نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۴ / سال ۱۳۹۹ صفحات ۳۳۹-۳۲۷

# ضرورت تغییر تیپ‌های بهره‌وری رایج منطقه هوراند

**حسین رضائی[1*]، سمیرا رسولی[2]، مسلم ثروتی[3]، علی‌اصغر جعفرزاده[4]**

تاریخ دریافت: ۹۹/۷/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۲
۱- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- استادیار، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه
۴- استاد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: Email: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir

**چکیده**

**اهداف:** ارزیابی تناسب اراضی با بررسی لزوم تداوم یا تغییر کشت‌ها از اولین گام‌های کشاورزی پایدار می‌باشد که به‌منظور توسعه این مهم در منطقه هوراند مطالعه حاضر انجام شد. همچنین ابعاد مختلف روش‌های کیفی و کمّی تناسب اراضی جهت تعیین و بهبود سنجه‌های دخیل در ارزیابی کشاورزی پایدار بحث شد.

**مواد و روش‌ها:** با تهیه اطلاعات اقلیم، زمین‌نما و خاک، ارزیابی تناسب اراضی تیپ‌های بهره‌وری رایج منطقه شامل گندم دیم وآبی و پیاز با دو روش کیفی و کمّی صورت گرفت. آزمون مربع‌کای، همبستگی پیرسون و رابطه رگرسیونی به‌منظور تعیین صحت و دقت روش ارزیابی صورت گرفت. پهنه‌بندی تناسب منطقه برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف انجام و ضمن تفسیر نقشه‌های خروجی، سطح مدیریت منطقه تحلیل شد.

**یافته‌ها:** محدودیت‌های غالب اقلیم و شیب در سطح منطقه منجر به کلاس‌های تناسب N برای گندم دیم، S1 تا N برای گندم آبی و S3 و N برای پیاز در روش‌های کیفی و کمّی شده‌اند، هر چند سایر فاکتورهای مورد بررسی نیز در برخی موارد دارای محدودیت بوده‌اند. بررسی‌های آماری مؤید صحت روش ارزیابی است. سطح مدیریت متوسط و پایین محاسبه شده در تطابق با شواهد میدانی می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** نامناسب بودن و در برخی موارد تناسب کم منطقه لزوم تغییر کشت محصولات رایج منطقه را نشان می‌دهد. در شرایطی که محدودیت‌ها شدید و کلاس اراضی نامتناسب باشد تفاوت چندانی در نتایج حاصل از روش‌های کمّی و کیفی ارزیابی دیده نمی‌شود. در تعیین شاخص مدیریت اراضی عوامل محیطی و مدیریتی غیرمستقیم دخیل در محدودیت‌ها در کنار مقادیر تولید بایستی مدنظر قرار گیرند.

**واژه های کلیدی:** ارزیابی تناسب اراضی، پیاز، فائو، کشاورزی پایدار، گندم

# Common Utilization Types Change Urgency in Horand Region

**Hossein Rezaei[1*], Samira Rasouli[2], Moslem Servati[3], Aliasghar Jafarzadeh[4]**

Received: October 12, 2020 Accepted: January 11, 2021
1-Assist. Prof., Soil Science and Engineering Dept., Agriculture College, University of Tabriz- Iran.
2-MSc. Graduate, Soil Science and Engineering Dept., Agriculture College, University of Tabriz- Iran.
3- Assist. Prof., Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University- Iran.
4-Prof., Soil Science and Engineering Dept., Agriculture College, University of Tabriz- Iran.
*Corresponding Author Email: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir

**Abstract**

**Background & Objective:** In this research work, land suitability as one of the first step in sustainable agriculture was done to find urgency of utilization type change in Horand region. Also, different aspects of qualitative and quantitative land suitability methods were discussed to determine and improve the involved criteria in sustainable agriculture evaluation.

**Materials & Methods:** Qualitative and quantitative land suitability of common utilization types in study area such as rainfed and irrigated wheat and onion carried out by providing climate, landscape and soil information. Chi-square test, Pearson correlation and Regression relationship were performed to test accuracy and validity of evaluation methods. The suitability zoning of study area was completed for different land utilization types and behind interpretation output maps, the management level was analyzed.

**Results:** Dominant climate and slope limitation with other studied factors which had role in decrease of suitability in some case, caused to suitability classes of N for rainfed wheat, S1to N for irrigated wheat and N for onion. Statistical studies confirm the accuracy of the evaluation methods. Determined middle and low levels of managements are keeping with field conditions.

**Conclusion:** Unsuitability and in some cases low suitability of the region, indicates the urgency of change in common utilization type. There isn't so important difference between qualitative and quantitative suitability evaluation methods in high limitation with unsuitable class. Environmental and management factors which have indirect effects on limitations should be considered behind yield value in land management index determining.

**Keywords:** FAO, Land Suitability Evaluation, Onion, Sustainable Agriculture, Wheat

**مقدمه**

با توجّه به نیاز روزافزون به محصولات کشاورزی، تنها جوامعی پیروز میدان رقابت تأمین نیازهای کشاورزی خواهند بود که از استعداد اراضی خویش اطلاعات کافی داشته باشند تا با بهره‌برداری بهینه از آن در کنار رسیدن به حداکثر تولید، از زوال این منبع خدادادی پیشگیری نمایند که این مهم در مفهوم کشاورزی پایدار تجلّی می‌یابد. مطالعه کلی کشاورزی پایدار در ایران طی چند سال گذشته حکایت از آن دارد که کل کشور از نظر توسعه کشاورزی پایدار در وضعیت ناپایدار یا با پایداری ضعیف قرار دارد (کوچکی و همکاران ۲۰۱٤)، لذا ارتقای این وضعیت از ضرورت‌های

غیرقابل اجتناب کشور می‌باشد. در این راستا یکی از راهکارهای بنیادین، مطالعات ارزیابی اراضی است، چرا که منابع کشاورزی از جمله اصلی‌ترین سنجه‌های دخیل در بررسی ظرفیت توسعه کشاورزی پایدار می‌باشد (کوچکی و همکاران ۲۰۱٤، زو و همکاران ۲۰۰٦). برنامه-ریزی استفاده بهینه از اراضی مستلزم توجّه به عوامل محیطی است که آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند و یکی از مهمترین وظایف ارزیابی اراضی درک و تشخیص ارتباط بین محیط طبیعی و انواع استفاده‌های ممکنه در راستای تأمین اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزان اراضی می‌باشد. پس با توجه به هدف نهایی ارزیابی اراضی که تحلیل استفاده بهینه و پایدار از اراضی است می‌توان برنامه استمرار یا تغییر الگوی کشت یک منطقه را طراحی نمود.

