., Selles F. & Curtin D. (1996a). Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and N in a clay soil in south-western Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, 76, 395 – 401.

Campbell, C.A., McConkey, B.G., Zentner R.P., Dyck F.B., Selles F. & Curtin D. (1996b). Tillage and crop rotation effects on soil organic C and N in a coarse-textured Typic Haploboroll in south-western Saskatchewan. *Soil Tillage Research*, 37, 3-14.

Ceballos-Silva, A. & Lopez-Blanco, J. (2003). Delineation of suitable areas for crops using a multi-criteria evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in central Mexico. *Agricultural Systems*, 77 (2), 117-136.

Chen, T.y. & Tsao, C.Y. (2008). The interval-valued fuzzy TOPSIS method and experimental analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, 159, 1410-1428.

Derpsch, R. & Friedrich, T. (2009). Global Overview of Conservation Agriculture Adoption. Proceedings, Lead Paper, *4th World Congress on Conservation Agriculture*, 4-7 February, New Delhi, India, pp. 429-438.

Diekow, J., Mileniczuk, J., Knicker, H., Bayer, C., Dick, D.P. & Kögel-Knabner, I. (2005). Soil C and N stocks affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. *Soil Tillage Research*, 81, 87-95.

Farajzadeh, M. & Mirzabayati, R. (2007). Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabour plain using GIS. Tarbiat Modarres University. *Journal of Modarres Human Sciences*, 50, 67-92. (In Farsi)

Food and Agriculture Organization. (1984). Guidelines for land evaluation for rainfed agriculture. *Soils bulletin*, No. 52. Rome, FAO, from http://www.fao.org/.

Food and Agriculture Organization. (1985). Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. *Soils Bulletin*, No. 55. Rome, FAO, from http://www.fao.org/.

Food and Agriculture Organization. (2008). *Investing in Sustainable Crop Intensification*: *The Case for Soil Health*. Report of the International Technical Workshop, FAO, Rome, July. Integrated Crop Management, Vol. 6, Rome, FAO. http://www.fao.org/.

Food and Agriculture Organization. (2011a). Save and Grow, a policymaker's guide to sustainable intensification of smallholder crop production. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, Rome. pp. 116. from http://www.fao.org/.

Food and Agriculture Organization. (2014). *Sustainable Agricultural Mechanization and Conservation Agricultur*, *from*

http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/scpi-home/managing-ecosystems/samandca/en/.

Food and Agriculture Organization. (2014b). *CA Adoption Worldwide*, from http://www.fao.org/ag/ca/6c.html.

Friedrich, T. & Kassam, A. (2009). Adoption of Conservation Agriculture technologies. In: ICAR (eds.): *Proceedings of the 4th World Congress on Conservation Agriculture*,4-7 Feb. New Delhi, India, pp. 257-264.

Friedrich, T., Kassam, A.H. & Shaxson, F. (2009). *Conservation Agriculture*, in: Agriculture for Developing Countries, Science and Technology Options Assessment (STOA) Project, European Technology Assessment Group, Karlsruhe, Germany, from https://www.echocommunity.org/.

Ghaffari, S. R., Shafghi, S. & Salehi, N. (2010). Evaluation of Urban Land Use Compatibility Using Fuzzy MCDM, *Urban and Regional Studies and Research*, 1(4), 59-76.

Ghahroodi Tali, M. (2002). Assessment of Kriging Interpolation, *Geographical Research*, Tehran University Press, Iran, 34, 95-108.

Ghodsipour. H. (2013). *Process Heiralchy Analytical*. Amirkabir university of Technology. pp. 224. (In Farsi)

Giardini L., Borin M., Giupponi C. & Bonini Baraldi A. 1997. La classification agronomic del territorio: proposta metodologica del sistema CAT II. *Journal of Genio Rurale*, 5, 53–64.

Godfray, H. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Journal of Science*, 327, 812–818.

Grace, P.R, Harrington L., Jain M.C. & Robertson G.P. (2003). *Long-term sustainability of the tropical and subtropical rice–wheat system: an environmental perspective*. In: Ladha J.K, Hill J, Gupta R.K, Duxbury J, Buresh R.J, editors. Improving the productivity and sustainability of rice–wheat systems: issues and impact. ASA special publications 65. ASA; Madison, WI: 2003, ch. 7, pp. 27-43.

