

# مدلسازی پتانسیل تولید و ارزیابی کمی تناسب اراضی برای کشت گندم در برخی خاک‌های آهکی جنوب بهبهان

ابوالفضل آزادی<sup>۱</sup>، جمال بنی‌نعمه و سیدعلیرضا سیدجلالی

استادیار پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

a.azadi@areeo.ac.ir

مریی پژوهش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

jamal\_nn@yahoo.com

استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

ajalali@areeo.ac.ir

دریافت: آذر ۱۴۰۰ و پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۱

## چکیده

برای شناخت محدودیت‌های محیطی تولید و برنامه‌ریزی صحیح کشت، ارزیابی تناسب اراضی و تخمین پتانسیل امری ضروری است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف، تخمین و مدلسازی پتانسیل تولید با مدل‌های مختلف رگرسیون و ارزیابی کمی تناسب اراضی برای کشت گندم در برخی خاک‌های آهکی جنوب بهبهان صورت گرفت. که جهت نیل به این اهداف از مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی منطقه سردشت بهبهان برای استخراج داده‌های خاک جهت تناسب اراضی استفاده شد، مبنای ارزیابی کیفی، تطابق مشخصات اقلیمی، توپوگرافی و ویژگی‌های خاک منطقه با نیازهای رویشی گندم با استفاده از جداول ساینس در روش پارامتریک ریشه دوم بود و مبنای ارزیابی کمی، عملکرد در واحد سطح و پتانسیل تولید در نظر گرفته شد. پتانسیل تابشی-گرمائی تولید گندم، متوسط پتانسیل تولید زمین با استفاده از روش ریشه دوم و میانگین عملکرد زارع به ترتیب ۷۱۲۱، ۳۸۸۵ و ۳۲۵۵ کیلوگرم در هکتار و نسبتاً مناسب (S<sub>2</sub>) تا نامناسب (N) متغیر می‌باشد، به طوری که غالب اراضی در کلاس تناسب متوسط S<sub>2</sub> قرار دارند و فقط حدود ۵ درصد اراضی در کلاس نامناسب N قرار دارند. بنابراین کاهش عملکرد موجود در برخی واحدهای اراضی بواسطه تأثیر عوامل محدودکننده از قبیل آهک، بافت و شوری و قلیائیت است. طبق نتایج مدلسازی پتانسیل تولید به روش رگرسیون استاندارد و گام به گام، مقادیر ضریب تبیین به ترتیب ۰/۸۴ و ۰/۸۲ و خطای استاندارد (ME) برابر ۰/۵۲ و ۰/۵۹ و در روش منحنی تخمین برای مدل خطی، درجه دوم و درجه سوم، ضریب تبیین به ترتیب ۰/۹۰، ۰/۹۱ و ۰/۹۲ و خطای استاندارد ۰/۵۱، ۰/۵۰ و ۰/۵۰ محاسبه شد. بنابراین روش منحنی تخمین درجه سوم که از مدل رشد فائو برای پیش‌بینی عملکرد محصول استفاده نموده است دارای کارایی بهتری نسبت به مدل رگرسیون استاندارد و گام به گام است که فقط از اثر ویژگی‌های سرزمین و عملکرد مشاهده شده استفاده نموده است. بنابراین با توجه به نقش مؤثر و استراتژیک محصول گندم در منطقه، شناسایی محدودیت‌های تولید اراضی جهت مدیریت بهینه و مدلسازی پتانسیل تولید در منطقه از نتایج این پژوهش می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اراضی، پارامتریک، خاک‌های آهکی، خوزستان، مدل‌سازی

<sup>۱</sup> - آدرس نویسنده مسئول: بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

عملکرد منطقه‌ای محصول را محدود کرده و روش‌های مدیریت را بهبود بخشد، امری ضروری است (بودونگ، ۲۰۰۹). نیاز روز افزون انسان برای تولید غذا و کمبود منابع، ضرورت روش‌های جدید را در شناسایی ظرفیت تولید خاک و انتخاب کاربری متناسب با تولید آن، جهت کمک به تصمیم‌گیران در انتخاب اراضی مناسب و جلب رضایت تولیدکنندگان برای کسب سود زیاد، افزایش می‌دهد (سمرانپونگ و همکاران، ۲۰۰۹). برای دستیابی به این اهداف، تعیین پتانسیل تولید و ارزیابی تناسب اراضی راهکار مناسبی می‌باشد. تخمین پتانسیل تابشی-گرمایی با استفاده از مدل فائو امکان تعیین تولید زیست توده خالص با استفاده از اطلاعات مربوط به اقلیم و گیاه را فراهم می‌سازد. تولید پیش‌بینی شده از تأثیر محدودیت‌های خاک، آب و مدیریت بر تولید پتانسیل حاصل می‌شود. گندم نیز یکی از غلات کلیدی است که در سراسر جهان کشت و کالری اولیه و منبع تغذیه برای میلیون‌ها نفر از مردم جهان را فراهم می‌کند (بکور و همکاران، ۲۰۱۰)؛ و چون عملکرد محصول گندم تحت تأثیر اقلیم، خصوصیات اراضی و مدیریت استفاده از اراضی است و در حال حاضر عملکرد فعلی گندم خیلی پایین‌تر از شرایط ایده‌آل است، استفاده از روش‌های نوین ارزیابی تناسب اراضی می‌تواند با دقت بالا میزان مناسب بودن اراضی را برای کشت گندم مشخص کند و خصوصیتی که موجب کاهش عملکرد می‌شود را شناسایی و برای اصلاح آن‌ها راهکارهایی را در جهت افزایش عملکرد محصول پیشنهاد داد (سید جلالی، ۱۳۹۴). همچنین در هر منطقه می‌توان پتانسیل عملکرد محصول را با دقت بالا تعیین نمود و علل کاهش عملکرد محصول توسط زارع را بررسی نمود؛ که دلیل برآورد صحیح عملکرد محصولات در مزرعه، استفاده از آن در برنامه‌ریزی استفاده از اراضی، تخصیص کردن کشت محصولات در مناطق مختلف، سیاست‌گذاری غذایی، ارزیابی بازگشت اقتصادی و پایداری محصولات بسیار مناسب می‌باشد؛ بنابراین با بگراند فوق مطالعات مختلفی در دنیا انجام شده است که از این جمله نویدی و همکاران (۱۳۹۹)، در

کشاورزی، منبع اصلی درآمد ملی و مواد غذایی همه کشورهای در حال توسعه جهان است. در این زمینه مشکل اساسی بسیاری از مدیران و کشاورزان، زمان و مکان کشت است (عباسی و همکاران، ۲۰۱۹). افزایش جمعیت در کشورهای در حال توسعه، منابع طبیعی و کشاورزی را تحت فشار قرار داده (هانه و همکاران، ۲۰۱۷) و در عین حال، شیوه‌های نامناسب کشاورزی باعث تخریب گسترده خاک شده است (ابد المابد و همکاران، ۲۰۱۹). انتخاب یک روش مناسب ارزیابی اراضی در کشورهای در حال توسعه مانند ایران جهت برنامه‌ریزی فعلی و آینده، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در این راستا، فرایند ارزیابی و تعیین تناسب اراضی، پیش‌شرط کشاورزی پایدار و کلید دستیابی به برنامه‌های صحیح و اصولی کاربری اراضی است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ موسوی و همکاران ۱۳۹۷)؛ و هدف از این فعالیت، آن است که ضمن رسیدن به بیشترین میزان عملکرد، مدیریت صحیح و پیشرفته منابع برای حفظ پتانسیل تولید اراضی برای نسل آینده انجام گردد (ذبیحی و همکاران ۲۰۱۵؛ بارودی ۲۰۱۶). مطالعات اخیر نیز حکایت از این دارد که تقاضای جهانی برای مواد غذایی حداقل تا ۴۰ سال دیگر رو به افزایش است (چارلز و همکاران، ۲۰۱۰).

بنابراین به‌منظور افزایش تولید هر محصولی در واحد سطح باید ظرفیت تولید اراضی انتخاب شده متناسب با نیازهای رویشی آن محصول باشد. برای رسیدن به چنین تناسبی، لازم است تناسب اراضی انتخاب شده برای کشت گیاه، مورد ارزیابی کیفی و کمی قرار گیرد (گیوی و حقیقی، ۱۳۹۴). از طرفی برای تعیین میزان مواد غذایی، لازم است که بر تولید محصولات کشاورزی در مناطق مختلف جهان نظارت شود. افزایش تقاضا برای مواد غذایی در سراسر جهان و منابع محدود در دسترس برای تولید، لزوم استفاده از ابزارهای جدید برای برآورد تولید محصول را می‌طلبد (پادیلا و همکاران، ۲۰۱۲، شاکری و همکاران، ۱۳۹۴)؛ بنابراین شناخت عواملی که پیش‌بینی

یک مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی عملکرد گندم زمستان در استان شاندونگ استفاده کردند. زین‌الدینی میمند و همکاران (۲۰۱۷)، دو روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیون را مدل‌سازی عملکرد و درجه‌بندی ویژگی‌های زمین برای ذرت با در جنوب ایران استفاده کردند. سید جلالی و همکاران (۱۳۹۲ و ۱۴۰۰) مدل‌های رگرسیونی را برای پیش‌بینی عملکرد محصولات گندم و نیشکر مورد استفاده قرار دادند و گزارش کردند که در سالیان گذشته، مدل‌های شبیه‌سازی رشد محصول به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک ابزار مهم برای بررسی رشد محصول و واریته‌ها در شرایط مختلف اقلیمی برای به حداقل رساندن ریسک، مورد استفاده قرار گرفته است؛ و با توجه به خشک بودن ایران و جمعیت رو به افزایش کشور نیاز به مدلی که بتواند که ضمن پیش‌بینی عملکرد محصول به علل کاهش عملکرد نیز پی ببرد و بتوان عملکرد محصول در سطح را افزایش دهد بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین با توجه به موقعیت استان خوزستان در تولید گندم که سالانه در طیف وسیعی از منطقه کشت می‌شود و اینکه گندم از غلات پرمصرف و استراتژیک کشور و منطقه می‌باشد و بایستی با شرایط محلی از جمله مشخصه‌های آب‌وهوا، خاک و زمین‌نما بررسی و تطبیق داده شود، لذا پژوهش پیش رو با هدف مدل‌سازی پتانسیل تولید گندم آبی با مدل‌های مختلف و ارزیابی کمی تناسب اراضی در برخی خاک‌های منطقه سردشت بهبهان در استان خوزستان صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### خصوصیات منطقه پژوهش

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۶۰۰۰ هکتار در ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان بهبهان و ۱۷۰ کیلومتری شرق اهواز بین طول و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۷ دقیقه الی ۳۰ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۲ دقیقه الی ۵۰ درجه و ۱۷ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. اطلاعات مورد نیاز مربوط به داده‌های هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی به منطقه مورد مطالعه

مطالعه‌ای با هدف به‌کارگیری تکنیک‌های فازی، تحلیلی سلسله مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تعیین درجه تناسب اراضی جهت تولید گندم در اراضی به وسعت دشت قزوین، محدودکننده‌ترین خصوصیات در اراضی مورد بررسی برای کشت آبی گندم را به ترتیب شیب، pH، ESP، زهکشی و شوری خاک عنوان کردند. زینالی و همکاران (۱۳۹۵) ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی بخشی از اراضی دشت خوی در استان آذربایجان غربی برای محصولات مهم منطقه شامل گندم، جو، ذرت و آفتابگردان را انجام و نشان دادند مهم‌ترین عوامل محدودیت، شوری و قلیائیت، آهک و اسیدیته می‌باشند. سید جلالی (۱۳۷۸) تناسب کیفی اراضی واقع در منطقه میان آب شوشتر از استان خوزستان را برای کاشت گندم دیم و آبی به چهار روش محدودیت ساده، تعداد و میزان محدودیت‌ها، استوری و ریشه دوم ارزیابی و گزارش نمود که مهم‌ترین عوامل محدودکننده گندم، محدودیت‌های اقلیمی، آهک، زهکشی، شوری و قلیائیت خاک می‌باشند. در این مطالعه همچنین پتانسیل تولید گندم دیم و آبی در واحدهای مختلف اراضی به روش فائو (۱۹۷۹) محاسبه گردیده است. آنالیزهای آماری انجام شده توسط سید جلالی (۱۳۸۷) بین پتانسیل تولید اراضی یا عملکرد پیش‌بینی شده گندم آبی در شرایط فعلی با عملکرد مشاهده شده زارع، نشان‌دهنده تطابق خوب مدل تهیه شده با شرایط منطقه است. سید جلالی (۱۳۹۲) در ارزیابی تناسب اراضی خاک‌های دشت گتوند خوزستان مقدار تولید پتانسیل گندم آبی را ۸ تن در هکتار و ثروتی و همکاران (۱۳۹۳) در منطقه خواجه آذربایجان شرقی تولید پتانسیل گندم را ۷/۲۱ تن در هکتار گزارش کرده‌اند؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع درک شناخت عواملی که پیش‌بینی عملکرد منطقه‌ای محصول را محدود می‌کند و روش‌های مدیریت را بهبود می‌بخشد امری بدیهی می‌باشد. لذا برای پیش‌بینی عملکرد محصول قبل از برداشت، تکنیک‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که روش‌های رگرسیونی نیز یکی از این تکنیک‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که رن و همکاران (۲۰۰۸) از