طی ارزیابی تناسب اراضی، اطلاعات دقیق از اجزای اصلی اراضی شامل اقلیم، خاک و زمین‌نما استخراج، تکمیل و تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در خصوص مدیریت اراضی انجام می‌شود (فائو ۱۹۷٦، رومیژن و همکاران ۲۰۱٦). روش ارزیابی تناسب اراضی به روش فائو که در اکثر کشورهای در حال توسعه محور اصلی این مجموعه از مطالعات محسوب می‌شود به دو صورت کمّی و کیفی می‌تواند صورت گیرد (فائو ۱۹۹۳). در حال حاضر این سیستم از جمله روش‌های غالب در عرصه اجرای پروژه-های کشاورزی در کشور می‌باشد، لیکن عمده تمرکز بر ارزیابی کیفی تناسب اراضی بوده در حالی‌که فائو معتقد است که تنها استفاده از معیارهای فیزیکی اراضی نمی‌تواند به‌عنوان معیار مناسب جهت تمایز و تفکیک اراضی مورد استفاده قرار گیرد، زیرا یکی از مهم‌ترین معیارهای تصمیم‌گیری زارعین و کاربران میزان درآمدزایی واحدهای تولیدی است (روزیتر ۱۹۹٦).

در کنار طیف وسیع مطالعات جهانی در خصوص ارزیابی کیفی تناسب اراضی در دوران‌ها و مکان‌های مختلف برای انواع تیپ‌های بهره‌وری همچون تحقیقات یاسمینا و همکاران (۲۰۰۱)، یتبارک و همکاران (۲۰۱۳) و ویدیاماکا و همکاران (۲۰۱٦)، طی مطالعات ارزیابی کیفی تناسب اراضی صورت گرفته در کشور، از جمله تحقیقات ایوبی و همکاران (۲۰۰۱)، شهبازی و جعفرزاده (۲۰۰۵)، رحیمی لک و همکاران (۲۰۰۹) و هاشمی و کیانی (۲۰۱۸)، مجموعه‌ای از اجزای عوامل خاک، اقلیم و زمین‌نما به-عنوان فاکتورهای محدود کننده تناسب تیپ‌های بهره-وری مختلف شناخته شدند.

از آنجائی‌که امروزه مفاهیم اقتصادی، از دیدگاه کشاورزان عوامل حیاتی برای بقا در بازار عرضه محصولات محسوب می‌شوند (سامرانپونگ و همکاران ۲۰۰۹)، عمل به توصیه فائو مبنی بر استفاده از ارزیابی کمّی تناسب در کنار روش کیفی بیش از پیش ضروری می‌نماید، چرا که طی مطالعات ارزیابی کمّی تناسب اراضی محدودیت‌هایی از اراضی نمایان می‌شوند که در روش کیفی مستور باقی می‌ماندند. وان‌رانست و همکاران (۱۹۹۵) با بررسی تولید پیش‌بینی‌شده و تولید مشاهده‌شده طی ارزیابی کمّی تناسب اراضی برای ذرت، نشان دادند که متوسط تولید پیش‌بینی شده بیش از تولید مشاهده‌شده می‌باشد. ایشان عدم اقدامات حفاظتی و استفاده از واریته‌های کم بازده را مهم‌ترین عامل این اختلاف عنوان کردند. جلالیان و همکاران (۲۰۰۸) با ارزیابی کیفی و کمّی دشت مهران برای گندم، کنجد و ذرت گزارش نمودند که کلاس‌های کمّی در سطح برابر یا بالاتری نسبت به کلاس‌های کیفی قرار دارند که این نشان‌دهنده سطح بالای مدیریت این تیپ‌های بهره‌وری می‌باشد، در حالی‌که در مورد کنجد حالت عکس حاکم بوده که ناشی از مدیریت ضعیف در کشت و کار این تیپ بهره‌وری گزارش شده است. ثروتی و همکاران (۲۰۱٤) با مطالعات خود در منطقه خواجه بالا بودن کلاس کیفی تناسب اراضی را نسبت به کلاس‌های کمّی نشان دهنده مدیریت پایین زارعین محلی عنوان کردند. با این حال آن-ها اشاره نمودند که در برخی از واحدهای اراضی نیز حالت برعکس حاکم بوده که نشان دهنده مدیریت صحیح در آن واحدهای اراضی است. چنین نتیجه‌ای در مورد

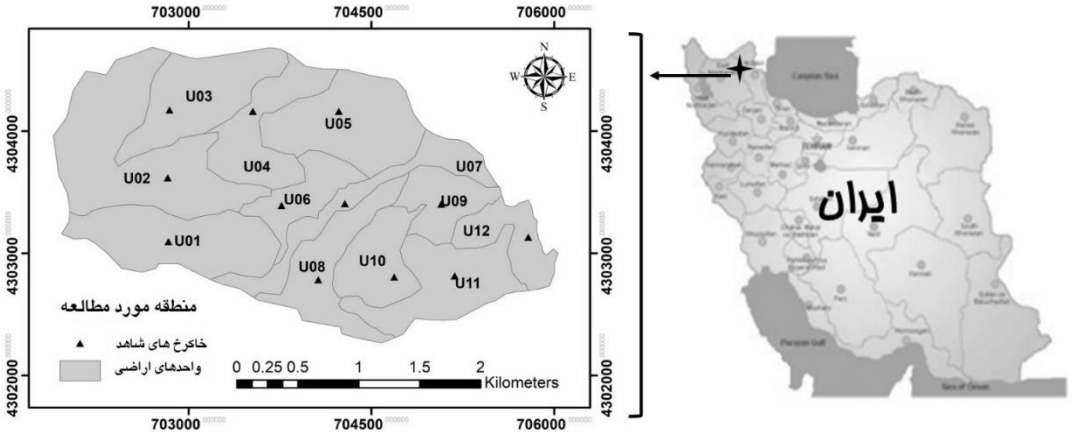
ذرت دانه‌ای در منطقه قبادلو عجب شیر نیز گزارش شده است (ثروتی و همکاران ۲۰۱۵).

