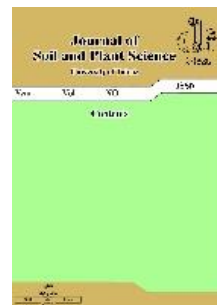




J Soil Plant Sci, 2026, 36(3): 37-53.
<https://doi.org/10.22034/sps.2026.73268.1046>

Journal of Soil and Plant Science

E-ISSN: 3092-6106
<https://sps.tabrizu.ac.ir>



Research Article

Sustainable Land Development in the Keshavarz Part of Shahin Dej County with Emphasis on Determining Cultivation Priority of Wheat, Saffron, Safflower, and Chickpeas

Omid Ahmadi¹, Parisa Alamdari², Moslem Servati³, Hossein Rezaei⁴

1-Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

E-mail: omid.ahmadi@znu.ac.ir

2-Corresponding Author, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

E-mail: p_alamdari@znu.ac.ir

3-Department of Agricultural Extension and Landscape Architecture, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Iran. E-mail: moslemservati@gmail.com

4-Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

E-mail: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir

Received: June 25, 2026

Revised: August 3, 2026

Accepted: August 18, 2026

Published: August 22, 2026

Extended Abstract

Background and Objectives

The imperative to establish and maintain food security increasingly underscores the necessity for optimal utilization of agricultural lands. Optimal land use represents a pivotal strategy for achieving sustainable development within the agricultural sector. Sustainable agricultural development, in turn, necessitates the determination of land capability and the comparative assessment of different crops cultivation across various regions, thereby enabling the establishment of economic cultivation priorities alongside a rigorous land suitability evaluation. In this context, quantitative land suitability has been introduced as a methodological framework for expressing and predicting the productive potential of land for one or more specific land utilization types, serving as an interface between soil resources and their management. Accordingly, the primary objective of the present study was to determine the cultivation priority of irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) behind rainfed chickpea (*Cicer arietinum*), safflower (*Carthamus tinctorius*), and saffron (*Crocus sativus*) - as the predominant crops in the Keshavarz part of Shahin Dej county, West Azerbaijan province, Iran - employing the classical FAO framework.

Materials and Methods

The study was conducted across 4,100 ha of the Keshavarz part of Shahin Dej County, West Azerbaijan province, Iran, with the aim of assessing quantitative suitability of the utilization types. The 15 land units were delineated within the study area, using topographical and geological maps, in conjunction with field evidence derived from satellite imagery. For each unit, landscape characteristics were recorded, and selected representative soil profiles were described and sampled. A comprehensive suite of soil properties, corresponding to the soil requirements of the examined utilization types, was determined in accordance with the standardized laboratory protocols. For the quantitative land suitability evaluation, the potential yield of each utilization type was initially computed based on its genetic potential and plant physiological characteristics, incorporating climatic data in compliance with the FAO procedural guidelines. Subsequently, the predicted yield was derived as the product of the potential yield and the soil index for each land unit. The soil index was calculated through a scoring system, wherein soil properties of each unit were compared against the specific requirements of the utilization types; individual characteristics scores were subsequently integrated using the Square-Root method. Actual yields of wheat, chickpea, safflower, and saffron were ascertained from farmer-reported statistics. Class boundaries for quantitative suitability were established with reference to potential and critical yield values, and the study area classification for the quantitative suitability of the target utilization types was performed accordingly. Land suitability maps were generated using Arc Map 10.3, and the concluding management-oriented discussions were based on the output maps, as well as the management index, defined as the ratio of observed to potential yield.

Results

A summary of the studied soil properties revealed the presence of normal soils as various families within the Inceptisols and Entisols. The potential yield for the utilization types, ranked by crop yield tonnage, was determined as follows: chickpea (9,994 kg ha⁻¹), wheat (7,214 kg ha⁻¹), safflower (5,724 kg ha⁻¹), and saffron (5.6 kg ha⁻¹). Flooding and drainage constraints were identified as the predominant limiting factors among landscape characteristics, while calcium carbonate equivalent (CCE) and EC emerged as the soil limitations across land units for the various utilization types, collectively contributing to a reduction in the calculated soil index. The area-weighted mean soil index for the study area indicated that wheat exhibited the highest overall soil-landscape suitability, whereas chickpea demonstrated the lowest; saffron and safflower occupied intermediate ranks. The actual yields reported by farmers were 5,000, 250, 250, and 5.5 kg ha⁻¹ for wheat, chickpea, safflower, and saffron, respectively. Also, marginal yield thresholds were established at 2,129, 3,848, 1,693, and 2.1 kg ha⁻¹ for wheat, chickpea, safflower, and saffron, respectively. Final results of qualitative land suitability for study area showed, wheat suitability classes ranged from highly suitable (S1) to not suitable (N), whereas for the remaining utilization types, suitability classes spanned from moderately suitable (S2) to not suitable (N). The output of land suitability maps indicated that only 20% of the total study area was classified as highly suitable (S1) exclusively for wheat cultivation. Furthermore, approximately one-quarter of the study area was deemed not suitable (N) for all examined productivity types, with the remaining spatial extent falling within S2 and S3 suitability classes for various utilization types. Based on the predicated yield, the cultivation priority for the discussed utilization types in the study area was established as follows: wheat > saffron > safflower > chickpea. The calculated management indices were 0.69, 0.02, 0.04, and 0.98 for wheat, chickpea, safflower, and saffron, respectively, indicating low management levels for chickpea and safflower, moderate for wheat, and high management proficiency for saffron.