(ایستگاه سینوپتیک بهبهان) بدست آمد. براساس نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک ایران منطقه دارای رژیم حرارتی هایپرترمیک و رژیم رطوبتی یوستیک می‌باشد. رسوبات دشت مورد مطالعه از رسوبات تبخیری دوره میوسین می‌باشد که پیرامون دشت زیدون و بخش مهمی از حوزه آبریز رودخانه زهره را پوشانده و شامل سازندهای گچساران، میشان و آغاچاری می‌باشد؛ و از لحاظ منابع آب سطحی رودخانه زهره تنها منبع آب قابل استفاده برای آبیاری مزارع ناحیه سردشت زیدون می‌باشد. ضمناً محدوده مورد بررسی به لحاظ فیزیوگرافی شامل سه گروه عمده فیزیوگرافی دشت‌های مرتفع، دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای و دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای می‌باشند.

### مراحل انجام پژوهش

جهت انجام مطالعات ارزیابی تناسب اراضی از مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی سردشت خوزستان (طاهرزاده، ۱۳۶۸) استفاده شد که جهت تهیه نقشه واحدهای اراضی براساس مطالعه خاکشناسی و آنالیزهای موجود و مشاهدات صحرایی ۱۳ خاکرخ به‌عنوان خاکرخ‌های شاهد واحدهای اراضی موجود در منطقه مورد بررسی قرار گرفتند. اطلاعات مربوط به محصول از قبیل تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، طول دوره رشد محصول، طول مراحل دوره رشد محصول، شاخص برداشت (HI)، درصد رطوبت در هنگام برداشت، عملکرد محصول در هکتار نیز از منطقه جمع‌آوری گردید. نیاز ریشی محصول گندم بر اساس اقلیم، خاک و زمین‌نما با توجه به وجود جداول پیشنهادی ساینس و همکاران (۱۹۹۱) و اصلاح شده آن توسط زین‌الدینی میمند و همکاران (۱۳۹۸) برای این تیپ بهره‌وری صورت گرفت. در واقع روش انجام این تحقیق طی سه سلسله مراتب انجام شد در مرحله اول ارزیابی کیفی تناسب اراضی به روش پارامتریک انجام شد، سپس در مرحله دوم تخمین پتانسیل تولید گندم با استفاده از روش مدل رشد فائو (۱۹۷۹) و تخمین پتانسیل تولید اراضی برای گندم با توجه تأثیر عوامل محدودکننده در

خاک که بصورت شاخص خاک به روش پارامتریک محاسبه شده بود برآورد شد؛ و نهایتاً در گام سوم جهت مدل‌سازی و تجزیه و تحلیل داده‌ها از رگرسیون به روش‌های استاندارد، گام به گام و منحنی تخمین استفاده گردید. در رگرسیون به روش استاندارد و گام به گام ویژگی‌های خاک به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد مشاهده شده به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و در روش منحنی تخمین به روش‌های خطی، درجه دوم و درجه سوم، عملکرد مشاهده شده گندم به‌عنوان متغیر مستقل و عملکرد پیش‌بینی شده به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شدند؛ و نهایتاً ارزیابی کمی تناسب اراضی برای تیپ بهره‌وری گندم برای هر یک از واحدهای اراضی جدا شده با استفاده از ویژگی‌های خاک و زمین‌نما که شرح کامل روش‌ها در ذیل ارائه شده است انجام گرفت و نقشه تناسب اراضی منطقه در محیط GIS تهیه شد.

### طبقه‌بندی تناسب اراضی به روش پارامتریک (ریشه دوم)

به منظور ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش فائو عمل انطباق خصوصیات اراضی در واحدهای اراضی با نیازهای ریشی تیپ بهره‌وری گندم انجام و کلاس نهایی اراضی تعیین گردید؛ و از روش پارامتریک (ریشه دوم) که توسط ساینس و همکاران، (۱۹۹۱) ارائه شده است برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی استفاده شد به‌طور کلی این روش شامل مراحل انتخاب خصوصیات اراضی، تعیین نیازهای محصولات و مطابقت نیازهای آن‌ها با خصوصیات اراضی می‌باشد. خصوصیات مورد استفاده در این روش برای ارزیابی اراضی شامل اقلیم، زمین‌نما و خاک است. درجات به‌دست آمده برای خصوصیات انتخاب شده با استفاده از رابطه ۱ تلفیق شده و مقدار شاخص تناسب اراضی برای واحدهای مختلف محاسبه شد.

$$LSI = R_{\min} \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots}$$

(۱)

در این معادله LSI شاخص تناسب اراضی، B, A, C, ... : درجات اختصاص داده شده به مشخصه‌های

ct: ضریب تنفس می‌باشد. ضریب تنفسی بستگی به متوسط دمای روزانه و نوع عوامل مربوط به عملکرد دارد؛ و به شرح زیر تعیین محاسبه می‌گردد:

$$ct = c30(0.044 + 0.0019t + 0.001t^2)$$

(۴)

ct: ضریب تنفس

t: متوسط دمای روزانه (C°)

c30: برای غیر لگوم‌ها برابر ۰/۰۱۰۸ است.

c30: برای لگوم‌ها برابر ۰/۰۲۸۳ است.

برای محاسبه پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی محصول از رابطه (۵) استفاده می‌شود:

$$RPP = Bn \times HI$$

(۵)

RPP: پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی

(کیلوگرم در هکتار)

Bn: تولید کل وزن زنده خالص گیاه (کیلوگرم در هکتار)

Hi: شاخص برداشت

شاخص برداشت (Hi) یعنی نسبتی از زیست‌توده خالص محصول که از نظر اقتصادی مفید است (مثل قسمت دانه در غلات، شکر در نیشکر و چغندر قند). مقدار شاخص برداشت بستگی به پتانسیل ژنتیکی رقم محصول (رقم با عملکرد بالا یا پائین) و رژیم آب (محصول دیم یا آبی) و عملیات زراعی دارد. در این مدل تنها رقم‌های با عملکرد بالا در نظر گرفته شده است. در نهایت برای تعیین پتانسیل تولید اراضی از رابطه زیر استفاده شد.

$$LPP = RPP \times \frac{SI}{100} \times MI$$

(۶)

LPP (Land Production Potential): پتانسیل تولید

ارضی

RPP (Radiation-Thermal Production Potential):

پتانسیل تولید آب و هوایی (kg/ha)

MI: شاخص مدیریت

مختلف، Rmin: درج کمینه یا کوچک‌ترین درجه بین عامل‌ها می‌باشند. که سپس با استفاده از جدول ارائه‌شده توسط سایس و همکاران (۱۹۹۱) کلاس تناسب اراضی مشخص می‌شود.

پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی (مدل رشد محصول)

این مدل مقدار تولید وزن زنده خالص گیاه و عملکرد محصول (کیلوگرم بر هکتار) را برای بهترین رقم در شرایط مطلوب از نظر تابش خورشید، دما، آب و مواد غذایی و در شرایط کنترل آفات و بیماری‌ها، تخمین می‌زند. برای محاسبه وزن خالص زنده گیاه از رابطه زیر استفاده شد:

$$Bn = \frac{0.36 \times b_{gm} \times KLAI}{(1/L) + 0.25 \times ct}$$

(۲)

Bn: تولید کل خالص وزن زنده گیاه (kg/ha)

b<sub>gm</sub>: حداکثر کل ناخالص وزن زنده گیاه (kg/ha)

$$B_{gm} = F \times b_o + (1 - f) \times bc$$

(۳)

b<sub>o</sub>: تولید حداکثر بیوماس ناخالص در روزهای ابری bc:

تولید حداکثر بیوماس ناخالص در روزهای صاف f: نسبت روزهایی که آسمان ابری است (1-f): نسبت روزهایی که آسمان صاف است.

KLAI: فاکتور تصحیح شاخص سطح برگ برای میزان

حداکثر تولید زیست‌توده زمانی که شاخص سطح برگ دارای سطحی کمتر از پنج متر مربع در متر مربع باشد

$$LAI < 5m^2 \cdot m^{-2}$$

نسبت میزان رشد حداکثر به عنوان فاکتور برای حداکثر کل

ناخالص وزن زنده (KLAI) تصحیح گیاه و برای جبران

کردن شاخص سطح برگ در زمانی که میزان تولید

زیست‌توده ناخالص کمتر از پنج متر مربع در متر مربع است

بکار می‌رود.

L: تعداد روزهای بین کاشت و برداشت

رگرسیون اضافه می‌شود. متغیر اضافه‌شده متغیری است که بیشترین کاهش خطای مجموع مربعات را داشته باشد و همچنین دارای بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته داشته باشد و علاوه بر آن بیشترین مقدار  $F$  را داشته باشد.

#### رگرسیون تخمین منحنی: با استفاده از منحنی-

های تخمین می‌توان مدل‌های مختلف رگرسیون تخمین تولید کرد. در صورتی که رابطه رگرسیونی بین دو متغیر به صورت خطی نباشد، باید مدل‌های دیگر مثل مدل رگرسیون تخمین درجه دوم، سوم، هاپربولیک و سایر مدل‌ها را بررسی نمود بدین منظور برای بررسی منحنی‌های تخمین از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد.

در مرحله بعد پژوهش که هدف ارزیابی کمی تناسب اراضی می‌باشد، بر اساس عملکرد زمین بوده و برای انجام این نوع ارزیابی نیاز به تولید پتانسیل محصول (RPP)<sup>۱</sup>، تولید بحرانی و عملکرد واقعی (OBY)<sup>۲</sup> می‌باشد، تولید بحرانی نیز از تقسیم هزینه‌های کشت، داشت و برداشت گندم آبی به قیمت فروش واحد وزن آن در بازار به دست می‌آید، محاسبه شد. اطلاعات مورد نیاز برای محاسبه تولید بحرانی از پرسش‌نامه‌های تکمیل شده در سطح مزارع و مشاوره با کشاورزان استخراج گردید.

در نهایت تولید پتانسیل محاسبه شده در شاخص خاک (Soil index) به دست آمده از روش کیفی تناسب اراضی ضرب گردید و تولید پیش‌بینی شده (LPPsqm)<sup>۳</sup> محاسبه شد و برای تعیین حدود کلاس‌های کمی اراضی به این صورت عمل شد که مرز بین کلاس‌های  $S_1$  و  $S_2$ ،  $75$  درصد تولید پتانسیل، مرز بین کلاس‌های  $S_2$  و  $S_3$ ، به اندازه  $40$  درصد تولید بحرانی بالای مرز تولید بحرانی، مرز بین کلاس‌های  $S_3$  و  $N$ ، به اندازه  $10$  درصد تولید بحرانی پایین مرز تولید بحرانی محاسبه گردید. سپس شاخص مدیریت برای همه واحدهای اراضی بر اساس رابطه (پتانسیل زمین/متوسط عملکرد زارع = شاخص مدیریت) محاسبه گردید (گیوی و حقیقی، ۱۳۹۴) و نهایتاً با توجه به نتایج

SI (Soil Index): شاخص خاک که به روش پارامتریک به دست می‌آید. در این رابطه اثر آب و هوا و خصوصیات خاک بر روی عملکرد محصول دیده می‌شود.