ضرورت اجرای طرح‌های توسعه کشاورزی پایدار در اقصی نقاط کشور و نیز توجه به شرایط محیطی حاکم بر منطقه هوراند و پتانسیل‌های آن برای توسعه و حفاظت عرصه‌های مرتعی و جنگلی برای تولید محصولات مرتبط همچون انواع گیاهان دارویی، ایجاب نمود تا با ارزیابی تناسب اراضی منطقه برای محصولات کشاورزی رایج آن (گندم و پیاز) ضمن شناسایی عوامل محدود کننده تولید آنها، لزوم استمرار یا تغییر کشت این محصولات بررسی شود. از سوی دیگر سعی بر آن شد تا با مقایسه روش‌های کیفی و کمّی تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مذکور، مزیت‌ها و معایب آنها برای اجرا در نواحی مختلف روشن شود تا به‌عنوان یکی از روش‌ها برای تعیین بخشی از سنجه‌های اصلی در مطالعات ارزیابی کشاورزی پایدار مدنظر قرار گیرند.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ٦٦٢ هکتار از اراضی شهرستان هوراند استان آذربایجان‌شرقی در محدوده جغرافیایی ۷۰۲۱۰۵ تا ۷۰٦۰۲۲ متر طول شرقی و ٤۳۰۲۸٦۷ تا ٤۳۰٤٦۳۷ متر عرض شمالی (زون 38S) می‌باشد (شکل ۱). میانگین دمای هوای سالانه منطقه ۱۱/۷°C، دمای حداقل ۱٤/۷°C- و دمای حداکثر ۳۵/۵°C است و متوسط بارندگی سالانه ۲۸۹ میلی‌متر می‌باشد. همچنین براساس تقسیم‌بندی آمبرژه، منطقه دارای آب و هوای سرد و نیمه‌خشک بوده (سازمان هواشناسی کشور ۲۰۱٦) و رژیم حرارتی و رطوبتی خاک‌ها به‌ترتیب مزیک و زریک است (بنائی ۱۹۹۸). براساس نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای شش تیپ از اراضی در منطقه قابل شناسایی است که در قالب ۱۲ واحد اراضی مورد مطالعه قرار گرفتند. تیپ بهره‌وری غالب اراضی منطقه گندم و پیاز با مدیریت سنتی می‌باشد که میزان تولید آنها و نیز داده‌های عرف محلی از طریق تکمیل پرسش‌نامه‌ها توسط زارعین و کارشناسان فعال در منطقه حاصل شده است.




**شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و واحدهای اراضی مربوطه**

### مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

در مرحله صحرایی، ویژگی‌های زمین‌نمای هر واحد اراضی ثبت و ۱۲ خاکرخ شاهد در منطقه حفر شده توسط راهنمای تشریح (شوئنبرگر و همکاران ۲۰۱۲) مطالعه و نمونه‌برداری از افق‌های ژنتیکی انجام شد. در مرحله آزمایشگاهی مجموعه‌ای از تجزیه‌های فیزیکی و

شیمیایی خاک شامل بافت، سنگریزه، واکنش خاک، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و گچ خاک که در ارزیابی تناسب اراضی معیارهای سنجش وضعیت خاک بودند با استفاده از دستورالعمل‌های استاندارد تکمیل شدند (مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور ۲۰۰۸).

**مطالعات ارزیابی تناسب اراضی**

از مقایسه مشخصات اراضی حاصل از اشراف اطلاعاتی به وضعیت اقلیم، خاک و زمین‌نمای منطقه با جداول نیازهای تیپ بهره‌وری، نتیجه‌گیری نهایی در خصوص وضعیت تناسب منطقه برای یک نوع تیپ بهر-وری صورت می‌گیرد (سایس و همکاران ۱۹۹۱b). در این مطالعه سنجش وضعیت تناسب اراضی برای محصولات رایج منطقه (پیاز و گندم) به دو روش کیفی و کمّی ارائه شده توسط فائو (۱۹۷۶) صورت گرفت.

به‌منظور ارزیابی کیفی تناسب اراضی از روش پارامتریک ریشه دوم استفاده شد. در این روش یک درجه‌بندی کمّی از صفر تا ۱۰۰ در نتیجه مقایسه وضعیت خصوصیات اراضی با نیازهای تیپ بهره‌وری به هر مشخصه داده می‌شود و از تلفیق درجات مذکور از طریق رابطه ۱ شاخص اراضی محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از روابط استاندارد شاخص‌های اراضی اصلاح شده حاصل و کلاس‌بندی تناسب اراضی برای تیپ بهره‌وری مورد نظر برمبنای شاخص‌های اصلاح شده صورت می‌گیرد (سایس و همکاران ۱۹۹۳).

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \dots}$$ رابطه [۱]

در این رابطه I شاخص اراضی و A، B، C، D و ... درجات خصوصیات مختلف اراضی و Rmin حداقل درجه بین خصوصیات مختلف است.

ارزیابی کمّی تناسب اراضی به روش فائو نیازمند محاسبه تولید پتانسیل هر محصول می‌باشد که با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید (سایس و همکاران ۱۹۹۱a). در این رابطه Y میزان تولید پتانسیل برحسب کیلوگرم در هکتار، bgm بیشینه میزان تولید بیوماس ناخالص برحسب کیلوگرم در هکتار در ساعت، KLAI ضریب شاخص سطح برگ، $H_i$ ضریب برداشت، L طول فصل رشد و $C_t$ ضریب تنفس بوده که با استفاده از ضریبی خاص و میانگین دما در طول فصل رشد محاسبه می‌شود.

$$Y = \frac{0.36bgm \times KLAI \times H_i}{[(\frac{1}{L}) + 0.25C_t]}$$ رابطه [۲]

در گام بعد تولید پیش‌بینی شده به‌وسیله حاصل-ضرب تولید پتانسیل هر محصول در شاخص خاک هر واحد اراضی محاسبه شد. به‌منظور بررسی صحت روش ارزیابی، معنی‌داری رابطه بین تولید مشاهده شده با تولید پیش‌بینی با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آزمون مربع کای بررسی شده و همبستگی پیرسون و رابطه رگرسیونی آنها مشخص شد. تولید بحرانی و حدود کلاس‌های کمّی براساس راهنمای ارائه شده توسط سایس و همکاران (۱۹۹۱b) تعیین شد. در نهایت با توجه به مقادیر تولید پیش‌بینی شده و حدود کلاس‌های کمّی، طبقه‌بندی منطقه برای ارزیابی تناسب صورت گرفت. برمبنای کلاس‌های تعیین شده طی روش‌های بحث شده برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه، نقشه‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Arc Map 10.3 مطابق با رنگ‌های استاندارد کلاس‌های تناسب ترسیم و بحث‌های نهایی و مدیریتی با استناد به نقشه‌های خروجی و نیز رابطه ارائه شده توسط گیوی (۱۹۹۸) که در قالب رابطه ۳ نشان داده شده است صورت گرفت.

$$\text{شاخص مدیریت} = \frac{\text{تولید مشاهده شده}}{\text{تولید پتانسیل}}$$ رابطه [۳]

در رابطه ۳ مقادیر شاخص مدیریت بالای ۰/۷۵ به مفهوم سطح مدیریت بالا، حدود بین ۰/۷۵-۰/۵متوسط و مقادیر کمتر از ۰/۵ بیان‌گر سطح مدیریت پایین می‌باشند.