Conclusion

The present study demonstrated that soil and landscape factors play a main role in determining land suitability for the various utilization types in the study area. Flooding, drainage, calcium carbonate equivalent (CCE) and EC were the principal soil- landscape limitations. The final findings of the quantitative land suitability evaluation established the cultivation priority of the target utilization types as wheat > saffron > safflower > chickpea. Field evidence, corroborated by the management index of 0.98 for saffron, indicated that farmers exhibit receptivity and possess the capacity for implementing novel scientific management practices. A noteworthy ancillary finding of this investigation was the occasional exceedance of actual yields over predicted yields. This finding was attributed to the influence of factors beyond the existing suitability evaluation criteria, the amelioration of limiting factors through intrinsic interactions among environmental variables, and varietal differences between the cultivated crops and the reference genotypes employed in the design of the evaluation tables. This observation underscores the imperative for the periodic revision and local calibration of utilization type requirement tables for each crop and region. In conclusion, the optimal utilization of land resources in the study area necessitates deliberate attention to the spatial distribution of suitability classes for utilization types, as a foundational basis for designing an informed and sustainable cropping pattern.

Keywords: Food security, Land limitation, Land production, Management index, Qualitative land suitability.

Author Contributions

Conceptualization and methodology, Alamdari, P., Ahmadi, O. and Servati, M.; Performing experiments and measurements, Ahmadi, O. writing-original draft preparation, and Rezaei, H.; writing- review and editing, All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Acknowledgements

This paper is published as a part of a Ph.D thesis supported by the Department of Soil Science of the University of Zanjan, Iran. The authors are thankful to the University of Zanjan for financial supports.

Data Availability Statement

Data is available on reasonable request from the authors.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

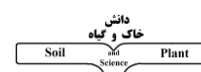
Cite this article: Ahmadi, O., Alamdari, P., Servati, M., & Rezaei, H. (2026). Sustainable land development in the Keshavarz part of Shahin Dej county with emphasis on determining cultivation priority of wheat, saffron, safflower, and chickpeas. *Journal of Soil and Plant Science*, 36(3), 37-53.

<https://doi.org/10.22034/sps.2026.73268.1046>

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



Copyright © 2026 The Authors.
Publisher: The University of Tabriz





مقاله پژوهشی

توسعه پایدار اراضی منطقه کشاورز شهرستان شاهین دژ با تأکید بر تعیین اولویت کشت گیاهان گندم، زعفران، گلرنگ و نخود

امید احمدی^۱، پرینا علمداری^۲، مسلم ثروتی^۳، حسین رضائی^۴

- ۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: omid.ahmadi@znu.ac.ir
۲- نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران. رایانامه: p_alamdari@znu.ac.ir
۳- مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. رایانامه: moslemservati@gmail.com
۴- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۴/۰۶	تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۵/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۲۷	تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۵/۳۱