#### روش‌های آماری

در پژوهش حاضر جهت مدل‌سازی پتانسیل تولید آنالیز رگرسیون چندگانه خطی به روش‌های استاندارد، گام به گام و منحنی تخمین با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام و برای بررسی هم‌زمان متغیرهای مستقل بر روی متغیرهای وابسته از رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. برای مقایسه عملکرد پیش‌بینی شده توسط مدل با عملکرد کشاورز، روش‌های آماری زیر مورد بررسی قرار گرفت.

**همبستگی ساده:** در این روش ماتریس همبستگی برای عملکرد کشاورز، ویژگی‌های اراضی از قبیل سیلت، رس، ماسه، گچ، آهک، شوری، درصد سدیم قابل تبادل، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و واکنش خاک، شاخص-های اراضی و عملکردهای محاسبه شده به روش ریشه دوم تهیه گردید.

#### رگرسیون خطی چندگانه استاندارد: رگرسیون

خطی چندگانه و ضریب تبیین ( $R^2$ ) برای عملکرد پیش‌بینی شده و عملکرد کشاورز و ویژگی‌های اراضی به منظور تعیین مدل پیش‌بینی عملکرد گندم طبق رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + \dots + b_nx_n \quad (7)$$

در روش رگرسیون استاندارد عملکرد پیش‌بینی شده به روش ریشه دوم و خصوصیات اراضی به عنوان متغیرهای مستقل و متغیر عملکرد زارع به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد.

#### رگرسیون خطی چندگانه گام به گام: روش

گام به گام طی یک مراحل گام به گام رگرسیون چند متغیره را محاسبه می‌کند. در هر مرحله یک متغیر به معادله

<sup>3</sup> -Land production potential square root method

<sup>1</sup> -Radiation-Thermal Production Potential

<sup>2</sup> -Observed yield

روابط بین خاک‌ها و نیز تبادل اطلاعات و آزمایشات انجام‌شده بر روی خاک‌های مختلف، بر اساس روش طبقه‌بندی خاک آمریکائی (U.S.D.A. Soil Taxonomy)، خاک‌ها به دو راسته اتی سول و اینسپتی سول طبقه‌بندی شدند؛ که طبقه‌بندی و هماهنگی خاک‌های منطقه مورد تحقیق را بر حسب سری، فامیلی، زیر گروه و رده نشان در جدول ۱ به تفصیل بیان شده است. همچنین نقشه واحدهای مجزا شده اراضی که مشتمل بر ۱۳ واحد خاک می‌باشد و نقشه خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی GIS ترسیم و در شکل ۱ ارائه شده است.

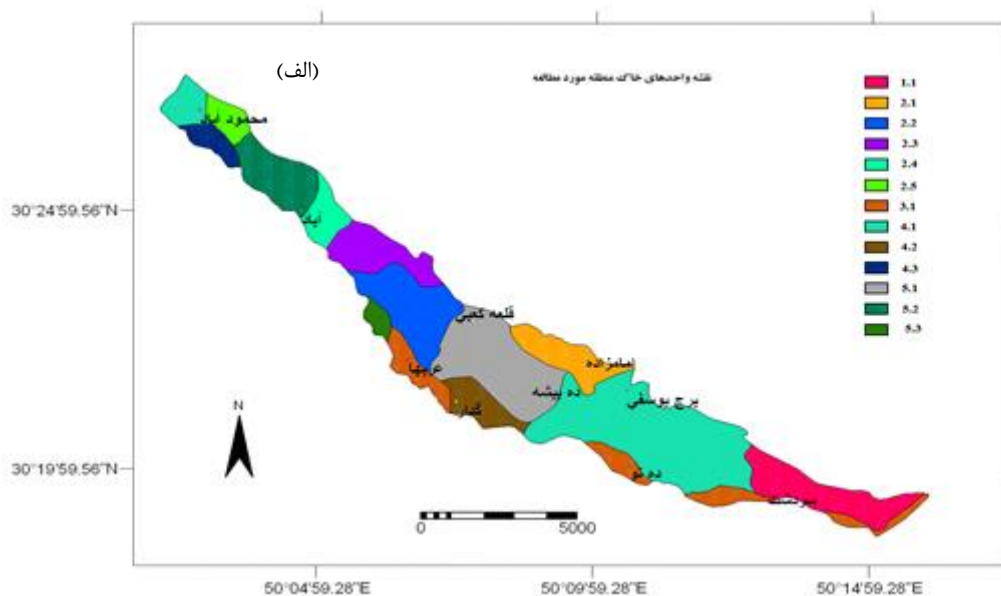
به‌دست‌آمده محدوده کلاس‌های کمی تناسب به‌صورت نقشه ترسیم شد.

### نتایج و بحث

مطالعه خاکشناسی در منطقه نشان‌دهنده این است که پنج سری خاک (سری ابوذر، قلعه کعبی، عرب‌ها، سردشت و ده‌بیشه) در منطقه مورد مطالعه، وجود داشتند (جدول ۱). با توجه به وجود انواع خاک‌های مختلف و جهت سهولت در یادگیری و بخاطر سپردن و نیز برای درک

جدول ۱- جدول هماهنگی و طبقه‌بندی خاک‌های منطقه سردشت شهرستان بهبهان

Soil Series		U.S.D.A. Soil Taxonomy 2014		
No.	Name	Family	Subgroup	Order
1	Abuzar	Fine, Carbonatic, Hyperthermic	Typic Calcustepts	Inceptisols
2	Qaleh kaebi	Fine Loamy, Carbonatic, Hyperthermic	Typic Ustifluvents	Entisols
3	Arabha	Coarse Loamy, Carbonatic, Hyperthermic	Typic Ustorthents	Entisols
4	Sardasht	Fine Loamy, Carbonatic, Hyperthermic	Calcic Haplustepts	Inceptisols
5	Deh Bisheh	Fine, Carbonatic, Hyperthermic	Typic Haplustepts	Inceptisols





شکل ۱- نقشه واحدهای مجزا شده (الف) و نقشه خاک منطقه مورد مطالعه (ب)

آبی با استفاده از روش مورد بررسی انجام شد؛ بنابراین با توجه به اطلاعات موجود در جدول ۲ (خصوصیات اراضی) و ۳ (نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی) نشان می‌دهد که بالغ بر ۵۰۰۰ هکتار (حدود ۸۷ درصد) از اراضی دارای تناسب متوسط (S2)، ۴۰۰ هکتار (۸ درصد) از اراضی دارای تناسب بحرانی (S3) و ۲۵۰ هکتار (۵ درصد) نامناسب در حال حاضر (N1) برای کشت تیپ بهره‌وری گندم آبی می‌باشند. مقدار آهک در منطقه مورد مطالعه از ۴۶/۷ تا ۵۹ درصد (متوسط ۵۰/۲ درصد)، شوری ۱/۵ تا ۳۲/۱ دسی زیمنس بر متر (متوسط هشت دسی زیمنس بر متر) و درصد سدیم تبادل ۲ تا ۴۰ درصد (متوسط ۱۵ درصد) متغیر بود؛ بنابراین، بررسی نتایج نشان می‌دهد که عمده عوامل محدودیت در واحدهای اراضی میزان آهک (در غالب واحدها)، بافت و شوری (عمدتاً در واحدهای ۲/۵، ۵/۲، ۵/۳ و ...) و درصد سدیم تبادل (عمدتاً در واحدهای ۲/۴، ۲/۵، ۵/۳ و ...) می‌باشد. به طوری کلی عوامل محدودکننده موجود در منطقه از طریق اثرات که مثلاً شوری بر جذب عناصر غذایی، فعالیت میکروبیولوژیکی، رشد محصولات و عملکرد اکثر محصولات به ویژه گندم

ارزیابی تناسب اراضی کیفی تیپ بهره‌وری گندم آبی جهت ارزیابی کیفی ابتدا، با استفاده از اطلاعات اقلیمی گیاه گندم در منطقه شاخص اقلیم به روش پارامتریک محاسبه شد؛ که نتایج مطالعه نشان داد که منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیم برای کشت گندم آبی با شاخص اقلیم ۹۸/۷ دارای تناسب مناسب S1 می‌باشد، لذا منطقه مورد مطالعه از لحاظ خصوصیات اقلیمی جهت کشت این محصول محدودیتی ندارد (جدول ۳). مصدقی و همکاران (۱۳۹۸) در منطقه شاوروزستان و آزادی و باقرنژاد (۲۰۱۸) در منطقه اقلید استان فارس نیز نشان دادند که اقلیم منطقه برای رشد گندم مناسب بوده است. با توجه به بررسی اطلاعات اقلیمی منطقه به دست آمده از ایستگاه سینوپتیک بهبهان، چرخه رشد محصول گندم در منطقه از ۲۵ آبان (۱۶ نوامبر) شروع و تا ۱۰ اردیبهشت (۳۰ آوریل) به مدت ۱۶۷ روز تعیین شد. سپس با توجه به اطلاعات خاک واحدهای مورد مطالعه (جدول ۲) درجات تناسب موجود در جدول ۳ که با استفاده از روش پارامتریک (ریشه دوم) برای محصول گندم به دست آمده است محاسبه شد. سپس فرایند ارزیابی تناسب اراضی واحدهای نقشه برای کشت گندم



گچ، ماده آلی و بافت و ساختمان خاک محدودکننده می‌باشند. باقرزاده و قلی‌زاده (۲۰۱۶)، با بررسی پتانسیل تولید اراضی برای گندم در مناطق شمال شرقی کشور، شاخص اراضی را از ۶۲/۷۱ در شرق و غرب منطقه مطالعاتی تا ۸۷/۲۴ در مرکز منطقه برآورد و در این محدوده کلاس‌های با تناسب متوسط ( $S_2$ ) تا تناسب زیاد ( $S_1$ ) برای کشت گندم به روش پارامتریک تفکیک کردند. شاهرخ و ایوبی (۱۳۹۱) با ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور تعیین کاربری‌های مهم منطقه زرین شهر و مبارکه اصفهان، نشان دادند که در همه واحدهای اراضی این منطقه اولویت کاربری با کشت گندم می‌باشد. طاعتی و سرمیدان (۱۳۹۳)، با پهنه‌بندی اگرواکولوژیکی گندم آبی بخشی از اراضی زراعی استان قزوین، نتیجه گرفتند دلایل عمده کاهش عملکرد گندم ناشی از شور و سدیمی بودن اراضی، کمبود ماده آلی و گچ و همچنین عمق خاک و درصد سنگریزه در این منطقه می‌باشد.

دارد، یا خصوصیت فلیائیت به دلیل هیدرولیز می‌تواند تعادل تغذیه‌ای را بهم زده و همچنین به دلیل بهم ریختن ساختار فیزیکی خاک باعث کاهش نفوذپذیری در خاک شود و میزان آهک از طریق اثراتی که بر دانه‌بندی خاک و تأثیری که بروی اسیدیته خاک دارد (اسپوزیتو، ۲۰۱۶) مشکل قابل توجهی در تغذیه گیاه ایجاد کرده و نهایتاً کاهش عملکرد محصول را در پی خواهند داشت.

آزادی و همکاران (۱۴۰۰)، در ارزیابی تناسب سرزمین برای کشت گندم در برخی خاک‌های شور جنوب استان خوزستان، گزارش کردند که قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه دارای محدودیت شوری و سدیمی می‌باشد و لذا برای افزایش تولید و ایجاد سامانه کشاورزی پایدار، عملیات بهسازی اراضی ضروری است.