## نتایج و بحث

### خاک‌های منطقه مورد مطالعه

توصیف کلی خاک‌های منطقه مورد مطالعه براساس نتایج حاصل از مطالعات فیزیکی و شیمیایی خاک بیان‌گر بافت‌هایی سبک تا سنگین، درصد ذرات درشت‌تر از شن ناچیز تا ۲۰ درصد، pH نسبتاً قلیائی با وضعیت غیرشور تا جزئی شور، درصد کربن آلی ناچیز تا ۱/۲۸، آهک ۸/۱ تا ٤٠/٤ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی ١٤/٢ تا ٣٤/٦ سانتی مول بار بر کیلوگرم و ESP ۳/۷ تا ۹/٤ درصد، می‌باشد. به‌طور کلی براساس مطالعات ژنتیکی نیز خاک-های منطقه در دو رده انتی‌سول و اینسپتی‌سول مطابق با سیستم رده‌بندی خاک آمریکایی (۲۰۱٤) جای دارند.

### ارزیابی کیفی و کمّی تناسب اراضی

کمبود رطوبت منجر به محدودیت اقلیمی کشت دیم گندم می‌شود که وضعیت نامتناسب (N) را برای درجه نهایی تناسب منطقه برای این تیپ بهره‌وری در پی خواهد داشت. بررسی تناسب منطقه برای کشت گندم آبی بیان-گر تناسب بحرانی (S3) تا کاملاً متناسب (S1) است (جدول ۱). شیب (اغلب واحدها)، گچ (واحدهای ۱ تا ٤)، شوری (واحد ٤) و بافت- ساختمان- سنگریزه (واحد ۱۲) برای رشد و عملکرد تیپ بهره‌وری گندم آبی محدودیت ایجاد می‌کنند. همچنین براساس جدول ۱، نتایج حاصل از ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای پیاز مؤید وضعیت نامناسب دائمی (N2) تا بحرانی (S3) است که در این رابطه شیب، آهک و گچ (اغلب واحدها)، شوری (واحد ٤) و سیل‌گیری (واحد ۹) ایجاد محدودیت می‌نمایند، با این تفاوت که محدودیت‌ها در مورد تیپ بهره‌وری پیاز نسبت به گندم بسیار شدیدتر هستند. یوهانس و سورمسا (۲۰۱۸) نیز با مطالعات خود، شیب را یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در تناسب اراضی محصولات زراعی فاریاب عنوان کردند. موتاما و همکاران (۲۰۱٦) نیز شوری و گچ را از عوامل کاهش عملکرد گندم آبی گزارش نمودند.

**جدول ۱- شاخص‌های اراضی و کلاس تناسب کیفی تیپ‌های بهره‌وری با روش پارامتریک ریشه دوم**

| واحد اراضی | گندم دیم | | گندم آبی | | پیاز | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | شاخص اراضی | کلاس تناسب اراضی | شاخص اراضی | کلاس تناسب اراضی | شاخص اراضی | کلاس تناسب اراضی |
| ۱ | ۱۱/۷۸ | $N_2$ | ٤۱/۸ | S3 | ٦ | N2 |
| ۲ | ۷/۰۳ | $N_2$ | ۳۳/۸ | S3 | ٥/٤ | N2 |
| ۳ | ۷/۷٤ | $N_2$ | ٤۲/٤ | S3 | ٥/۷ | N2 |
| ٤ | ۱۰/۸۷ | $N_2$ | ٥۷/۸ | S2 | ۱/۹ | N2 |
| ٥ | ۱٥/۰٤ | $N_1$ | ٦۲/٦ | S2 | ۳٦/۹ | S3 |
| ٦ | ۱٦/۰۸ | $N_1$ | ٦٦/٥ | S2 | ۳۸/۷ | S3 |
| ۷ | ۱٤/٤۸ | $N_1$ | ٦۳/۹ | S2 | ٦/۷ | N2 |
| ۸ | ۱۱/٤۲ | $N_2$ | ۳۸/۱ | S3 | ٦/٦ | N2 |
| ۹ | ۱۲/۳۷ | $N_2$ | ٦۰/٤ | S2 | ٦/۹ | N2 |
| ۱۰ | ۱۷/٥۸ | $N_1$ | ۸٤/۹ | S1 | ٤۲/۹ | S3 |
| ۱۱ | ۱۷/۰۲ | $N_1$ | ۸۳/٥ | S1 | ٤۳/۲ | S3 |
| ۱۲ | ۹/٤٥ | $N_2$ | ٥۳ | S2 | ٦/۲ | N2 |

پس از تعیین تولید بحرانی و محدوده کلاس‌های کمّی تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است، با توجه به مقادیر تولید پیش‌بینی شده برای هر واحد اراضی کلاس‌بندی کمّی تناسب اراضی منطقه صورت گرفت (جدول ۳). طبق نتایج حاصله مشاهده شد که وضعیت منطقه برای کشت دیم گندم نامناسب (N) است، در حالی‌که برای کشت آبی این محصول کلاس‌های تناسب از کاملاً مناسب (S1) تا نامناسب (N) می‌باشند و این نکته بیان‌گر نقش اقلیم در ایجاد محدودیت برای کشت دیم است. برای محصول پیاز نیز دو کلاس تناسب بحرانی (S3) و نامناسب (N) در سطح منطقه حاصل شد.

**جدول ۲- محدوده کلاس‌های تناسب اراضی کمّی برای تیپ‌های بهره‌وری ($kg.ha^{-1}$)**

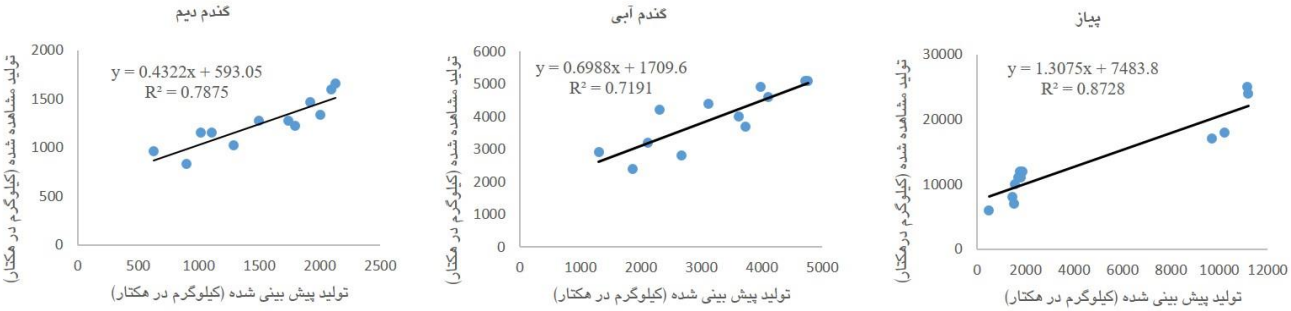
| تیپ بهره‌وری | $S_1$ | $S_2$ | S3 | N |
|---|---|---|---|---|
| گندم | >٤٧٠٠ | ٤٠٠٠-٤٧٠٠ | ٢٧٠٠-٤٠٠٠ | <٢٧٠٠ |
| پیاز | >١٩٦٠٠ | ١١٢٠٠-١٩٦٠٠ | ٧٢٠٠-١١٢٠٠ | <٧٢٠٠ |