چکیده

ضرورت ایجاد و حفظ امنیت غذایی، نیاز به استفاده بهینه از اراضی کشاورزی را بیش از پیش می‌نمایاند. ارزیابی کمی تناسب اراضی از راه‌های دستیابی به این مهم است که با این هدف، منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۴۱۰۰ هکتار از اراضی منطقه کشاورز شهرستان شاهین دژ، استان آذربایجان غربی در قالب ۱۵ واحد اراضی برای کشت آبی گندم (*Triticum aestivum* L.) و کشت دیم نخود (*Cicer arietinum*)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) و زعفران (*Crocus sativus*) با استفاده از روش FAO مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سیلگیری، زهکشی، آهک و شوری محدودیت‌های خاک و زمین‌نمای شناسایی شده در منطقه بودند. به غیر از بخشی از اراضی که فقط برای گندم دارای کلاس تناسب S1 بود، سلیر تیپ‌های بهره‌وری در منطقه دارای کلاس تناسب S2 تا N بودند. نتایج نهایی ارزیابی کمی تناسب اراضی اولویت کشت تیپ‌های بهره‌وری را به ترتیب گندم، زعفران، گلرنگ و نخود نشان داد. شواهد میدانی و شاخص مدیریت ۰/۹۸ زعفران نشان داد که کشاورزان منطقه پذیرش و پتانسیل اجرای طرح‌های علمی جدید را دارند. از یافته‌های جنبی این تحقیق بیشتر بودن تولید واقعی از تولید پیش‌بینی شده بود که ناشی از دخالت عواملی غیر از ملاک‌های ارزیابی تناسب فعلی، تعدیل محدودیت‌های فاکتورهای مؤثر بر تولید به دلیل روابط درونی عوامل محیطی و نیز تفاوت در نوع رقم محصول مورد بررسی با نمونه مورد استفاده در طراحی جداول ارزیابی، ضرورت بازبینی و واسنجی جداول نیازهای تیپ‌های بهره‌وری برای هر محصول و منطقه را نمایان نمود. جمع‌بندی نهایی، استفاده بهینه از اراضی منطقه را مستلزم توجه به توزیع مکانی کلاس‌های تناسب برای انواع تیپ‌های بهره‌وری برای طراحی الگوی کشت دانست.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی کمی تناسب اراضی، امنیت غذایی، تولید اراضی، شاخص مدیریت، محدودیت اراضی.

استناد به این مقاله: احمدی، ا.، علمداری، پ.، ثروتی، م. و رضایی، ح. (۱۴۰۵). توسعه پایدار اراضی منطقه کشاورز شهرستان شاهین دژ با تأکید بر تعیین اولویت کشت گیاهان گندم، زعفران، گلرنگ و نخود. نشریه دانش خاک و گیاه، ۳۶(۳)، ۵۳-۳۷.

<https://doi.org/10.22034/sps.2026.73268.1046>

مقدمه

پیشرفت سامانه‌های کشاورزی بدون نگرش پایداری، موجب بروز مشکلات عدیده‌ای از جمله بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و تخریب محیط‌زیست شده است (SheikhZeinoddin & Elahi, 2022). بررسی و ارزیابی اقتصادی به‌منظور استفاده بهینه از عوامل تولید، می‌تواند از راهکارهای مهم نیل به توسعه پایدار در بخش کشاورزی برای ایجاد و حفظ امنیت غذایی باشد. یکی از راه‌های رسیدن به این هدف، شناسایی و ارزیابی ظرفیت تولید اراضی است. چنانچه از اراضی به تناسب استعداد و توانمندی آن استفاده نشود در معرض نابودی قرار گرفته و به مرور زمان از باروری و ارزش اقتصادی آن کاسته می‌شود. در این راستا، ارزیابی کمی اراضی به‌عنوان روشی برای بیان و پیش‌بینی پتانسیل تولید اراضی برای یک یا چند کاربری خاص و به‌عنوان رابطی بین منابع خاک و مدیریت آن‌ها معرفی شده است (Sys et al., 1991a). نتایج چنین بررسی‌هایی می‌تواند از طریق بیان ضرورت تغییر تیپ‌های بهره‌وری یا استمرار ادامه برنامه‌های مدیریت زراعی فعلی گامی مفید در حفظ پایداری اراضی باشد (Rezaei et al., 2020).