موسوی و همکاران (۲۰۱۷) تناسب اراضی دشت قزوین برای کشت گندم آبی را انجام و مشخص نمودند که فاکتورهایی مثل شوری خاک، درصد سنگریزه، عمق خاک،

جدول ۲- ویژگی‌های خاک و عملکرد گندم در واحدهای اراضی مورد مطالعه

واحد‌های خاک	مساحت به هکتار	درصد	آثار احیاء در عمق (cm)	بافت	سنگریزه سطحی (%)	عمق (cm)	آهک (%)	واکنش خاک (pH)	شوری عصاره اشباع (dS/m)	ESP (%)
۱.۱	۴۵۰	۷/۵	۵۰	Silty Clay Loam	۱۵	۱۴۰	۵۲/۵	۷/۳	۲/۳	۱۳/۸
۲.۱	۳۰۰	۵/۰	-	Silt Loam	-	۱۳۰	۴۸/۸	۷/۸	۲/۱	۲/۰
۲.۲	۴۵۰	۷/۵	۸۵	Silty Clay Loam	-	۱۴۰	۴۶/۸	۷/۶	۷/۷	۱۴/۸
۲.۳	۵۰۰	۸/۳	۸۰	Loam	-	۱۵۰	۴۸/۹	۷/۵	۲/۸	۵/۸
۲.۴	۲۰۰	۳/۳	-	Silt Loam	-	۱۵۰	۴۹/۱	۷/۷	۸/۳	۳۶/۶
۲.۵	۱۵۰	۲/۵	۴۵	Loam	-	۱۵۰	۴۶/۸	۷/۹	۳۲/۱	۲۵/۶
۳.۱	۴۵۰	۷/۵	-	Loam	-	۱۵۰	۵۹	۷/۷	۱/۵	۵/۵
۴.۱	۱۷۰۰	۲۸/۴	۱۱۵	Clay Loam	-	۱۵۰	۴۶/۷	۷/۷	۲/۰	۴/۶
۴.۲	۲۰۰	۷/۳	۵۰	Silty Clay Loam	-	۱۴۰	۵۲/۵	۷/۵	۲/۳	۸/۲
۴.۳	۱۵۰	۲/۵	۷۵	Silty Clay Loam	-	۱۵۰	۴۸/۱	۷/۴	۲/۷	۵/۶
۵.۱	۸۵۰	۱۴/۲	۸۵	Silty Clay	-	۱۵۰	۴۹/۵	۷/۷	۵/۴	۱۲/۲
۵.۲	۴۰۰	۶/۶	۷۵	Silty Clay	-	۱۵۰	۵۲/۱	۷/۶	۱۶/۰	۱۵
۵.۳	۱۰۰	۱/۷	-	Silty Clay	-	۱۵۰	۵۲/۰	۷/۶	۱۸/۰	۴۰

نکته: لازم به ذکر است که شیب کلیه واحدهای اراضی کمتر از دو درصد و در کلاس A قرار داشت

جدول ۳- ارزیابی کیفی تناسب اراضی به روش ریشه دوم با استفاده از درجات محاسبه شده برای محصول گندم

واحد‌های خاک	شاخص اقلیم (به روش ریشه دوم)	کلاس تناسب اقلیم	شاخص اراضی (به روش ریشه دوم)	کلاس تناسب اراضی
۱.۱	۹۸/۷	S1	۵۶/۴	S2s
۲.۱	۹۸/۷	S1	۶۹/۴	S2s
۲.۲	۹۸/۷	S1	۶۶/۴	S2s
۲.۳	۹۸/۷	S1	۶۴/۴	S2s
۲.۴	۹۸/۷	S1	۵۰/۳	S2s
۲.۵	۹۸/۷	S1	۱۶/۶	Nsn
۳.۱	۹۸/۷	S1	۵۵/۹	S2s
۴.۱	۹۸/۷	S1	۷۲/۲	S2s
۴.۲	۹۸/۷	S1	۶۱/۴	S2s
۴.۳	۹۸/۷	S1	۶۸/۶	S2s
۵.۱	۹۸/۷	S1	۶۴/۹	S2s
۵.۲	۹۸/۷	S1	۳۷/۹	S3sn
۵.۳	۹۸/۷	S1	۲۴/۹	Nsn

علائم S و N : به ترتیب نشان‌دهنده محدودیت خصوصیات فیزیکی خاک (درصد آهک و بافت) و شوری و قلیائیت می‌باشد

### مدلسازی پتانسیل تولید و ارزیابی کمی تناسب اراضی گندم آبی در منطقه مورد مطالعه

برای ارزیابی کمی تناسب اراضی نیاز به محاسبه تولید پتانسیل اقلیمی، تولید پیش‌بینی شده و تولید مشاهده شده یا واقعی می‌باشد؛ بنابراین جهت برآورد پتانسیل تولید آبی یا پتانسیل تولید حرارتی-تابشی (مدل رشد محصول) که این مدل مقدار تولید وزن زنده خالص گیاه و عملکرد محصول را برای بهترین رقم در شرایط مطلوب از نظر تابش خورشید، دما، آب و مواد غذایی و در

شرایط کنترل آفات و بیماری‌ها، تخمین می‌زند: که پارامترهایی شامل طول روز ( $N^*$ )، حداکثر میزان کل تولید بیوماس ناخالص در هوای صاف (bc) و هوای ابری (bo) از طریق میان‌یابی ارقام مستتر از جداول فائو (۱۹۸۱) محاسبه شدند. سپس با استفاده از خصوصیات گیاهی و اقلیمی، مورد نیاز موجود در منطقه محاسبه پتانسیل تابشی-گرمائی تولید گندم بر اساس روش FAO (۱۹۷۹) و ساینس و همکاران (۱۹۹۱) برای منطقه سردشت (استان خوزستان) برابر با ۷۱۲۱ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید (جدول ۴).  
\*تعداد ساعات آفتابی به طول روز

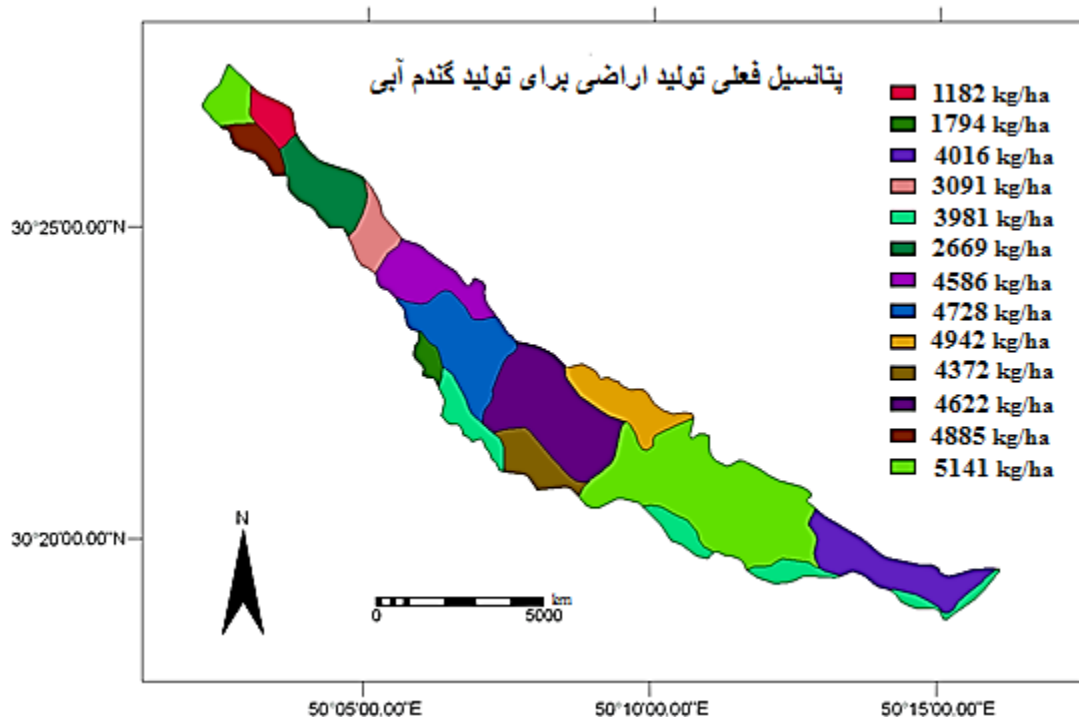
جدول ۴- خصوصیات گیاهی و متغیرهای اقلیمی موردنیاز برای محاسبه پتانسیل تابشی-گرمائی تولید گندم و مقدار این پتانسیل، برآورد شده بر اساس مدل فائو در شهرستان بهبهان

اطلاعات	واحد	پارامترها
۲۰	kg CH <sub>2</sub> O/ha/h	Pm (حداکثر میزان فتوسنتز برگ)
۳۳۴	kg/ha/day	bc (حداکثر میزان کل تولید بیوماس ناخالص در هوای صاف)
۱۶۹	kg/ha/day	bo (حداکثر میزان کل تولید بیوماس ناخالص در هوای ابری)
۰/۳۸	(1-n/N)	F (نسبت روزهایی که هوا ابری است)
۰/۶۲	n/N*	1-f (نسبت روزهایی که هوا صاف است)
۲۷۱/۳	kg CH <sub>2</sub> O/ha/day	Bgm (حداکثر میزان کل تولید بیوماس ناخالص)
<b>محاسبه میزان کل تولید بیوماس خالص</b>		
۰/۰۱۰۸	-	C30 (ضریب تنفسی برای غیر لگوم (Non legume))
۰/۰۰۳۷	-	Ct (ضریب تنفس) Ct = c30 ( 0.044 + 0.0019t + 0.001t <sup>2</sup> )
۱۶۷	day	L (تعداد روز تا رسیدن)
۱	-	KLAI (فاکتور تصحیح برای LAI < m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )
۱۴۱۲۸	kg/ha	Bn (میزان کل تولید بیوماس خالص) $Bn = \frac{0.36 \times bgm \times KLAI}{(1/L) + 0.25 \times ct}$
۰/۴۵	-	Hi (شاخص برداشت)
۶۳۵۸	Kg /ha	Y: پتانسیل تولید (عملکرد) گندم آبی (کیلوگرم در هکتار ماده خشک) $Y = Bn \times HI$
۷۱۲۱	Kg /ha	Y: پتانسیل تولید (عملکرد) گندم آبی (کیلوگرم در هکتار ماده مرطوب)

#### ارزیابی ویژگی‌های خاک و پتانسیل تولید اراضی

جهت محاسبه پتانسیل تولید اراضی، علاوه بر پتانسیل تولید گندم، نیاز به محاسبه شاخص خاک می‌باشد که در این مطالعه با استفاده از درجات محاسبه‌شده شاخص خاک به روش پارامتریک (ریشه دوم) موجود در جدول ۲ پتانسیل تولید در واحدهای خاک محاسبه گردید (جدول ۵ و شکل ۲)؛ بنابراین پتانسیل تولید پیش‌بینی شده اراضی با

توجه به پتانسیل تولید آب و هوایی و تأثیر عوامل محدودکننده در خاک تخمین زده شد و مقدار آن از ۱۱۸۲ تا ۵۱۴۱ کیلوگرم در هکتار متغیر است که این کاهش عملکرد عمدتاً به واسطه تأثیر عوامل محدودکننده از قبیل آهک، شوری و سدیمی است، مقادیر تولید پیش‌بینی شده و مشاهده‌شده یا واقعی محصول گندم در منطقه مورد مطالعه در جدول ۵ ارائه شده است.