**جدول ۳- تولید پیش‌بینی شده ($kg.ha^{-1}$) و کلاس تناسب اراضی کمّی تیپ‌های بهره‌وری**

| واحد اراضی | گندم دیم | | گندم آبی | | پیاز | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | تولید پیش‌بینی شده | کلاس تناسب اراضی | تولید پیش‌بینی شده | کلاس تناسب اراضی | تولید پیش‌بینی شده | کلاس تناسب اراضی |
| ١ | ١٢٩٠ | N | ٢٦٧٩ | N | ١٥٧١ | N |
| ٢ | ٩٠٠ | N | ١٨٦٩ | N | ١٤٦٦ | N |
| ٣ | ١٠٢٠ | N | ٢١١٨ | N | ١٥١٩ | N |
| ٤ | ١٧٤٠ | N | ٣٦١٣ | S3 | ٤٩٧ | N |
| ٥ | ١٥٠٠ | N | ٣١١٥ | S3 | ٩٦٩٠ | S3 |
| ٦ | ٢٠٠٧ | N | ٤١١١ | S2 | ١٠٢١٤ | S3 |
| ٧ | ١٩٢٠ | N | ٣٩٨٧ | S3 | ١٨٠٧ | N |
| ٨ | ٦٣٠ | N | ١٣٠٨ | N | ١٧٨٠ | N |
| ٩ | ١٨٠٠ | N | ٣٧٣٨ | S3 | ١٨٥٩ | N |
| ١٠ | ٢١٣٠ | N | ٤٧٢٣ | S1 | ١١١٦١ | S3 |
| ١١ | ٢١٠٠ | N | ٤٧٦١ | S1 | ١١١٩٧ | S3 |
| ١٢ | ١١١٠ | N | ٢٣٠٥ | S3 | ١٦٨٩ | N |

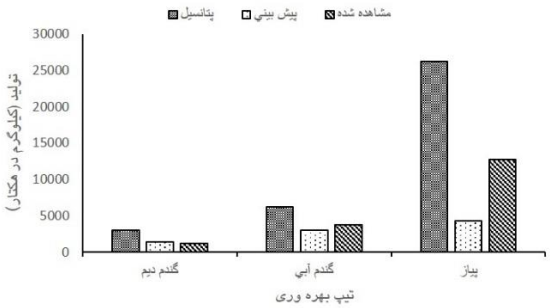
نتایج صحت سنجی روش ارزیابی توسط آزمون مربع کای نشان داد که با توجه به مقادیر خی‌دو ۰/۲۵۲، ۰/۲۴۲ و ۰/۲۵۲ به‌ترتیب برای گندم دیم، گندم آبی و پیاز، تفاوت معنی‌داری بین میزان تولید مشاهده شده و پیش-بینی شده در هر سه تیپ بهره‌وری مورد مطالعه وجود ندارد. از سوی دیگر مقادیر همبستگی پیرسون ۰/۸۸۷ گندم دیم، ۰/۸۴۸ گندم آبی و ۰/۹۵۴ پیاز در سطح احتمال ۱ درصد نیز تأیید کننده رابطه معنی‌دار بین دو تولید یاد شده است. این نتایج همچون یافته‌های گیوی (۱۹۹۸) و ممتاز (۲۰۰۹) دلالت بر صحت روش ارزیابی و انتخاب مناسب فاکتورهای دخیل در ارزیابی دارد. از سوی دیگر

ایجاد رابطه رگرسیونی بین تولید مشاهده شده و پیش-بینی شده که در شکل ۲ نشان داده شده، با توجه به مقادیر $R^2$ حکایت از دقت نسبتاً پایین روش در عین صحت آن دارد که علت آن نیز کالیبره نبودن محدوده-های مقادیر ویژگی‌های مورد بررسی در ارزیابی تناسب اراضی منطقه با مقادیر جداول نیازهای مربوطه به‌دلیل تفاوت شرایط محیطی است که در صورت کالیبره بودن کامل، بایستی به هم‌بستگی کامل این دو شاخص منجر می‌شد.




**شکل ۲- رابطه رگرسیونی تولید پیش‌بینی شده و مشاهده شده برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه**

مقایسه مقادیر متوسط تولید پتانسیل، پیش‌بینی شده و مشاهده شده برای تیپ‌های بهره‌وری مورد بررسی در سطح منطقه (شکل ۳) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار در هر سه تیپ بهره‌وری متعلق به تولید پتانسیل است که این امر با توجه به عدم دخالت مقادیر فاکتورهای خاک و زمین‌نما، به‌عنوان بخشی از عوامل محدودیت، در برآورد میزان تولید پتانسیل امری طبیعی است و فاصله این تولید با دو مورد دیگر بیان‌گر شدت محدودیت‌های خاک و زمین‌نمای دخیل در تولید محصولات است. نکته دیگر در تفاوت مقادیر انواع تولید، بالا بودن مقدار تولید مشاهده شده نسبت به پیش‌بینی شده می‌باشد که بیان‌گر دخالت عواملی غیر از ملاک‌های دخیل در ارزیابی تناسب تیپ-های بهره‌وری است. چنین به‌نظر می‌رسد آنچه بیش از کالیبره نبودن محدوده کلاس‌های ویژگی‌های مؤثر نیازهای تیپ بهره‌وری در ارزیابی (جداول نیازها)، که پیش‌تر نیز بدان اشاره شد و بیان‌گر نیاز مبرم به واسنجی جداول سایس (سایس و همکاران ۱۹۹۳) بود، در بالا بودن تولید مشاهده شده نسبت به پیش‌بینی دخیل می‌باشد تفاوت در نوع رقم و واریته محصولات مورد کشت در منطقه با محصولات مورد استفاده در تنظیم جدول نیازها می‌باشد. از این‌رو می‌توان گزینش صحیح رقم توسط زارعین در منطقه یا آداپته شدن رقم با شرایط محیطی و غلبه بر محدودیت‌ها را عامل این اختلاف دانست هر چند خود این رقم‌ها هنوز مطلوبیت کافی از نظر تولید به‌واسطه تفاوت با مقادیر تولید پتانسیل را دارا نیستند. از سوی دیگر بررسی‌های بیشتر، علل کم بودن مقادیر تولید پیش‌بینی شده در مقابل مشاهده شده را تعدیل در محدودیت فاکتورهای دخیل در تولید به‌واسطه دخالت عوامل محیطی طبیعی همچون دوره‌ای بودن برخی از محدودیت‌ها (سیل‌گیری)، کاهش میزان شوری، آهک و گچ به‌دلیل همراهی رطوبت ناشی از بارش با اقدامات آبیاری و گاهاً دخالت‌های زارعین همچون کوددهی و تبعات آن بیان می‌کند. چنین وضعیتی در مطالعات ایوبی و همکاران (۲۰۰۲) نیز گزارش و علت مدیریت منبع آب و کیفیت آن بیان شده است.