Grassano, N., Tedone, L., Verdini, L. & De Mastro, G. (2011). Evaluation of rapeseed cultivation suitability in Apulia with GIS multi criteria analysis. *Italian Journal of Agronomy*, 6 (2), 101-105.

Hall, O., Duit, A. & Caballero, L.N.C. (2008). World poverty, environmental vulnerability and population at risk for natural hazards. *Journal of Maps*, 4 (1), 151-160.

Hassani Pak, A.A. (2013). *Geostatistics*. Tehran University Press, Iran, pp. 328. (In Farsi)

Heidary, M. D., Pishgar Komaleh, S. H. & Omid, M. (2010). Selection the most appropriate harvesting combine with analytical hierarchy process technique, *Fifth National Conference New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University of Khorasgan* (Isfahan), Faculty of Agriculture, 27-28 June, from https://www.civilica.com/Paper-AGRIDEA05-AGRIDEA05_345.html. (In Farsi).

Hobbs P.R. & Gupta R.K. (2003). *Resource conserving technologies for wheat in rice–wheat systems*. In: Ladha J.K, Hill J, Gupta R.K, Duxbury J, Buresh R.J, editors. Improving the productivity and sustainability of rice–wheat systems: issues and impact. Paper 7, ASA special publications. vol. 65. ASA; Madison, WI: 2003. pp. 149-171.

Houshyar, E., Sheikh-Davoodi, M.J., Almassi, M., Bahrami, H., Azadi H., Omidi, M., Sayyad, G. & Witlox, F. (2014). Silage corn production in conventional and conservation tillage systems. Part 1: Sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling. *Ecological Indicators*, 30, 102-114.

Jehad Agricultural Organization of Khouzestan Provience (JAOKP). (2014). *Annual agricultural statistics*, from http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx.

Juan, M., Jeronimo t.s., Pedro. L. & Socorro, M. (2013). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 544-566.

Kassam A., Friedrich, T., Shaxon, F. & Pretty, J. (2009). The spread of conservation agriculture: Justification, Sustainability and Uptake. *International Journal of Agricultural sustainability*, 7(4), 292-320.

Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., Lahmar, R., Mrabet, R., Basch, G., Gonzalez- Sanchez, E. J. & Serraj. R. (2012). Conservation Agriculture in the dry Mediterranean climate, *Field Crops Research*, 132(14), 7-17.

Kazemi, H. (2014). Ecological zoning of agricultural lands in Gorgan for sunflower cultivation. *Journal of Plant Production*, 21(1), 25-47. (In Farsi).

Kazemi, H. & Sadeghi, S. (2014). Land suitability evaluation of Aq-Qalla region for rainfed Chickpea cropping by Boolean logic and analytical hierarchy process. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, 1, 1-19. (In Farsi).

Kepner, R. A., Bainer, R. & Barger, E. L. (1978). *Principles of Farm Machinery* (3th ed.). AVI Publishing Company, Inc. Westport, USA, pp. 527.

Koocheki, A. & Banayan Avval, M. (2004). *Agriculture Grain*. Mashhad University Press. pp. 236. (In Farsi)

Lak, M.B. & Almassi, M. (2011). An analytical review of parameters and indices affecting decision making in agricultural mechanization. *Australian Journal of Agricultural Engineering (AJAE)*, 2(3), 140-146.

Le Canh D. & Tran T. (2012). Integration of GIS, Group AHP and TOPSIS in Evaluating Sustainable Land-Use Management, *International*

Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, from http://gisws.media.osaka-cu.ac.jp/gisideas12/viewabstract.php?id=467.

Loveimi, N. & Almasi, M. (2003). Investigation of the status of mechanization in north of Ahwaz county. *Iranian Journal of science and technology*, 7(2), 227-239. (In Farsi)..

Ministry of Agriculture Jihad of Iran (MAJI). (2016). *Annual agricultural statistics*, from http://www.maj.ir/portal/Home/

Nasroallahi, N., Kazemi, H., & Kamkar, B. (2015). Feasibility of Annual alfalfa cropping in Aq-Qalla Township (Golestan Province). *Journal of Agroecology*, 7(3), 397- 411. (In Farsi)..