شکل ۲- نقشه پتانسیل فعلی تولید گندم آبی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۵- مقادیر پتانسیل تابشی گرمایی تولید، شاخص خاک، پتانسیل تولید اراضی، عملکرد اندازه‌گیری شده، شاخص مدیریت و کلاس کمی تناسب اراضی

کلاس تناسب اراضی کمی براساس عملکرد برآورد شده	سطح* مدیریت	عملکرد برآورد شده**	OBY	LPPsqm	RPP	کلاس تناسب اراضی کیفی	LI	Land unit
S2	H	۳۵۵۲	۳۳۷۲	۴۰۱۶		S2s	۵۶/۴	۱.۱
S2	H	۴۵۴۱	۴۳۰۰	۴۹۴۲		S2s	۶۹/۴	۲.۱
S2	H	۴۳۱۳	۴۲۰۰	۴۷۲۸		S2s	۶۶/۴	۲.۲
S2	H	۴۱۶۱	۳۷۲۰	۴۵۸۶		S2s	۶۴/۴	۲.۳
S2	H	۳۰۸۸	۳۰۵۰	۲۵۸۲		S2s	۵۰/۳	۲.۴
N	-	۵۲۲	-	۱۱۸۲		Nsn	۱۶/۶	۲.۵
S2	H	۳۵۱۴	۳۲۰۰	۳۹۸۱	۷۱۲۱	S2s	۵۵/۹	۳.۱
S2	H	۴۷۵۵	۴۷۰۰	۵۱۴۱		S2s	۷۲/۲	۴.۱
S2	H	۳۹۳۳	۳۹۰۰	۴۳۷۲		S2s	۶۱/۴	۴.۲
S2	H	۴۴۸۱	۴۱۶۶	۴۸۸۵		S2s	۶۸/۶	۴.۳
S2	H	۴۱۹۹	۴۱۳۰	۴۶۲۲		S2s	۶۴/۹	۵.۱
S3	H	۲۱۴۴	۲۰۵۴	۲۶۷۰		S3sn	۲۷/۵	۵.۲
S3	M	۱۱۵۴	۱۰۳۰	۱۷۹۴		Nsn	۲۴/۹	۵.۳
-	-	۳۴۱۲	۳۲۵۵	۲۸۸۵	۷۱۲۱	-	۵۴/۶	متوسط

\* H (سطح مدیریت بالا): شاخص مدیریت < ۰/۷۵ درصد، M (سطح مدیریت متوسط): شاخص مدیریت بین ۰/۷۵-۰/۵۰ و L (سطح مدیریت پایین): شاخص مدیریت > ۰/۵۰  
 \*\* عملکرد برآورد شده از رابطه رگرسیونی بین شاخص اراضی و تولید واقعی با استفاده از شاخص اراضی واحدها به دست آمده است.  
 پتانسیل تولید اقلیمی (RPP)، پتانسیل تولید پیش‌بینی شده (LPPsqm)، شاخص اراضی (به روش ریشه دوم) LI، عملکرد واقعی (OBY)

## روش‌های آماری

### آمار توصیفی

جدول شماره ۶ خلاصه آمار متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شوری، درصد سدیم قابل تبادل و گچ به ترتیب با درصد ضریب ۸۴/۱۱۶، ۳/۳ و ۵۵/۵ بیشترین تغییرات و واکنش خاک، کربنات کلسیم و درصد سیلت به ترتیب با تغییرات ۲/۱، ۶/۸ و ۷ درصد کمترین تغییرپذیری را در منطقه داشتند. حداقل عملکرد دانه گندم توسط کشاورز ۱/۰۳ تن در هکتار و حداکثر آن ۴/۷ تن در هکتار برای گندم آبی در منطقه است. شاخص‌های آماری مهم بررسی شده دیگر شامل چولگی و کشیدگی می‌باشند. این شاخص‌ها برای بررسی انحراف داده‌ها از توزیع نرمال استفاده می‌شوند؛ که نتایج آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

ضریب چولگی و کشیدگی دو شاخص اساسی توزیع داده‌ها هستند که توسط آن‌ها می‌توان نرمال بودن توزیع داده‌ها را مشخص کرد. در یک توزیع متقارن، مقدار چولگی صفر و کشیدگی، یک است. در توزیع نامتقارن، مقادیر مثبت و منفی می‌باشند و هرچه مقدار آن بیشتر باشد، عدم تقارن شدیدتر است. مقادیر چولگی و کشیدگی بین ۲ تا -۲ قرار داشت. بررسی داده‌ها نشان می‌دهد از نظر چولگی و کشیدگی، اکثر داده‌ها نرمال می‌باشند به استثنای داده‌های شوری و درصد شن که این مورد نیز نرمال شد و مورد استفاده قرار گرفت. بیشترین مقدار چولگی و کشیدگی مربوط به شوری خاک بود؛ که بررسی‌ها نشان داد که مقادیر شوری در مناطق مورد مطالعه زیاد بوده که باعث افزایش چولگی و کشیدگی شده است.

جدول ۶- جدول آمار توصیفی متغیرهای استفاده شده در اراضی کشت گندم در منطقه مورد مطالعه

ESP	EC(ds.m <sup>-1</sup> )	pH	OC(%)	TNV(%)	Gyps(%)	Sand(%)	Silt(%)	Clay(%)	SI	Oby(t.ha <sup>-1</sup> )	
۱۴/۵۰	۷/۶۰	۷/۶۰	۰/۴۰	۵۰/۲۰	۰/۰۱	۱۹/۸۰	۴۸/۳۰	۳۱/۸۰	۵۴/۵۰	۳/۴۰	میانگین
۱۲/۲۳	۸/۸۴	۰/۱۶	۰/۱۵	۳/۴۲	۰/۰۱	۵/۸۷	۳/۳۶	۸/۵۴	۱۷/۶۶	۱/۰۴	انحراف معیار
۸۴/۳	۱۱۶/۳	۲/۱	۳۶/۳	۶/۸	۵۵/۵	۲۹/۶	۷/۰	۲۶/۹	۳۲/۴	۳۰/۶	ضریب تغییرات
۱/۲۳	۲/۱۱	-	۰/۸۶	۱/۴۲	-۳/۶۱	۰/۵۳	-۰/۳۸	۰/۴۳	-۱/۲۵	-۱/۳۷	چولگی
۰/۵۱	۴/۶۳	۰/۰۹	-۰/۸۰	۱/۶۴	۱۳/۰۰	۱/۱۴	-۱/۲۱	-۰/۹۶	۰/۵۵	۱/۶۶	کشیدگی
۳۸/۰۵	۳۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۳۶	۱۲/۳۰	۰/۰۲	۲۱/۱۷	۸/۴۳	۲۵/۶۰	۵۵/۶۰	۳/۶۷	دامنه
۱/۹۵	۱/۵۰	۷/۳۰	۰/۳۵	۴۶/۷۰	۰/۰۰	۱۲/۰۸	۴۳/۳۷	۱۸/۹۵	۱۶/۶۰	۱/۰۳	حداقل
۴۰/۰۰	۳۲/۱۲	۷/۹۰	۰/۷۱	۵۹/۰۰	۰/۰۲	۳۳/۲۵	۵۱/۸۰	۴۴/۵۵	۷۲/۲۰	۴/۷۰	حداکثر

ESP: درصد سدیم قابل تبادل، TNV: درصد آهک، SI: شاخص خاک، OBY: عملکرد واقعی (تن در هکتار)، EC: شوری عصاره اشباع بر حسب دسی‌زیمنس بر متر

### آنالیز همبستگی ساده

شناخت رابطه بین عملکرد گندم و ویژگی‌های خاک اهمیت زیادی دارد. بر اساس ویژگی‌های خاک ضرایب همبستگی ساده بین عملکرد مشاهده شده گندم و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک از جمله سیلت، رس، ماسه، گچ، آهک، شوری، درصد سدیم قابل تبادل

(قلیائیت)، کربن آلی و واکنش خاک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج همبستگی ساده در جدول ۷ نشان می‌دهد که عملکرد گندم مشاهده شده در سطح یک درصد با مقدار شوری و درصد سدیم قابل تبادل و در سطح پنج درصد با کربنات کلسیم رابطه معنی‌دار دارد؛ و با سایر خصوصیات همبستگی معنی‌دار مشاهده نشد.

جدول ۷- نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرهای مستقل و عملکرد

	OBY	pH	OC	TNV	Gypsum	Sand	Silt	Clay	ESP	EC
OBY	۱									
pH	۰/۰۶۶	۱								
OC	-۰/۵۰۲	-۰/۰۹۴	۱							
TNV	-۰/۴۷۱*	-۰/۱۹۹	۰/۲۳۲	۱						
Gypsum	۰/۰۳۴	۰/۵۸۳*	۰/۱۶۱	-۰/۲۰۱	۱					
Sand	۰/۳۴۵	۰/۲۶۲	-۰/۷۵۹**	۰/۲۴۶	-۰/۱۴۲	۱				
Silt	۰/۵۱۸	۰/۲۴۱	-۰/۹۵۴**	-۰/۴۱۵	۰/۰۸۹	-۰/۶۹۰**	۱			
Clay	-۰/۴۳۹	-۰/۲۷۵	۰/۸۹۷**	-۰/۰۰۵	-۰/۱۳۲	-۰/۹۵۸**	-۰/۸۶۷**	۱		
ESP	-۰/۷۳۶**	۰/۱۸۳	۰/۱۸۲	-۰/۰۵۵	-۰/۰۱۹	-۰/۲۹۱	-۰/۱۱۹	۰/۲۴۷	۱	
EC	-۰/۸۳۳**	۰/۴۹۵	۰/۰۹۰	-۰/۲۴۹	۰/۱۸۳	-۰/۱۷۸	۰/۰۱۳	۰/۱۱۷	۰/۶۶۴*	۱

OBY: عملکرد زارع، TNV: درصد آهک، Gypsum: درصد گچ، ESP: درصد سدیم قابل تبادل

#### آنالیز رگرسیون به روش استاندارد

نتیجه رگرسیون استاندارد که پتانسیل تولید به ریشه دوم به‌عنوان متغیر مستقل وارد شده در جدول ۸ ارائه شده است؛ که این معادله دارای ضریب تبیین حدود ۰/۸۴ و ضریب تبیین تعدیل شده ۰/۸۳ و خطای استاندارد برابر ۰/۵۲ است. ضریب تبیین تعدیل یافته از ضریب رگرسیون، حقیقی‌تر است زیرا کمتر تحت تأثیر حجم و

تعداد نمونه قرار می‌گیرد (غیاثوند، ۱۳۹۱). نتایج تجزیه واریانس معادله چندمتغیره در جدول ۹ ارائه شده است؛ بنابراین چون رابطه مذکور دارای معنی‌داری قابل قبولی است مؤید این است که تجزیه واریانس و ایجاد معادله با دقت قابل قبول انجام شده است. لازم به ذکر است که روش ریشه دوم نسبت به استفاده از ویژگی‌های اراضی با توجه به ضریب تشخیص بالاتر و خطای کمتر در اولویت استفاده قرار دارد.

جدول ۸- جدول نتایج رگرسیون به روش استاندارد برای روش ریشه دوم

مدل	ضرایب	A	B1	R <sup>2</sup>	Adj R <sup>2</sup>	P value	SE
۱	پتانسیل تولید به روش ریشه دوم (LPPsqm)	۱/۰۳۷	-۰/۶۷۶	۰/۸۴	۰/۸۳	۰/۰۰۱	۰/۵۲

LPPsqm: پتانسیل تولید اراضی روش ریشه دوم با مدیریت، R<sup>2</sup>: ضریب تشخیص، A: ضریب ثابت و B1: ضرایب رگرسیون یا شیب خط رگرسیون، SE: خطای استاندارد

جدول ۹- تجزیه واریانس رابطه رگرسیون چندمتغیره بین عملکرد و متغیرهای مستقل

مدل	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	P value
رگرسیون	۱۴/۵۸	۱	۱۴/۵۸	۵۴/۲۷	۰/۰۰۰
باقیمانده	۲/۶۹	۱۰	۰/۲۷		
مجموع	۱۷/۲۷	۱۱			

### نتایج رگرسیون به روش گام به گام

وابسته با توجه به درصد پایین معنی داری از مدل حذف گردید. نتایج رگرسیون چند متغیره گام به گام در جدول ۱۰ نشان می دهد که دارای ضریب تبیین حدود ۰/۸۲ و ضریب تبیین تعدیل شده ۰/۷۸ و خطای استاندارد برابر ۰/۵۹ می باشد. مفهوم آن این است که متغیرهای وارد شده به مدل توانسته اند حدود ۸۲ درصد از واریانس تغییرات مربوط به متغیر وابسته را تعیین نمایند.