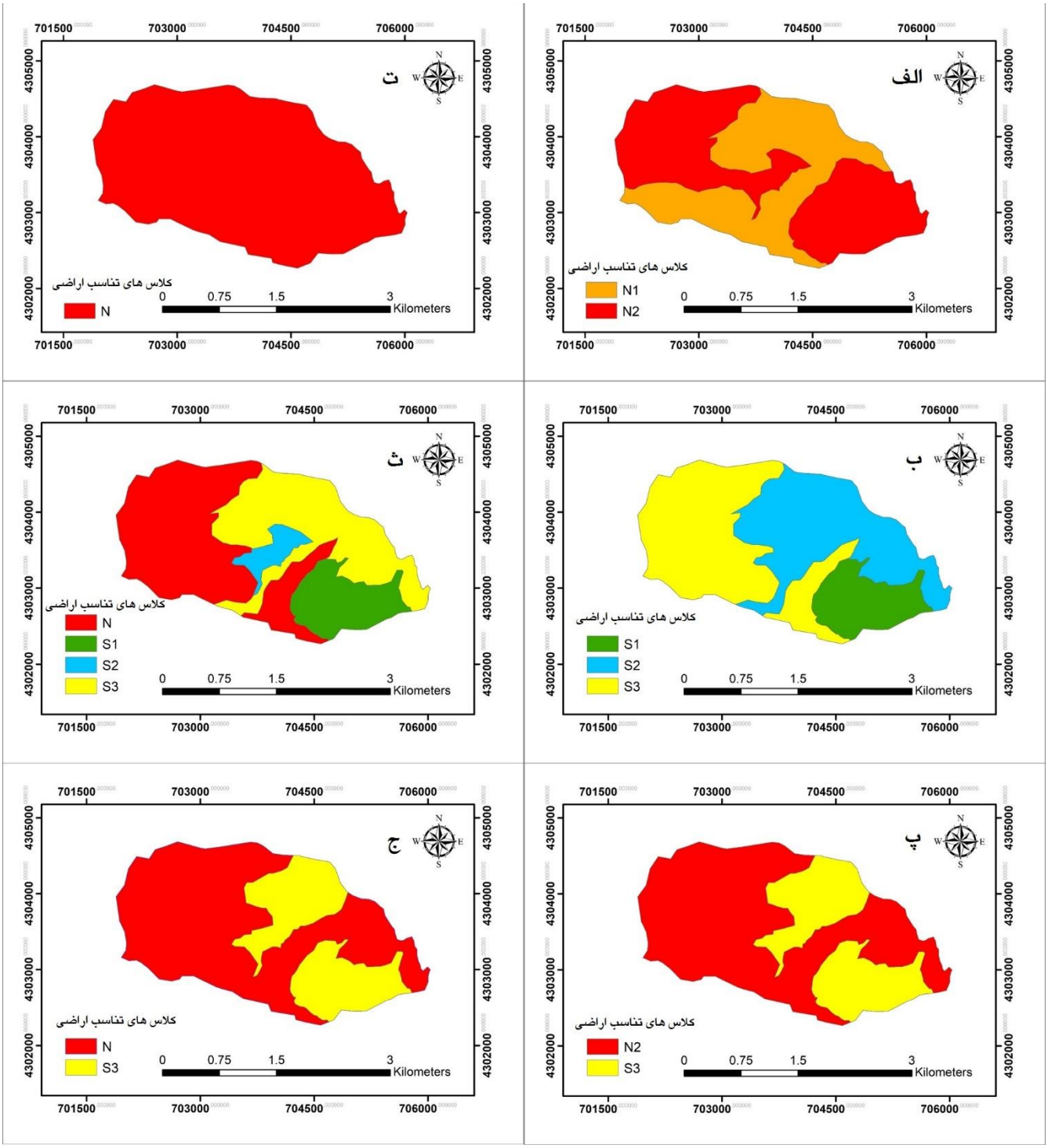



**شکل ۳- مقادیر متوسط انواع تولید تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه**

متوسط شاخص مدیریت ۰/۳۹، ۰/٦ و ۰/٤٨ به‌ترتیب برای تیپ‌های بهره‌وری گندم دیم، گندم آبی و پیاز بیان‌گر سطح مدیریت متوسط و پایین در منطقه می‌باشند که شواهد میدانی همچون سنتی بودن عملیات زراعی و سطح علمی پایین زارعین منطقه نیز تأیید کننده آن می‌باشد. از سوی دیگر هم‌خوانی حدودی مقادیر شاخص مدیریت با درجه تناسب اراضی که پیش‌تر حاصل شد بیان‌گر این نکته نیز می‌باشد که عامل مدیریت انسانی تنها عامل کم بودن تولید مشاهده شده نسبت به پتانسیل و به‌دنبال آن وضعیت مدیریتی این اراضی نیست و همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد نباید از ایفای نقش عوامل محیطی غیرقابل کنترل در میزان تولید غافل شد. در نهایت نیز مطابق با استنباط بروک و همکاران (۲۰۱۹)، بالابودن کلاس‌های کیفی تناسب اراضی نسبت به کمّی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد نظر نشان دهنده این مطلب است که سطح مدیریت در منطقه برای این محصولات پایین است. بنابراین ضمن اذعان به سطح مدیریت پایین در منطقه، بایستی در تعیین شاخص مدیریت ملاحظاتی که نواقص ناشی از نقش عوامل محیطی خارج از کنترل زارعین را برطرف می‌نمایند، مطرح، بررسی و مدنظر قرار گیرند.