پیش‌بینی میزان تولید که خود به اقلیم، خاک و سیستم مدیریتی بستگی دارد، یکی از مراحل اصلی ارزیابی کمی تناسب اراضی است که بر اساس آن می‌توان باروری اراضی مختلف را با یکدیگر مقایسه کرد. در واقع این عمل امکان مقایسه عینی بین کلاس‌های مختلف را در ارتباط با انواع استفاده از اراضی فراهم می‌سازد (Van Lanen et al., 1992). مدل ارزیابی کمی تناسب اراضی FAO که مرسوم‌ترین روش در بررسی توان اراضی برای تولید محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران می‌باشد، با تخمین پتانسیل تابشی-حرارتی تولید و دخالت دادن اثرات خاک و مدیریت در تولید محصول از طریق شاخص خاک و مدیریت در تولید پتانسیل، پتانسیل تولید هر واحد اراضی را پیش‌بینی می‌کند (FAO, 1993; FAO, 1996). اهمیت این روش در توجه به مفاهیم اقتصادی است که در کنار عوامل فیزیکی، از طریق دخالت دادن میزان درآمدزایی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین معیارهای مورد توجه کشاورزان در استفاده از اراضی، نتایج بسیار ارزشمندی را می‌تواند در بررسی پایداری اراضی ارائه نماید (Rossiter, 1996; Samranpong et al., 2009). اگرچه هدف نهایی تمامی مطالعات ارزیابی اراضی دستیابی به کشاورزی پایدار است، لیکن مطالعات متعددی با استفاده از ارزیابی کمی تناسب اراضی برای اهداف مختلف صورت گرفته که هر یک جنبه‌ها و نکات جدیدی از استفاده این روش را نشان داده‌اند. در این بین ضرورت توجه و پرداختن به تحقیقات داخلی، با توجه به اهمیت موضوع در عرصه اجرایی کشور و کمک به ساماندهی این قبیل مطالعات در راستای حفظ پایداری اراضی کشور، بیش از مرور منابع مطالعات تکمیل شده در سایر نقاط جهان به‌نظر می‌رسد. مطالعات احمدی علیپور و همکاران (Ahmadi Alipour et al., 2018) و نیز آزادی و همکاران (Azadi et al., 2022) از جمله موارد اخیر ارزیابی کمی تناسب اراضی بوده که به شناسایی عوامل محدود کننده تولید پرداخته است. صدیقی نظام‌آباد و همکاران (۱۴۰۵) گزارش کردند که تلفیق نتایج ارزیابی کیفی و کمی تناسب اقلیمی، در معرفی الگوی کشت مناسب برای هر منطقه به تصمیم‌گیران بخش کشاورزی کمک خواهد کرد. آنان بیان کردند که تغییر اقلیم بر تناسب دانه‌های روغنی در منطقه مورد مطالعه اثر قابل‌ملاحظه داشت. گیوی و حقیقی (Givi & Haghighi, 2016) با بررسی روش‌های ارزیابی تناسب اراضی به اهمیت استفاده از روش ریشه دوم و کارایی آن در مقابل روش استوری اشاره نموده‌اند. ثروتی و همکاران (Servati et al., 2016) نیز نقش استفاده از شاخص‌های اصلاح شده را در دستیابی به نتایج صحیح از ارزیابی اراضی بیان کرده‌اند. تحقیقات آزادی و همکاران (Azadi

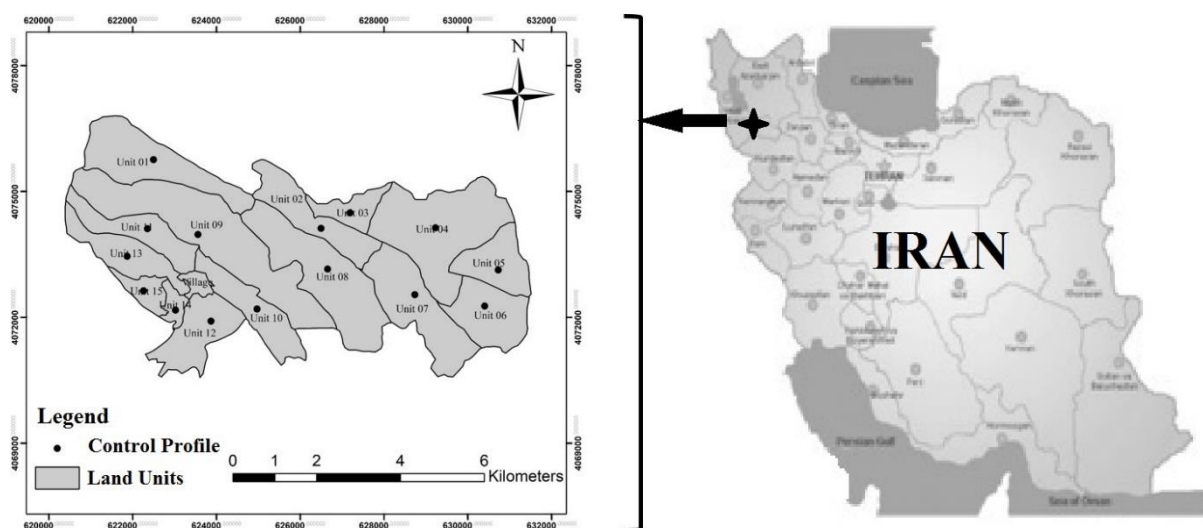
(et al., 2021) و رضائی و همکاران (Rezaei et al., 2020) نیز با بررسی پتانسیل تولید و تولید پتانسیل محصولات مورد مطالعه به نقش مدیریت در فرایند تولید محصولات با توجه به پتانسیل اراضی پرداخته است. استفاده از روش‌های نوین در گزینش شاخص‌های مورد بررسی در ارزیابی کمی تناسب اراضی و نیز تلفیق آن‌ها برای حصول بهترین نتیجه منعکس کننده قابلیت و تناسب اراضی جنبه‌ای از مطالعات ارزیابی اراضی بوده که در تحقیقات متعددی همچون مطالعات رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2021) و نیز سیدمحمدی و همکاران (Seyedmohammadi et al., 2018) مورد توجه قرار گرفته است.