در این مدل، متغیرهای شوری خاک، درصد سدیم قابل تبادل، اسیدیته، آهک، شن، سیلت، رس به عنوان متغیر مستقل و عملکرد گندم به عنوان متغیر وابسته وارد مدل شدند. نتایج حاصل بیانگر آن است که از میان متغیرهای مستقل وارد شده به مدل به ترتیب شوری و درصد آهک با توجه به معنی داری وارد مدل شده و سایر متغیرهای

جدول ۱۰- جدول نتایج رگرسیون چند متغیره گام به گام

خطای استاندارد	Adj R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	معادله رگرسیون	نوع رگرسیون
۰/۵۹	۰/۷۸	۰/۸۲	OBV(t.ha-1) = 12.10- 0.2EC - 0.14TNV	رگرسیون گام به گام

### رگرسیون به روش تخمین منحنی

توسط مدل پیش بینی می شود ولی در مدل درجه دوم و سوم به ترتیب ۹۱ و ۹۲ درصد تغییرات عملکرد توسط این دو مدل پیش بینی می شود. با توجه به نتایج مقایسه مدل های مورد استفاده در جدول ۱۲ می توان نتیجه گرفت که بین مدل های مورد استفاده، مدل درجه سوم با بالاترین ضریب تبیین و کمترین خطا به خوبی توانسته است تغییرات را توجیه بهتر از سایر مدل ها عملکرد را پیش بینی کند (شکل ۳). سید جلالی (۱۳۹۲) نیز در تحقیقات خود نتیجه مشابهی را گزارش نموده است و توصیه کردند که برای پیش بینی عملکرد محصول استفاده از مدل رشد فائو با تلفیق شاخص های به دست آمده از روش ریشه دوم که از روش های پارامتریک هستند نسبت به استفاده از ویژگی های اراضی در اولویت قرار دارد.

در این تحقیق از رگرسیون منحنی تخمین سه مدل خطی، درجه دوم و درجه سوم استفاده گردید. در این روش عملکرد پیش بینی شده به روش ریشه دوم به عنوان متغیر مستقل و عملکرد مشاهده شده به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. با توجه به جدول ۱۱ ضریب تبیین برای مدل های خطی، درجه دوم و درجه سوم به برای روش ریشه دوم به ترتیب ۰/۹۰، ۰/۹۱ و ۰/۹۲ است؛ که این نشان می دهد که منحنی درجه سوم نسبت به درجه یک و درجه دو ضریب تبیین را افزایش داد و رابطه بهتری بین عملکرد واقعی و عملکرد پیش بینی شده وجود دارد بطوریکه در مدل خطی تنها ۹۰ درصد تغییرات عملکرد

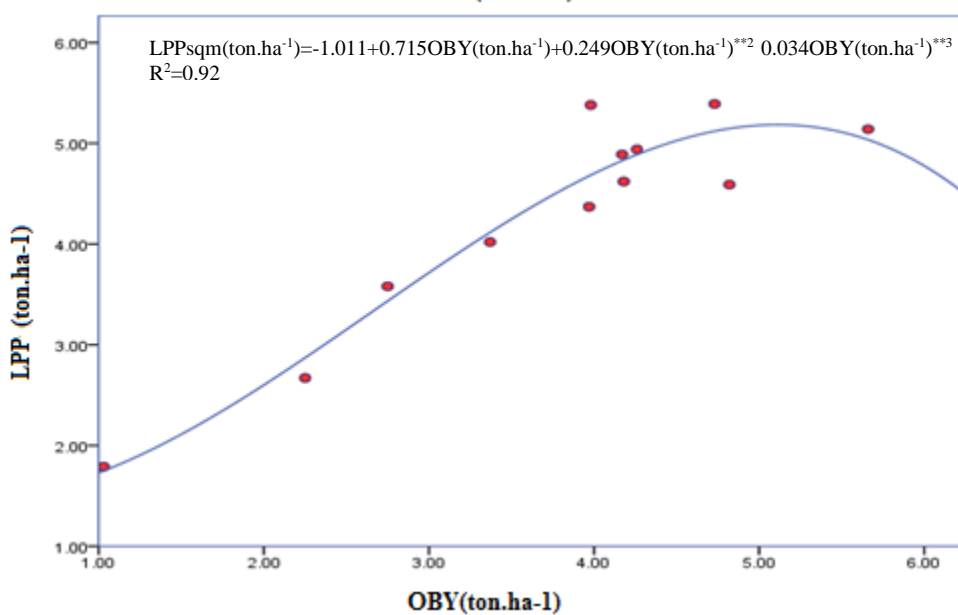
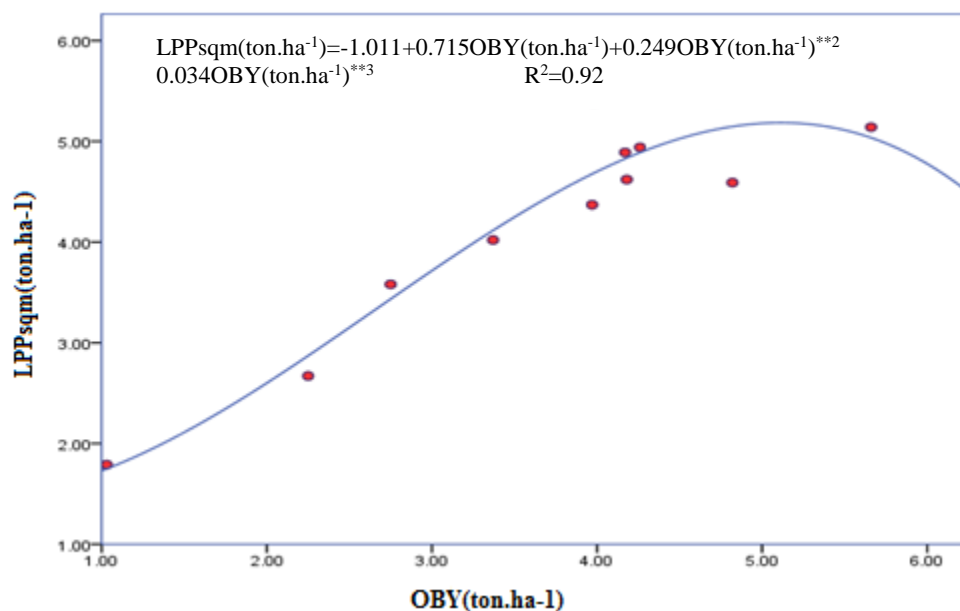
جدول ۱۱- پارامترهای رگرسیون منحنی برای روش ریشه دوم

نوع رگرسیون	r <sup>2</sup>	Adj r <sup>2</sup>	F	درجه آزادی	SE	P value	ضریب ثابت	b1	b2	b3
خطی	۰/۹۰	۰/۸۹	۱۰۵/۹	۱	۰/۵۱	۰/۰۰۰	-۱/۰۰۱	۱/۱۰۷		
درجه دوم	۰/۹۱	۰/۹۰	۵۴/۱	۲	۰/۵۰	۰/۰۰۰	-۱/۹۴۴	۱/۷۹۵	-۰/۱۰۲	
درجه سوم	۰/۹۲	۰/۹۰	۳۳/۱	۳	۰/۵۰	۰/۰۰۰	-۱/۰۱۱	۰/۷۱۵	۰/۲۴۹	-۰/۰۳۴

r<sup>2</sup>: ضریب تشخیص، b1، b2 و b3: ضرایب رگرسیون

جدول ۱۲- مقایسه روش‌های مختلف رگرسیون

P value	SE	F	Adj R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	صفات	نوع رگرسیون
./...	./۵۲	۵۴/۳	./۸۳	./۸۴	پتانسیل تولید به روش ریشه دوم	رگرسیون چندگانه استاندارد
./...	./۵۹	۱۹/۹	./۷۸	./۸۲	خصوصیات اراضی خطی	رگرسیون گام به گام
./...	./۵۱	۱۰۵/۹	./۸۹	./۹۰	درجه دوم	رگرسیون تخمین منحنی
./...	./۵۰	۵۴/۱	./۹۰	./۹۱	درجه سوم	



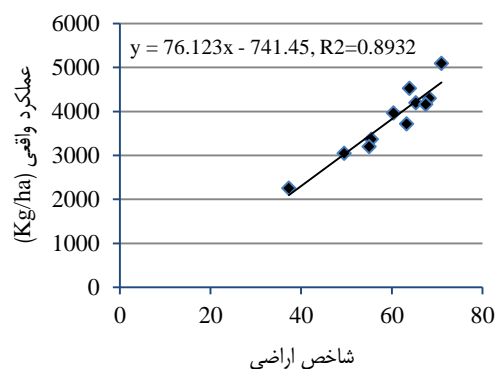
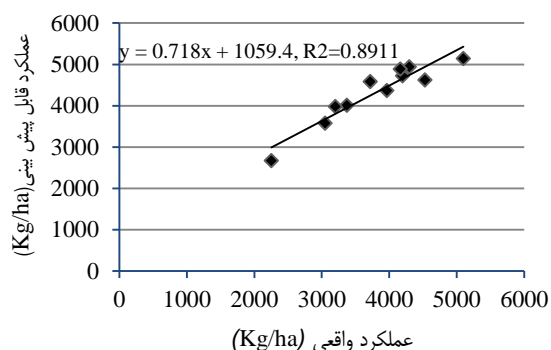
شکل ۳- رابطه رگرسیون منحنی تخمین مدل درجه سوم بین عملکرد پیش‌بینی شده و مشاهده شده



### ارزیابی کمی تناسب اراضی

آنالیز آماری انجام شده بین تولید پیش‌بینی شده و مشاهده شده یا واقعی نشان می‌دهد که رابطه رگرسیونی خطی معنی‌داری در سطح یک درصد میان آن دو برقرار است. وجود ارتباط معنی‌دار بین تولید پیش‌بینی شده و واقعی و زیاد بودن ضریب تشخیص ۰/۸۹ بر انتخاب درست فاکتورها و روش مناسب ارزیابی دلالت دارد. سید جلالی (۱۳۹۲) در مطالعه خود برای محصول گندم نتیجه مشابهی را گزارش نمودند. بیانگر دقت قابل قبول روش‌های استفاده شده در این تحقیق، برای ارزیابی کمی تناسب اراضی می‌باشد. همان‌گونه که در جدول ۱۵ مشاهده می‌شود اختلاف عملکردهای واقعی با عملکردهای تخمینی با روش فوق‌الذکر در غالب واحدهای اراضی کمتر از ۱۵ درصد می‌باشد.

به‌منظور ارزیابی کمی، ارتباط ریاضی بین شاخص اراضی و تولید واقعی در هر واحد اراضی محاسبه گردید (شکل ۴). ضریب تشخیص رابطه رگرسیونی ۰/۸۹ محاسبه شد که در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. این بدین معنی است که می‌توان معادله به‌دست‌آمده را برای تعیین تولید برآورد شده در هر واحد اراضی به کار برد؛ که معنی‌دار بودن این رابطه گواه روش ارزیابی و درجه‌بندی صحیح خصوصیات ارزیابی و خصوصیات اراضی می‌باشد (جلالیان و همکاران، ۱۳۸۶). همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزایش شاخص اراضی که بیانگر مرغوبیت زمین است میزان عملکرد اراضی افزایش می‌یابد. حدود کلاس‌های کمی تناسب اراضی بر اساس دستورالعمل سایز و همکاران محاسبه گردید (سایس و همکاران، ۱۹۹۱).



الف

ب

شکل ۴- ارتباط رگرسیونی بین عملکرد قابل پیش‌بینی و عملکرد واقعی (الف)، رابطه رگرسیونی شاخص اراضی و تولید محصول برای گندم (ب)

کمی برقرار و حدود کلاس‌های کمی به روش سایس (۱۹۹۱) تعیین شد.

در ادامه مطابق با مطالب فوق به‌منظور تعیین کلاس‌های کمی تناسب اراضی، مقدار تولید بحرانی به میزان ۱۷۱۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. سپس حدود کلاس‌های کمی اراضی بر اساس میزان تولید و بر اساس دستورالعمل بدین ترتیب تعیین گردید: اراضی که تولید محصول در این اراضی بیش از ۷۵ درصد تولید پتانسیل

سپس پتانسیل تولید اراضی با عملکرد زارع مقایسه گردید و همبستگی خوبی بین عملکرد پیش‌بینی شده و عملکرد مشاهده شده وجود دارد، سید جلالی (۱۳۹۲) نتیجه مشابهی را گزارش نمودند.