نتایج حاصل از پهنه‌بندی کلاس‌های تناسب اراضی طبق دو روش کیفی و کمّی برای تیپ‌های بهره‌وری در سطح محدوده مورد مطالعه در جدول ٤ جمع‌بندی شده و نقشه‌های خروجی مربوطه در شکل ٤ نمایش داده شده است. خروجی نقشه‌های تناسب اراضی منطقه براساس روش‌های مختلف مورد بحث در هر دو حالت کیفی و کمّی نشان می‌دهد که ۱۰۰ درصد از وسعت منطقه برای کشت دیم گندم در شرایط نامناسب می‌باشد، لذا کشت این محصول در شرایط دیم توصیه نمی‌شود. برای تیپ بهره‌وری گندم آبی ارزیابی کیفی تناسب اراضی، وسعت‌های متفاوتی از کلاس‌های تناسب S1 تا S3 را نشان دادند. از این‌رو تولید این محصول در کل منطقه هر چند با سوددهی کم براساس ارزیابی‌های تناسب کیفی صورت گرفته قابل توجیه است، لیکن ارزیابی کمّی تناسب این تیپ بهره‌وری ٤٥/۹۰ درصد از کل اراضی را برای زیرکشت رفتن این محصول حداقل با شرایط فعلی نامناسب معرفی نموده و توصیه به عدم کشت آن در این وسعت از منطقه دارد. درخصوص تیپ بهره‌وری پیاز، ارزیابی کیفی و کمّی تناسب اراضی توصیه به عدم کشت این محصول در حدود ۷۰ درصد از منطقه دارد و بیان می‌کند که در ۳۰ درصد از اراضی باقی‌مانده نیز تناسب کم بوده و بازده اقتصادی اندک خواهد بود. بنابراین با توجه به شرایط محیطی و مدیریتی منطقه، ادامه کشت محصولات مورد بررسی چندان توصیه نمی‌شود. اگرچه ممکن است در برخی نواحی که دارای کلاس نامتناسب نیستند اقدامات اصلاح اراضی منجر به بهبود نسبی کلاس‌های تناسب اراضی شوند لیکن آنچه به‌نظر می‌رسد نیاز به سرمایه‌گذاری با توجه به ماهیت مهندسی بودن آنها است که این امر با توجه به سنتی بودن وضع

کشاورزی منطقه و عدم توان مالکین قدری بعید می‌نماید. از سوی دیگر وسعت نواحی قابل اصلاح نسبت به کل منطقه ( شکل ٤) بیان‌گر این مطلب است که چنین اقداماتی در راستای اصلاح کل منطقه و ارتقای سطح کشاورزی آن چندان نقشی نخواهد داشت. از این‌رو با توجه به ماهیت و پتانسیل منطقه، توسعه و حفاظت عرصه‌های جنگلی و مرتعی و تکیه بر تولیدات فرعی آنها و یا همراهی با کاربری‌های مذکور همچون کشت گیاهان دارویی و معطر نسبت به استمرار تیپ‌های بهره‌وری فعلی معقول‌تر به‌نظر می‌رسد.




**شکل ۴- پهنه‌بندی کلاس‌های تناسب اراضی تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با روش‌های مختلف ارزیابی تناسب (الف، ب و پ- روش کیفی- به‌ترتیب برای گندم دیم، آبی و پیاز، ت، ث و ج- روش کمّی- به‌ترتیب برای گندم دیم، آبی و پیاز)**

**جدول ۴- وسعت کلاس‌های تناسب اراضی تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با روش‌های مختلف ارزیابی تناسب اراضی**

| روش ارزیابی | | کیفی | | | | | | کمّی | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| تیپ بهره‌وری | | گندم دیم | | گندم آبی | | پیاز | | گندم دیم | | گندم آبی | | پیاز | |
| وسعت | | هکتار | درصد | هکتار | درصد | هکتار | درصد | هکتار | درصد | هکتار | درصد | هکتار | درصد |
| کلاس تناسب | $S_1$ | – | – | ۱۰۰ | ۱۵/۰۵ | – | – | – | – | ۹۹ | ۱۵/۰۵ | – | – |
| | $S_2$ | – | – | ۲۵۸ | ۳۹/۰۵ | – | – | – | – | ۳۱ | ٤/٦٧ | – | – |
| | $S_3$ | – | – | ۳۰٤ | ٤٥/۹۰ | ۲۰٤ | ۳۰/۹۵ | – | – | ۲۲۷ | ۳٤/۳۸ | ۲۰٤ | ۳۰/۹۵ |
| | $N_1$ | ۲۸۷ | ٤۳/۳۸ | – | – | – | – | ٦٦۲ | ۱۰۰ | ۳۰٤ | ٤٥/۹۰ | ٤٥۸ | ٦۹/۰۵ |
| | $N_2$ | ۳۷۵ | ٥٦/٦۲ | – | – | ٤٥۷ | ٦۹/۰۵ | – | – | – | – | – | – |

## نتیجه‌گیری کلی

اگرچه منطقه هوراند با تیپ‌های بهره‌وری مورد بحث در عرصه کشاورزی شناخته شده است، لیکن ارزیابی-های صورت گرفته به‌واسطه کلاس‌های تناسب اراضی حاصله و میزان تولید حکایت از مقرون به‌صرفه نبودن استمرار آنها در منطقه دارد. ماهیت محدودیت‌های شناسایی شده برای محصولات مورد نظر نیز به‌نحوی هستند که یا امکان اصلاح ندارند و یا جزو عملیات اصلاح اصلی اراضی می‌باشند که امکان پیاده نمودن آنها برای زارعین وجود ندارد. بنابراین پیشنهاد به جایگزینی کشت این تیپ‌های بهره‌وری با محصولاتی که به‌طور طبیعی در اراضی مرتعی و جنگلی اطراف حضور دارند و دارای ارزش افزوده بالایی نیز هستند می‌باشد. البته قبل از اجرای این عملیات نیز ارزیابی تناسب محصولات هدف توصیه می‌شود. در این راستا اقدام تیم کاری متشکل از کارشناسان خاک و ترویج کشاورزی می‌تواند به لحاظ ارزش‌سنجی اراضی و فرهنگ‌سازی و ارتقای سطح مدیریت زارعین گامی بسیار مهم در پیاده نمودن کشاورزی پایدار در منطقه باشد.