با توجه به بحث‌های اخیر، توسعه کشاورزی پایدار مستلزم تعیین قابلیت و تفاوت‌های کشت در مناطق مختلف در مقایسه با سایر محصولات مورد بررسی است تا ضمن تعیین اولویت‌های کشت از نظر اقتصادی، ارزیابی تناسب اراضی در سطحی بالا و دقیق انجام شود. لذا هدف از این پژوهش تعیین اولویت کشت تیپ‌های بهره‌وری گندم آبی در کنار نخود، گلرنگ و زعفران دیم به عنوان محصولات مورد اقبال کشت در منطقه کشاورز شهرستان شاهین‌دژ با استفاده از روش کلاسیک FAO می‌باشد تا ضمن تبیین و دستیابی به جنبه‌های مستور روش ارزیابی کمی تناسب اراضی، کمکی به ترسیم اطلس ارزیابی تناسب اراضی کشور برای محصولات رایج هر منطقه جهت حصول مدیریت پایدار اراضی نموده و راهکاری برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی برای نیل به توسعه پایدار اراضی زراعی منطقه کشاورز شاهین‌دژ باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه به وسعت ۴۱۰۰ هکتار از اراضی منطقه کشاورز شهرستان شاهین‌دژ با مختصات جغرافیایی $21^{\circ} 46'$ تا $28^{\circ} 46'$ طول شرقی و $36^{\circ} 47'$ تا $36^{\circ} 49'$ عرض شمالی در جنوب استان آذربایجان غربی است (شکل ۱). این منطقه از نظر اقلیمی براساس سیستم آمبرژه، جزو مناطق نیمه‌خشک سرد با زمستان‌های سرد و مرطوب و نیز تابستان‌های ملایم می‌باشد که طبق آمار ایستگاه سینوپتیک شاهین‌دژ میانگین دمای سالانه آن، $12/8$ درجه سلسیوس و میانگین مجموع بارش سالانه آن ۳۵۸ میلی‌متر گزارش شده است (IRIMO, 2022). همچنین، براساس نقشه اقلیم خاک ارائه شده توسط بنایی (Banaei, 1998)، رژیم رطوبتی خاک‌های منطقه زریک و رژیم حرارتی آن مزیک است. از نظر ژئومورفولوژیکی این منطقه از دشت آبرفتی، سیلابی و دامنه‌ای تشکیل شده و از نظر زمین‌شناسی جزو زون البرز-آذربایجان محسوب و عمدتاً شامل سازندهای ژوراسیک، کرتاسه و سنوزوئیک است (Darvishzadeh, 1991). با استناد به نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و شواهد زمینی مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، ۱۵ واحد اراضی در محدوده مورد مطالعه قابل شناسایی است که در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و واحدهای اراضی مربوطه.
Figure 1- Location of the study area and related land units.

مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی

در این مرحله با توجه به گزارش شناسایی خاک‌های منطقه مطالعاتی در قالب ۴۲ خاکرخ (Mohammadkhani, 2019) و نیز با استناد به واحدهای اراضی شناسایی شده، ضمن ثبت ویژگی‌های زمین‌نمای هر واحد اراضی، موقعیت مکانی خاکرخ‌های شاهد تحقیق حاضر تعیین و پس از حفر، طبق اصول استاندارد (Schoeneberger, 2012) مطالعه و نمونه‌برداری از افق‌های ژنتیکی آن‌ها انجام شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌های خاک در آزمایشگاه با توجه به ویژگی‌های مورد نیاز از خاک برای شناسایی خاک‌های منطقه و نیز ویژگی‌هایی که جزو نیازهای خاک تیپ‌های بهره‌وری مورد بررسی بودند، مجموعه‌ای از تجزیه‌های خاک مشتمل بر بافت، ذرات درشت‌تر از شن، واکنش خاک، هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع، کربن آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و گچ براساس دستورالعمل‌های استاندارد ارائه شده توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور (SWRI, 2008) انجام شدند.

ارزیابی کمی تناسب اراضی

مطابق با هدف تحقیق، ارزیابی کمی تناسب اراضی محدوده مورد مطالعه برای تیپ‌های بهره‌وری گندم، نخود، گلرنگ و زعفران در قالب بخشی از محصولات رایج کشت در منطقه انجام شد که با توجه به فعالیت‌های زراعی منطقه کشت آبی گندم در کنار کشت دیم سایر تیپ‌های بهره‌وری در این تحقیق مدنظر قرار گرفته است. بدین منظور نخست تولید پتانسیل هر تیپ بهره‌وری با توجه به پتانسیل ژنتیکی تیپ بهره‌وری و فیزیولوژی گیاهی با استفاده از داده‌های اقلیمی و براساس روش ارائه شده توسط سائیس و همکاران (Sys et al., 1991a) طبق رابطه ۱ محاسبه گردید که در آن Y : پتانسیل تابشی-حرارتی تولید (کیلوگرم وزن خشک بر هکتار)، bgm : حداکثر شدت تولید