با توجه به معنی‌دار بودن رابطه بین عملکرد واقعی و شاخص اراضی با ضریب تشخیص ۰/۸۹ (شکل ۴)، رابطه رگرسیونی خطی برای انجام مطالعات ارزیابی

این شاخص از تقسیم متوسط عملکرد زارع به پتانسیل تولید اراضی هر یک از واحدها به دست آمد؛ که شاخص مدیریت به دست آمده در محدوده ۰/۶۸ تا ۰/۹۹ می‌باشد و نشان‌دهنده سطوح مدیریت متوسط تا بالا واحدهای اراضی است که نتایج محاسبه سطوح مدیریت در جدول ۵ ارائه شده است. بنابراین چون مدیریت و دانش کشاورزان منطقه در سطح اکثر مزارع مورد مطالعه بالا بوده و چون کشت آبی می‌باشد و مشکل تأمین آب برای زراعت وجود ندارد بنابراین تولید واقعی یا مشاهده شده هم به تولید پیش‌بینی شده نزدیک می‌باشد و اختلاف کاهش تولید عمدتاً ناشی از مدیریت زارع در سطح مزرعه نمی‌باشد بلکه به علت محدودیت‌های خاک نوسانات تولید مشاهده شده یا واقعی و پیش‌بینی شده مشاهده می‌شود؛ که سطوح مدیریت تعیین شده برای این محصول نیز این مطلب را تأیید می‌نماید. نتایج ارزیابی کمی تناسب اراضی منطقه براساس تولید برآورد شده، نشان‌دهنده این است که بالغ بر ۹۵ درصد واحدهای اراضی مورد مطالعه (بالغ بر ۵۵۰۰ هکتار) برای محصول گندم با توجه به شاخص مدیریت بالا و شرایط اقلیمی مناسب دارای کلاس کمی تناسب متوسط (S2) می‌باشند و کمتر از پنج درصد اراضی (واحدهای ۲,۵ و ۵,۳) نیز دارای کلاس بحرانی (S2) و نامناسب (N) برای کشت گندم آبی می‌باشند؛ بنابراین دلیل اصلی کاهش محصول در واحدهای اراضی منطقه مسائل مدیریتی نبوده و عمدتاً مربوط به محدودیت‌های خاک می‌باشد که محدودکننده‌ترین خصوصیات در اراضی مورد بررسی برای کشت آبی گندم به ترتیب میزان آهک و شوری و قلیائیت می‌باشند. نهایتاً با توجه به نتایج به دست آمده نقشه تناسب کمی اراضی گندم آبی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار GIS ترسیم شد که در شکل ۶ ارائه شده است.

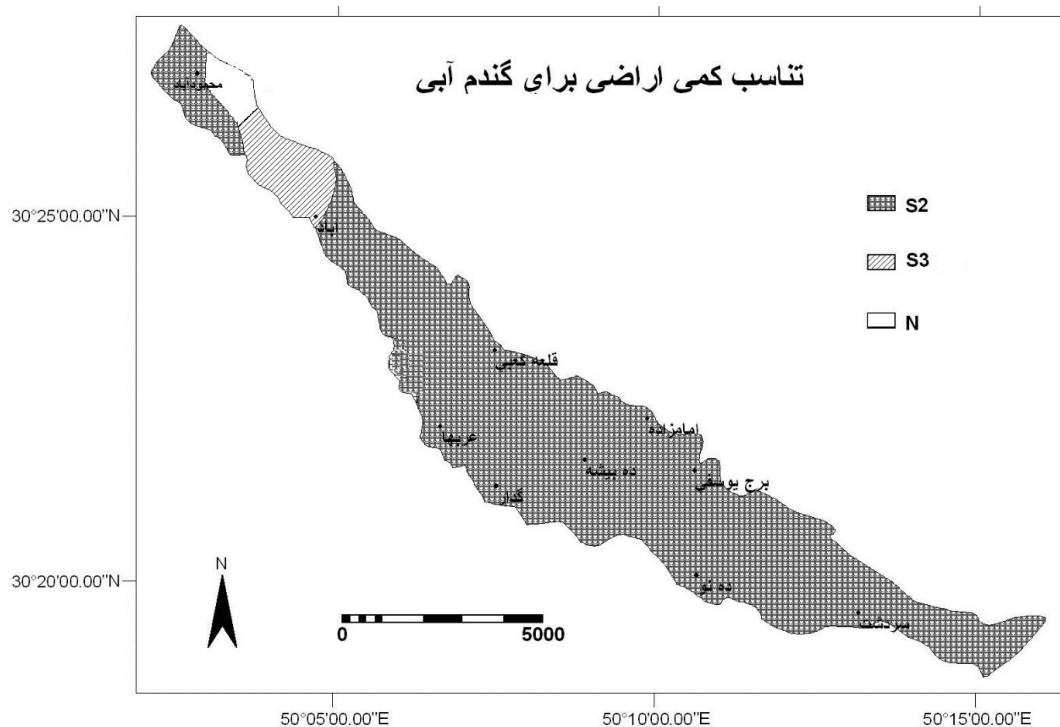
(۵۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) می‌باشد در کلاس S1، اراضی که مرز بالایی همان مرز ۷۵ درصد تولید پتانسیل (۵۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) و مرز پایینی حد ۴۰ درصد تولید بحرانی اراضی (۲۳۹۵ کیلوگرم در هکتار) بالای مرز تولید بحرانی است در کلاس S2، اراضی که میزان تولید در آن‌ها مرز بالایی همان مرز ۴۰ درصد تولید بحرانی بیش از تولید بحرانی (۲۳۹۵ کیلوگرم در هکتار) و مرز پایینی حد ۱۰ درصد تولید بحرانی پایین مرز تولید بحرانی (۱۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) کلاس S3 و اراضی که میزان تولید در آن‌ها کمتر از مرز ۱۰ درصد تولید بحرانی پایین مرز تولید بحرانی (۱۵۴۰ کیلوگرم در هکتار) است در کلاس N قرار گرفتند. نهایتاً نتایج تناسب کمی اراضی طبق روش ساینس (۱۹۹۱) با استفاده از تولید بحرانی و تولید پتانسیل به صورت جدول ۱۳ خلاصه گردیده است؛ و همچنین تعیین حدود کلاس‌ها مطابق جدول بر حسب شاخص اراضی دارای این مزیت است که در یک واحد اراضی با خصوصیات مشخص به وسیله محاسبه شاخص اراضی می‌توان میزان تولید را برآورد کرد.

بنابراین با توجه به نتایج ارزیابی کمی تناسب اراضی (جدول ۵) استنباط می‌شود که کلاس تناسب کمی واحدهای اراضی با کلاس تناسب کیفی تطابق دارد و یا در سطح بالاتر قرار دارد و این به علت مدیریت خوب در واحدهای اراضی و شرایط اقلیمی مناسب برای گندم می‌باشد. لازم به ذکر است که میزان تولید یک زمین هیچ‌گاه به مقدار تولید پتانسیل یک محصول نمی‌رسد زیرا محدودیت‌های آب، خاک و مدیریت از مقدار آن می‌کاهند و عملکردی که پس از اعمال محدودیت‌های آب، خاک و مدیریت به دست می‌آید به تولید واقعی خیلی نزدیک خواهد بود (سید محمدی و اسماعیل نژاد، ۱۳۹۳).

به منظور تعیین سطح مدیریت، شاخص مدیریت (MI) در هر واحد اراضی محاسبه گردید (گیوی، ۱۳۹۴).

جدول ۱۳- حدود کلاس‌های کمی تناسب اراضی بر حسب شاخص اراضی و میزان تولید برای گندم آبی

شاخص اراضی				تولید بحرانی (کیلوگرم در هکتار)				محصول
N	S3	S2	S1	N	S3	S2	S1	
<۳۳/۲	۳۳/۲-۴۲/۵	۴۲/۵-۷۴/۳	>۷۴/۳	<۱۵۴۰	۱۵۴۰-۲۳۹۵	۲۳۹۵-۵۳۴۱	>۵۳۴۱	گندم



شکل ۵- نقشه تناسب کمی اراضی برای گندم آبی در منطقه مورد مطالعه براساس تولید برآورد شده

#### نتیجه گیری نهایی و توصیه

نتایج ارزیابی تناسب اراضی نشان می‌دهد که واحدهای اراضی برای محصول گندم عمدتاً در کلاس تناسب اراضی متوسط (S2) قرار می‌گیرند. که بیشترین و مهم‌ترین محدودیت خاک بین مشخصات خاک برای محصول ذکر شده که باعث کاهش درجه تناسب اراضی گردیده آهک، بافت، شوری و قلیائیت می‌باشد و بایستی نسبت به کاهش یا رفع محدودیت آن‌ها اقدام نمود تا سازگاری و تناسب زمین افزایش یابد. مقدار پتانسیل تولید اراضی برای واحدهای مجزا شده خاک با توجه به پتانسیل تولید آب و هوایی و تأثیر عوامل محدودکننده در خاک در دامنه ۱۱۸۲ تا ۵۱۴۱ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد که عمده اختلاف عملکرد بین پتانسیل تولید آبی با استفاده از مدل رشد فائو و عملکرد گندم آبی توسط زارع در منطقه مورد مطالعه به خاطر محدودیت‌های خاکی است که با اصلاح محدودیت‌های قابل اصلاح خاک و اعمال مدیریت جامع‌تر واحدهای اراضی دارای محدودیت و ترویج و به‌کارگیری نتایج محققین و مروجین مراکز تحقیقاتی توسط

کشاورزان می‌توان به پتانسیل تولید آبی حتی نزدیک‌تر شد و عملکرد بالایی به دست آورد. همچنین برای مقایسه عملکرد محصول کشاورز با عملکرد پیش‌بینی شده از روش رگرسیون چندگانه استاندارد، رگرسیون گام‌به‌گام و رگرسیون منحنی تخمین استفاده گردید. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده روش رگرسیون منحنی تخمین که از مدل رشد فائو برای پیش‌بینی عملکرد محصول استفاده نموده دارای دقت بالاتر و خطای کمتر از مدل رگرسیون استاندارد و گام‌به‌گام است که فقط از اثر ویژگی‌های سرزمین بر عملکرد مشاهده شده استفاده نموده است؛ و از طرفی هر چند این پژوهش با هدف تعیین پتانسیل تولید اراضی و طبقه‌بندی تناسب اراضی واحدهای تفکیک‌شده برای کشت محصول گندم انجام شده است. ایجاد یک پایگاه جامع و کامل از خصوصیات اراضی به‌منظور برنامه‌ریزی و ساماندهی بهره‌برداری بهینه اراضی از دیگر اهداف این تحقیق به شمار می‌رود؛ که امکان ایجاد نقشه‌های موضوعی مرتبط با خصوصیات اراضی را فراهم می‌آورد؛ و نهایتاً این رویکرد می‌تواند با شناسایی محدودکننده‌ترین عوامل،

پیشی از برنامه‌ریزی مدیریت مکانی در تولید محصولات کشاورزی فراهم کرده و نتایج آن به‌منظور برنامه‌ریزی، مدیریت منابع اراضی مطابق با پتانسیل اراضی و دستیابی به کشاورزی پایدار ارزشمند، کاربردی و گران‌بها بوده و مورد استفاده قرار گیرد.