نگاه فنی به تحقیق حاضر لزوم واسنجی جداول نیازهای تیپ‌های بهره‌وری و نیز توجه به سنجش تناسب ارقام مختلف یک تیپ بهره‌وری را بیان می‌کند. مقایسه روش‌های کیفی و کمّی تناسب اراضی نیز نشان داد که در نواحی با محدودیت‌های شدید نتایج حاصل از آنها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند و تفاوت‌ها عمدتاً در شرایطی محرز می‌گردد که ارزش اراضی در حدواسط دو کلاس تناسب بحرانی (S3) و نامناسب (N) باشد. همچنین در استفاده از شاخص مدیریت اراضی مبتنی بر تولید پتانسیل و مشاهده شده و تفسیر نتایج حاصل از آن در راستای کشاورزی پایدار، بایستی نقش عوامل محیطی و مدیریتی غیرمستقیم دخیل در محدودیت‌های موجود در منطقه لحاظ شوند تا نتایج معقول و کاربردی که تأیید کننده آنها شواهد میدانی، ارزیابی‌های تناسب و میزان تولید منطقه می‌توانند باشند حاصل شود.

## منابع مورد استفاده

Anonymous. 2014. Keys to soil taxonomy. 12th edition. Soil Survey Staff, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, USA.

Ayoubi Sh, Jalalian A and Givi J. 2001. Qualitative Land Suitability Evaluation for Important Agricultural Crops of North Baraan Region in Isfahan Province. Journal of Water and Soil Science, 5(1): 57-76. (In Persian).

Ayoubi Sh, Givi J, Jalalian A and Amini AM. 2002. Quantitative Land Suitability Evaluation for Wheat, Barley, Maize and Rice Cultivation in Northern Baraan (Isfahan). Journal of Water and Soil Science, 6(3): 105-119. (In Persian).

Banaei MH. 1998. Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran.

Broeke H, Mulder MJD, Bartholomeus HM and Vandam RP. 2019. Quantitative land evaluation implemented in Dutch water management. Bibliographic Information, 338: 536-545.

FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin Series, No: 32, Rome.

FAO. 1993. Guidelines for Land Use Planning. FAO Development Series, No: 1. FAO, Rome.

Givi J. 1998. Qualitative, Quantitative and Economic Land Suitability and Determining Land Production Potential for Main Crops of Falavarjan Region, Isfahan. Planning and Economic Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian).

Hashemi SS and Kiani F. 2018. Qualitative land suitability evaluation for Canola and Sugar beet cultivations with FAO different methods (Gyan area, Hamadan Province). Applied Soil Research, 5(2): 16-30. (In Persian).

IRIMO. 2016. Country climate analysis. In: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, Ahar center. Data sheet.

Jalalian A, Rostaminia M, Ayoubi S and Amini A. 2008. Qualitative, quantitative and economic land suitability evaluation for wheat, maize and sesame production in Mehran Plain, Ilam province. Journal of Crop production and Processing, 11(42): 393-403. (In Persian).

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Moradi R and Mansoori H. 2014. Assessing sustainable agriculture development status in Iran and offering of sustainability approaches. Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4): 179-197. (In Persian).

Momtaz HR. 2009. Study of pedomorphologic, mineralogic and physico-chemical properties in different toposequence of Amol paddy soils and land suitability evaluation for rice and oil seeds .PhD. Thesis. University of Tabriz. (In Persian).

Motuma M, Suryabhagavan KV and Balakrishnan M. 2016. Land suitability analysis for wheat and sorghum crops in Wogdie District, South Wollo, Ethiopia, using geospatial tools. Applied Geomatics, 8(1): 57- 66.

Rahimi lake H, Taghizadeh Mehrijardi R, Akbarzadeh A and Ramazanpour H. 2009. Qualitative and quantitative land suitability evaluation for olive production Roodbar region, Iran. Agricultural journal, 4(2): 52-62.

Romeijn H, Faggian R, Diogo V and Sposito V. 2016. Evaluation of deterministic and complex analytical hierarchy process methods for agricultural land suitability analysis in a changing climate. International Journal of Geo-Information, 99(5): 1-16.

Rossiter DG. 1996. A theoretical framework for land evaluation. Geoderma, 72: 165-202.

Samranpong Ch, Ekasingh B and Ekasingh M. 2009. Economic land evaluation for agricultural resource management in Northern Thailand. Environmental Modeling and Software, 24: 1381-1390.

Schoeneberger PJ, Wysocki DA, Benham EC and Soil Survey Staff. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Servati M, Jafarzadeh AA, Ghorbani MA, Shahbazi F and Davatgar N. 2014. Comparison of the FAO and Albero models in prediction of irrigated wheat production potentials in the Khajeh region. Water and Soil Science, 24(3): 1-14. (In Persian).

Servati M, Momtaz HR, Zali Vargahan B and Mohammadi H. 2015. Performance evaluation of corrected land indices to determine the potential of Maize production using FAO method. Applied Soil Research, 3(1): 65-77. (In Persian).

Shahbazi F and Jafarzadeh AA. 2005. Qualitative evaluation of land suitability in Khusheh-Mehr region of Bonab for wheat, barley, alfalfa, onion, sugar beet and maize. Journal of Agricultural Science, 14 (4): 69-86. (In Persian).

Soil and Water Research Institute. 2008. Laboratory Analysis Instructions of Water and Soil Samples, No. 467. Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian).

Sys C, Vanranset E and Debaveye J. 1991a. Land Evaluation. Part I, Principle in Land Evaluation and Crop Production Calculation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Gent, Belgium.

Sys C, Vanranset E and Debaveye J. 1991b. Land Evaluation, Part II, Methods in Land Evaluation. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.

Sys C, Vanranset E, Debaveye J and Beernaert F. 1993. Land Evaluation, Part III, Crop Requirements. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.

Van Ranset E, Scheldman X, Van Mechelen L, Van Meirvenne M and Kips Ph. 1995. Modeling the land production potential for maize in North-West Cameroon using GIS. Proceeding of the ISSS International Symposium. Pp. 489-502.

Widiamaka A, Ambarwulan W, Setiawan Y and Walter C. 2016. Assessing the suitability and availability of land for agriculture in turban regency, East Java, Indonesia. Applied and Environmental Soil Science, 48: 148-160.

Xu X, Hou L, Lin H and Liu W. 2006. Zoning of sustainable agricultural development in China. Agricultural Systems, 87: 38–62.

Yasmina A, Moulay A, Najmia AM, Enrico B, Yasmina B, Paolo Omar C and Aldo D. 2001. Land Evaluation in the Province of Ben Slimane, Morocco. Ministry of Foreign Affairs, Istituto Agronomico Per L'oltremare, Italy.

Yitbarek T, Kibret1 K, Gebrekidan G and Beyene S. 2013. Physical land suitability evaluation for rainfed production of cotton, maize, upland rice and sorghum in Abobo Area, Western Ethiopia. American Journal of Research Communication, 1(10): 296-318.

Yohannes H and Soromessa T. 2018. Land suitability assessment for major crops by using GIS-based multi-criteria approach in Andit Tid watershed, Ethiopia. Cogent Food and Agriculture, 4: 1-28.