زیست توده^۱ ناخالص (کیلوگرم وزن خشک بر هکتار در ساعت)، KLAI: ضریب تصحیح شاخص سطح برگ، H_i : شاخص برداشت^۲، L : طول دوره رشد (روز) و C_t : ضریب تنفس^۳ می باشد.

$$Y = \frac{0.36bgm \times KLAI \times H_i}{[\left(\frac{1}{L}\right) + 0.25C_t]} \quad [۱]$$

گام دوم در ارزیابی کمی تناسب اراضی محاسبه پتانسیل تولید یا تولید پیش بینی شده می باشد که نتیجه حاصل ضرب تولید پتانسیل در شاخص خاک هر واحد اراضی است. برای محاسبه شاخص خاک در واحدهای اراضی از امتیازدهی حاصل از مقایسه ویژگی های خاک واحدهای اراضی با نیازهای تیپ های بهره وری و تلفیق امتیازات ویژگی ها بر اساس روش ریشه دوم (رابطه ۲) که در آن I شاخص اراضی و A, B, C, D و ... درجات ویژگی های مختلف اراضی و R_{min} حداقل درجه بین ویژگی های مختلف است، اقدام شد (Sys et al., 1993).

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \dots} \quad [۲]$$

همچنین در مطالعه حاضر تولید واقعی گندم، نخود، گلرنگ و زعفران با استناد به آمار کسب شده از زارعین تعیین گردید. تعیین حدود کلاس های کمی براساس راهنمای ارائه شده توسط سائیس و همکاران (Sys et al., 1991b) با توجه به مقادیر تولید پتانسیل و بحرانی (حاصل تقسیم سودآوری محصول بر کل هزینه ها) صورت پذیرفت و بر این مبنا طبقه بندی منطقه برای ارزیابی کمی تناسب تیپ های بهره وری هدف انجام شد. تهیه نقشه های طبقه بندی با استفاده از نرم افزار Arc Map 10.3 مطابق با رنگ های استاندارد کلاس های تناسب انجام و بحث های نهایی و مدیریتی با استناد به نقشه های خروجی و نیز شاخص مدیریت حاصل از نسبت تولید مشاهده شده به تولید پتانسیل صورت گرفت. مقادیر شاخص مدیریت بالای ۰/۷۵، ۰/۷۵-۰/۵ و کمتر از ۰/۵ به ترتیب بیان گر مفهوم سطح مدیریت بالا، متوسط و پایین می باشند (Givi, 1998).

نتایج و بحث

توصیف کلی خاک های محدوده مورد مطالعه

یافته های حاصل از تجزیه های شیمیایی و فیزیکی خاک های منطقه به صورت آماره های توصیفی ویژگی ها برای ایجاد یک دید کلی از وضعیت خاک های محدوده مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. جمع بندی ویژگی های خاک های مورد مطالعه حکایت از حضور خاک هایی نرمال در منطقه مشتمل بر خانواده های مختلف از رده های اینسپتی سول ها و انتی سول ها دارد.

¹Biomass production
²Harvest index
³Respiration coefficient

جدول ۱- آمار توصیفی ویژگی‌های خاک استفاده شده در خاکرخ‌های شاهد اراضی مورد مطالعه.

Table 1 – Descriptive statistics of soil properties used in the control profiles of the studied areas.

ویژگی property	حداقل Minimum	حداکثر Maximum	میانگین Mean	انحراف معیار Std. Dev.	ضریب تغییرات CV (%)
شن (%) Sand (%)	2	80	51.19	18.29	0.35
سیلت (%) Silt (%)	11	42	24.14	7.19	0.29
رس (%) Clay (%)	4	59	24.56	12.30	0.5
ذرات درشت‌تر از شن (%) Particles coarser than sand(%)	۰	21	3.2	5.60	1.75
ظرفیت تبادل کاتیونی (meq.100g soil ⁻¹) Cation exchange capacity(meq.100g soil ⁻¹)	4.9	38.4	19.25	9.29	0.48
ماده آلی (%) Organic matter (%)	۰	1.72	0.34	0.46	1.35
آهک (%) CaCO ₃ (%)	2.5	37.2	11.56	7.8	0.67
pH	7.08	8.31	7.59	0.32	0.04
درصد سدیم قابل تبادل Exchangeable sodium percentage (ESP)	0.9	9.3	4.25	2.28	0.53
قابلیت هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹) EC(dS.m ⁻¹)	0.27	5.5	1.91	1.32	0.69