Ninyerola, M., Pons, X. & Roure, J.M. (2000). A methodological approach of climatologically modeling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology*, 20, 1823-1841.

Pourkhabbaz, H. R., Javanmardi, S. & Faraji Sabokbar, H. A. (2014). Suitability Analysis for Determining Potential Agricultural Land Use by the Multi-Criteria Decision Making Models SAW and VIKOR-AHP (Case study: Takestan-Qazvin Plain). *Journal of Agricultural Science Technology*, 16, 1005-1016.

Rahman R. & Saha S.K. (2008). Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and Analytical Hierarchy Process in optimal cropping pattern planning for a flood prone area. *Journal of Spatial Science*, 53(2), 161-177.

Rajabi, M. R., Mansoorian, A. & Taleei, M. (2011). Comparison of multi-criteria decision-making methods AHP, AHP_OWA and Fuzzy AHP_OWA to locate residential complexes in the city of Tabriz, *Iranian Journal of Ecology*, 37 (57), 77-92. (In Farsi).

Rashid Sorkh Abadi, M., Shahidi, A. & Khashel Siuki, A. (2015). Spatial zoning of saffron cultivation based on climate factors using hierar analysis process method (case study: Torbat hydariyeh city). *Journal of Agroecology*, 7(2), 225-236. (In Farsi).

Reid, J. F, Norris, W. R. & Schueller, J. (2003). Reducing the manufacturing and management costs of tractors and agricultural equipment. Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Science, from http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejounral/article/view/491.

Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I. & Jana, R. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Journal of Agricultural Systems*, 101,101-109.

Roldán, A., Caravaca, F., Hernández, M.T., García, C., Sánchez-Brito, C., Velásquez, M. & Tiscareno, M. (2003). No-tillage, crop residue additions, and legume cover cropping effects on soil quality characteristics under maize in Patzcuaro watershed (Mexico). *Soil and Tillage Research*, 72, 65-73.

Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill Comp., New York, pp. 54-55.

Saaty, T.L. (1994). Highlights and Critical Points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Rese*, 74, 426-447.

Saaty, T.L. (2004). *Mathematical Methods of Operations Research*. Dover Publications, Mineola, pp. 415-447.

Safari, M., Khosravani, A., Zarifneshat, S., Asadi, A., Shamabadi, R., Lovaimi, N., Adelzadeh, R., Saati, M., Azadshahraki, Sh., & Hedayatipoor, A. (2005). Determination of mechanization index in tillage by tractor and moldboard plow in 10 provinces of Iran. *Final report of research project*, *Agricultural Engineering Research Institute*, Karaj, Iran. (In Farsi).

Sarkheil, H. & Navid, H. (2010). Evaluate and choose between four types of tractors to tractors of Analytic Hierarchy Process in the range 30-90 kW power, *The Sixth National Congress of Agricultural Engineering and Mechanization*, Tehran, Tehran University, from https://www.civilica.com/Paper-NCAMEM06-NCAMEM06_070.html .

Sarmadian, F. & Taati, A. (2014). Agroecological zoning of the Qazvin area for wheat using RS and GIS. *Journal of Agroecology*, 7(3), 368-380. (In Farsi).

Sims, B. & Kienzle, J. (2015). Mechanization of Conservation Agriculture for Smallholders: Issues and Options for Sustainable Intensification. *Environments* 2015, 2, 139-166.

Sys, I., Van Ranst, E. & Debveye, J. (1991). Land evaluation. Part1: *Principles in land evaluation and crop production calculations*. General Administration for Development Cooperation. Agricultural Publications, Brussels, Belgium, from https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i10638_001.pdf .

Vagen, T. G., Lal, R. & Singh, B. R. (2005). Soil carbon sequestration in sub-Saharan Africa: a review. *Land Degradation & development*, 16(1), 53-71.

Yohanna, J. K. (2004). A survey of tractors and implements utilization for crop production in Nasarawa State. *Proceedings of 5th international conference of NIAE*, Ilorin, 26, 53-58.

Yoosefzadeh, S. & Firoozi, S. (2016). Study on effective factors to rice extension at Delphi technique in Gilan province. *Iranian Journal of Biosystems Engineering* (IJBSE), 95(1), 83-92. (In Farsi.)..