### فهرست منابع

۱. آزادی، ا.، بنی‌نعمه، ج.، و س. ع. سید جلالی. ۱۴۰۰. ارزیابی تناسب سرزمین برای کشت گندم در برخی خاک‌های شور جنوب استان خوزستان. پژوهش‌های خاک، ۳۵(۳): ۲۳۴-۲۱۶.
۲. باقری بداغ‌آبادی، م. ۱۳۹۰. ارزیابی سرزمین کاربردی و آمایش سرزمین. انتشارات پلک، تهران. ایران. ۴۰۴ صفحه.
۳. ثروتی، م.، جعفرزاده، ع.ا.، قربانی، م.، شهبازی، ف.، و ن. دوانگر. ۱۳۹۳. مقایسه مدل‌های فائو و آبرو در برآورد پتانسیل تولید گندم آبی در منطقه خواجه. مجله دانش آب و خاک، ۲۴(۳): ۱-۱۴.
۴. جلالیان، ا.، رستمی‌نیا، م.، ایوبی، ش.، و م. امینی. ۱۳۸۶. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب اراضی برای گندم، ذرت و کنجد در دشت مهران، ایلام. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۲(ب): ۳۹۳-۴۰۳.
۵. زین‌الدینی، ع.، تومانیان، ن.، نویدی، م.ن.، فرج‌نیا، ا.، و ع.ر. سیدجلالی. ۱۳۹۸. نیازهای رویش گیاهان مهم باغبانی کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.
۶. زین‌الدینی، ع.، سیدجلالی، س.ع.، نویدی، م.ن.، ابراهیمی‌میمند، ف.، فرج‌نیا، ا.، و غ. زارعیان. ۱۳۹۹. ارزیابی پتانسیل تولید گندم در برخی از دشت‌های کشور. نشریه مدیریت اراضی. ۱(۱): ۱-۱۱.
۷. زینالی، م.، جعفرزاده، ع.ا.، شهبازی، ف.، و ش. اوستان. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب اراضی برای گندم، جو، ذرت و آفتابگردان در بخشی از دشت خوی. دانش آب و خاک ۳(۲): ۱۵-۲۹.
۸. سیدجلالی، س.ع.، ۱۳۷۸. ارزیابی تناسب و تعیین مدل پتانسیل تولید اراضی برای گندم در منطقه میان آب شوشتر، استان خوزستان، نشریه فنی شماره ۱۰۶۴، موسسه تحقیقات خاک و آب.
۹. سیدجلالی، س.ع. ۱۳۹۲. مدل‌سازی ارزیابی تناسب اراضی و تخمین پتانسیل تولید اراضی برای گندم آبی با استفاده از نظریه سامانه‌های فازی و زمین‌آمار در دشت گتوند استان خوزستان. رساله دکتری علوم خاک، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی دانشگاه تهران، ۲۴۴ صفحه.
۱۰. سیدجلالی، س.، نویدی، م.ن.، و ع. زین‌الدینی‌میمند. ۱۴۰۰. برآورد پتانسیل تولید نیشکر با مدل‌های مختلف در اراضی جنوب استان خوزستان. پژوهش‌های خاک. ۳۵(۱): ۵۹-۷۴.
۱۱. طاهرزاده، م.ح. ۱۳۶۸. مطالعات خاکشناسی نیمه تفصیلی سردشت خوزستان. نشریه فنی شماره ۷۶۹، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ۸۲ صفحه.
۱۲. سیدمحمدی، ج.، و ل. اسماعیل‌نژاد. ۱۳۹۳. ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی برای برنج در نواحی مرکزی گیلان. دانش آب و خاک، ۲۴(۱): ۱۶۵-۱۸۱.
۱۳. شاکری، س.، اولیایی، ح.ر.، ابطحی، س.، و ا. آزادی. ۱۳۹۴. مطالعه خاک‌شناسی و تناسب اراضی خاک‌های شور و گچی منطقه برم‌الوان استان کهگیلویه و بویراحمد. انسان و محیط زیست. ۱۳(۳): ۱۵-۲۷.
۱۴. شاهرخ، و.، ایوبی، ش.، و ا. جلالیان. ۱۳۹۱. ارزیابی تناسب اراضی برای کشت گلخانه‌ای خیار در مقایسه با سایر کاربری‌های موجود در منطقه مبارکه و زرین‌شهر به کمک تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. روابط خاک و گیاه. ۳(۱): ۱۳-۱.

۱۵. طاعتی، ع.، و ف. سرمیدان. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی آگرواکولوژیکی بخشی از اراضی قزوین برای کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از RS و GIS. *بوم‌شناسی کشاورزی*. ۷(۳): ۳۶۸-۳۸۰.
۱۶. گیوی، ج.، و ا. حقیقی. ۱۳۹۴. برآورد پتانسیل تولید و ارزیابی کمی تناسب اراضی شمال شهرکرد برای کشت آبی کلزا (*Brassica napus*). *نشریه آب و خاک*. ۲۹(۶): ۱۶۵۱-۱۶۶۱.
۱۷. گیوی ج، ۱۳۷۷. ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی تناسب و تعیین پتانسیل تولید اراضی برای محصولات منطقه فلاورجان اصفهان. *موسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، تهران*، ۳۴۶ صفحه.
۱۸. مصدقی، ع.، اکبری، ن.، بخشنده، ع.، سرمیدان، ف.، نصیری، ب.، و س. صوفی‌زاده. ۱۳۹۸. پهنه‌بندی آگرواکولوژیکی نظام‌های تولید گند (*Triticum aestivum* L.) دشت کشاورزی شاوور خوزستان با به‌کارگیری فناوری RS و GIS. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۱(۴): ۱۵۲۳-۱۵۲۷.
۱۹. موسوی، س.ا.، سرمیدان، ف.، و ع. طاعتی. ۱۳۹۷. ارزیابی تناسب اراضی برای جو دیم با استفاده از تکنیک فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و GIS در بخشی از کوهین. *دانش آب و خاک*. ۲۸(۲): ۱۷۹-۱۹۲.
۲۰. نویدی، م.ن.، سیدمحمدی، ج.، بازرگان، ک.، خسروی نژاد، ا.، و ب. دلسوز خاکی. ۱۴۰۰. شناسایی استعداد اراضی و مشخص‌سازی محدودیت‌ها برای کشت آبی گندم در بخشی از اراضی دشت قزوین با استفاده از تکنیک‌های فازی و AHP. *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۲(۴): ۹۴۳-۹۵۵.
21. Abbasi, N.A., Ali, M.N.H.A., Abbasi, B., Soomro, S.A., Nangraj, N.A.K., Sahto, J.G.M., and S.A. Morio. 2019. Assessment of agricultural land suitability using fuzzy set method, *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 32(2):252-259.
22. Abd-Elmabod, S.K., Bakr, N., Muñoz-Rojas, M., Pereira, P., Zhang, Z., Cerda, A., Jordan, A., Mansour, H., De La Rosa, D. and L. Jones. 2019. Assessment of Soil Suitability for Improvement of Soil Factors and Agricultural Management. *Sustainability*. 11(6): 1588.
23. Azadi, A., and M. Baghernejad. 2018. Qualitative land suitability assessment and estimating land production potential for main irrigated crops in northern of Fars province. *Agriculture & Forestry/Poljoprivreda i Sumarstvo*, 64(4).
24. Bagherzadeh, A., and A.Gholizadeh. 2016. Modeling land suitability evaluation for wheat production by parametric and TOPSIS approaches using GIS, northeast of Iran. *Model Earth Syst Environ*. P: 2-126.
25. Baroudy, A.A.E. 2016. Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *Catena* 140: 96– 104.
26. Becker-Reshef A, E. Vermote A, M. Lindeman and B. C. Justice. 2010. A generalized regression-based model for forecasting winter wheat yields in Kansas and Ukraine using MODIS data. *Remote Sensing of Environment* 114: 1312–1323.
27. Burt R. 2014. *Soil Survey Laboratory Methods Manual*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, USA, 700p.
28. FAO, Rome. Samranpong, C., Ekasingh, B., and M. Ekasingh. 2009. Economic land evaluation for Agricultural Resource management in Northern Thailand. *Environmental Modeling and Software*. 24(12):1381-1390.
29. Food and Agricultural Organization. 1979. Report on agro-ecological zones project. Vol. 1: Methodology and result for Africa. *World soil resources report No. 48*,
30. Mousavi S, R., F, Sarmadian, Z, Alijani., and A, Taati. 2017. Land suitability evaluation for irrigating wheat by Geopedological approach and Geographic Information System: A case study of Qazvin plain, Iran. *Journal of Soil Science*. 6 (3). P: 275.
31. Padilla, F.L.M., Maas. S.J., Gonz M.P., Iez-Dugo., F. Mansilla, N. Rajan, Gavil, P., and J. Donguez. 2012. Monitoring regional wheat yield in Southern Spain using the GRAMI model and satellite imagery. *Field Crops Research*. 130: 145–154.
32. Ren, J. Q., Chen, Z. X., Zhou, Q. B., and H. J, Tang. 2008. Regional yield estimation for winter wheat with MODIS-NDVI data in Shandong, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 10: 403–413

33. Samranpong, C., Ekasingh, B., and M. Ekasingh. 2009. Economic land evaluation for Agricultural Resource management in Northern Thailand. Environmental Modeling and Software. In Press, Corrected Proof.
34. Soil survey staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12th edition, United State Department of Agriculture, National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service.
35. Sposito, C. 2016. *The Chemistry of Soils*. 3rd edition, Oxford University Press, 272p.
36. Storie, R. E. 1978. Storie index soil rating (revised). Spec. publ. Div. Agric. Sci. No. 3203. University of Calif. Berkley, USA.
37. Sys, C, E, Van Ranst, and J. Debaveye. 1993. Land evaluation, Part III. Crop requirements. General Administration for development cooperation, Brussels.
38. Sys, C, E, Van Ranst., and J. Debaveye. 1991. Land evaluation, Part I and II. General Admhnstration for development cooperation, Brussels.
39. Sys, C., Vanrast, E., and J. Debavaye. 1991b. Land evaluation. Part II . Method of land evaluation. International traninig center for post graduate soil scientist. Ghent University. Ghent, Belgium. 247p.
40. Bhagat, R.M., Singh, Sh., Sood, C., Rana, R.S., Kalia, V., Pradhan, S., Immerzeel, W., and B. Shrestha. 2009. Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradesh (India) using geographical information system. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*. 37: 233–240.
41. Zabihi, H., Ahmad, A., Vogeler, I., Said, M.N., Golmohammadi, M., Golein, B and M .Nilashi,. 2015. Land suitability procedure for sustainable citrus planning using the application of the analytical network process approach and GIS. *Computers and Electronics in Agriculture*. 117: 114–126.
42. Zhang, J., Su, Y., Wu, J., and H. Liang. 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. *Computers and Electronics in Agriculture archive*. 114: 202- 211.
43. Zeinadini Meymand, A., Bagheri Bodaghabadi, M., Moghimi, A., Navidi, M. N., Ebrahimi Meymand, F., and M. Amir Pour,. 2018. Modeling of yield and rating of land characteristics for corn based on artificial neural network and regression models in southern Iran. *Desert*. 23(1): 85-95.

# Production Potential Modeling and Quantitative Land Evaluation for Wheat Cultivation in Calcareous Soils (The Case of Southern Behbahan)

**A. Azadi<sup>1</sup>, J. Bnineme, and S. A. Seyed Jalali**

Assistant Prof., Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. [a.azadi@areeo.ac.ir](mailto:a.azadi@areeo.ac.ir).

Research Instructor, Khuzestan Agricultural and Natural Resources, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. [jamal\\_nn@yahoo.com](mailto:jamal_nn@yahoo.com)

Assistant Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. [ajalali@areeo.ac.ir](mailto:ajalali@areeo.ac.ir)

Received: November 2021 and Accepted: April 2022

## Abstract

Land evaluation and production potential modeling are essential for determining environmental production limitations and proper cultivation planning. It is the aim of the present study to estimate production potential using different regression models and to evaluate quantitatively land suitability for wheat cultivation in some calcareous soils south of Behbahan. To achieve these goals, semi-detailed soil studies of Sardasht region were performed to extract soil data for land evaluation. For qualitative assessment, the Sys Table and the square root parametric method were employed to define climatic and topographic specifications as well as soil conditions as the adaptability criteria for plant growth while unit yield and potential production were used as measures of quantitative assessment. Radiative thermal potential of wheat production, mean land production potential as determined by the square root method, and mean farmer production were measured to be 7121, 3885, and 3255 kg.ha<sup>-1</sup> respectively, so that management level in most farms was categorized as intermediate (S<sub>2</sub>) while only 5% of the land farms were classified as non-suitable (N). It was concluded that the current decline in crop performance in some land units could be attributed to such limiting factors as lime, texture, salinity, and alkalinity. Production potential modeling by the standard and stepwise regression methods revealed coefficients of determination equal to 0.84 and 0.82 and standard errors (ME) of 0.52 and 0.59, respectively. This is while coefficients of determination calculated via the second- and third-degree estimation curve methods for linear modeling were 0.90, 0.91, and 0.92 with the corresponding standard errors of 0.51, 0.50, and 0.50, respectively. The third-degree estimation curve method that draws upon the FAO growth model to predict crop performance, therefore, seems to outperform the standard and stepwise regression models that only takes into account the effects of land characteristics and the observed performance. Thus, the proposed methods were found effectively capable of identifying production limitations of the lands in the study area for use in the optimal management and production potential modeling of wheat as a strategic crop in the region.

**Keywords:** Land evaluation, Parametric, Calcareous soils, Khuzestan Province, Modeling

---

<sup>1</sup> - Corresponding author: Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.