ارزیابی کمی تناسب اراضی

تعیین مقادیر انواع تولید

اساس ارزیابی کمی تناسب اراضی بر پایه تعیین انواع تولید به ترتیب مشتمل بر تولید پتانسیل یا پتانسیل تابشی-حرارتی، تولید پیش‌بینی شده یا پتانسیل تولید و تولید مشاهده شده یا واقعی می‌باشد که در ادامه نتایج مربوط به هریک برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف مدنظر در محدوده مورد مطالعه به تفکیک ارائه شده است. جدول ۲ مقادیر عددی ویژگی‌های مورد نیاز برای محاسبه پتانسیل تابشی-حرارتی تولید تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه و نیز مقدار این شاخص را نشان می‌دهد. بر این اساس می‌توان بیان نمود مقدار ماده خشک تولیدی در واحد سطح برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه یا به عبارتی تناسب اقلیم آن‌ها به ترتیب اولویت در تناژ محصول با نخود، گندم، گلرنگ و زعفران می‌باشد. فارغ از نقش بنیادین مقدار تولید پتانسیل در روند ارزیابی کمی تناسب اراضی، از آنجایی‌که اقلیم در مطالعات متعدد عامل اصلی محدودیت در تولید محصولات کشاورزی معرفی شده، به‌نحوی که پورناجی ایران و همکاران (Pournaji Iran et al., 2023) توجه به تناسب اقلیمی در تعیین الگوی کشت را از عوامل اصلی در تضمین امنیت غذایی معرفی نموده‌اند، می‌توان به اهمیت نتایج این بخش از مطالعه پی برد.

جدول ۲- پتانسیل تابشی-حرارتی و مقادیر ویژگی‌های مورد نیاز در محاسبه آن برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه.

Table 2 – Radiative-thermal potential and the corresponding input variables for its computation across the studied productivity types.

ویژگی Variable	گندم Wheat	نخود Chickpea	گلرنگ Safflower	زعفران Saffron
N	0.713	0.797	0.77	0.72
f	0.287	0.203	0.23	0.28
td (°C)	19	26.68	25.26	22.49
گروه فتوسنتزی Photosynthetic group	1	2	3	2
Pm	20	65	38	65
y	-	225	90	225
Bgm (kg dry mater ha ⁻¹)	355.89	864.41	577.86	843.58
Ct	0.0036	0.0072	0.0065	0.0135
LAI	4.5	3.5	3.5	5
KLAI	0.95	0.85	0.85	1
Hi	0.4	0.35	0.25	0.1
Y (kg dry mater ha ⁻¹)	7214.89	9994.76	5724.3	5.6

N: نسبت تعداد ساعات آفتابی واقعی به تعداد ساعات آفتابی ممکن، f: بخشی از روز که آسمان ابری است، td: متوسط دمای روزانه در طول فصل رشد، Pm: حداکثر شدت فتوسنتز، y: تغییرات حداکثر تولید زیست توده ناخالص در روزهای ابری و آفتابی، Bgm: حداکثر شدت تولید زیست توده ناخالص، Ct: ضریب تنفس، LAI: شاخص سطح برگ، KLAI: ضریب تصحیح شاخص سطح برگ، Hi: شاخص برداشت، Y: تولید پتانسیل.

N: Ratio of actual sunshine hours to maximum possible sunshine hours, f: Fraction of the day during which the sky is overcast (cloudiness fraction), Td: Mean daily temperature during the growing season Pm: Maximum photosynthetic rate (maximum gross photosynthesis rate), y: Variation in maximum gross dry-matter production rate on overcast versus clear days, Bgm: Maximum gross biomass production rate (maximum rate of gross biomass production), Ct: Respiration coefficient (maintenance respiration coefficient), LAI: Leaf Area Index, KLAI: Leaf Area Index correction factor (or LAI adjustment coefficient), Hi: Harvest Index, Y: Potential yield (potential production).

مطابق با روند اجرای تحقیق، در گام نخست از تعیین پتانسیل تولید نیاز به محاسبه مقدار شاخص خاک در واحدهای اراضی می‌باشد. تعیین شاخص خاک به عبارتی بررسی تناسب خاک و زمین‌نما برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه است. نتایج شاخص مذکور که حاصل مقایسه ویژگی‌های خاک و زمین‌نما با جداول نیازهای تیپ‌های بهره‌وری مورد بررسی برای واحدهای اراضی می‌باشد در جدول ۳ گزارش شده است. توجه به مقادیر شاخص خاک در جدول ۳ نشان می‌دهد که واحدهای اراضی ۱ و ۹ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار این شاخص می‌باشند. هر چند این دو واحد اراضی از نظر موقعیت مکانی در مجاورت هم هستند (شکل ۱)، لیکن براساس نتایج حاصله در روند محاسبه شاخص خاک مشخص شد که شرایط زمین‌نمای نامطلوب منجر به وضعیت نامناسب واحد اراضی ۹ شده است. براساس بررسی‌های صورت گرفته در طی تعیین شاخص خاک مشخص شد که سیل‌گیری و زهکشی اصلی‌ترین عوامل محدودکننده در بین ویژگی‌های زمین‌نما و آهک و شوری از مجموع ویژگی‌های خاک در واحدهای اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف بودند که منجر به افت شاخص مورد بحث شدند. این ویژگی‌ها در مطالعات پیشین انجام شده در اراضی مجاور محدوده مورد مطالعه نیز به عنوان عوامل محدود کننده محیطی برای فعالیت‌های کشاورزی معرفی شده بودند (Kafei & Rezapour, 2012; Kafei *et al.*, 2013). نگاه کلی به مقدار متوسط شاخص خاک تیپ‌های بهره‌وری مختلف با لحاظ وسعت واحدهای اراضی برای کل محدوده مورد مطالعه نشان داد که بیشترین تناسب خاک و زمین‌نما برای گندم و کمترین آن برای نخود می‌باشد و زعفران و گلرنگ به ترتیب در رتبه‌های میانی جای دارند. پس از تعیین مقادیر شاخص خاک برای واحدهای اراضی،

پتانسیل تولید برای واحدهای اراضی که حاصل تلفیق تولید پتانسیل با شاخص خاک است تعیین گردید که مقادیر آن در جدول ۳ ارائه شده است.

همانگونه که پیش‌تر نیز اشاره شد، برای تکمیل فرایند ارزیابی کمی تناسب اراضی نیاز به مقادیر تولید واقعی در واحدهای اراضی می‌باشد. براساس واقعیت میدانی از آنجایی که در تمامی واحدهای اراضی مورد مطالعه هر پنج تیپ بهره‌وری هدف تحقیق کشت نمی‌شود، آمار دقیقی از تولید واقعی به تفکیک هر واحد اراضی برای تمامی محصولات مورد بررسی وجود ندارد. از این‌رو با توجه به کمبود آمار تولید مشاهده‌شده، به مقدار متوسط تولید گزارش شده توسط کشاورزان در کل محدوده مورد مطالعه اکتفا شد که این مقدار برای گندم، نخود، گلرنگ و زعفران به ترتیب ۵۰۰، ۲۵۰، ۲۵۰ و ۵/۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشند.

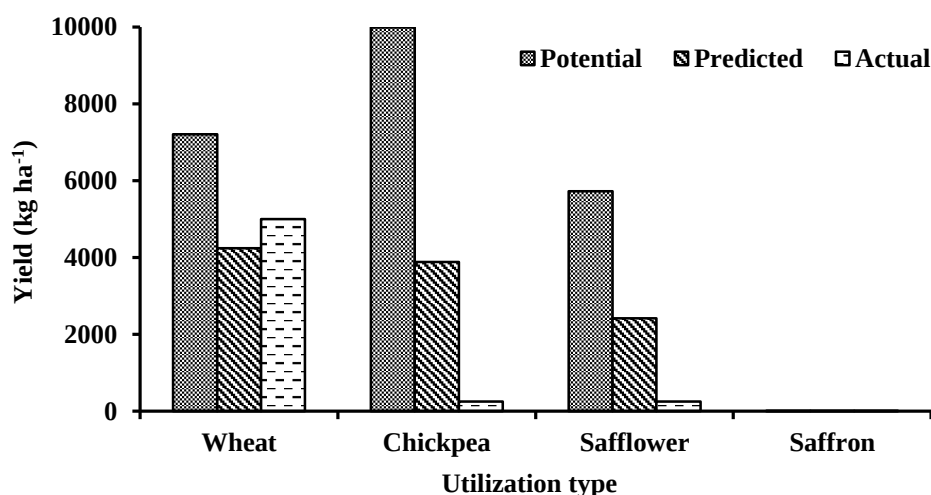
جدول ۳- مقادیر شاخص خاک و تولید پیش‌بینی شده در واحدهای مختلف اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه.

Table 3. Soil index values and estimated production across various land units for the studied productivity classes.

واحد اراضی land units	شاخص خاک Soil index				پتانسیل تولید (kg ha ⁻¹) Production potential			
	گندم wheat	نخود chickpea	گلرنگ safflower	زعفران saffron	گندم wheat	نخود chickpea	گلرنگ safflower	زعفران saffron
1	0.83	0.62	0.72	0.60	6066	6274	4134	3.36
2	0.8	0.57	0.65	0.54	5839	5750	3721	3/6
3	0.65	0.37	0.40	0.70	4698	3725	2324	3.92
4	0.57	0.31	0.36	0.69	4148	3142	2099	3.89
5	0.52	0.26	0.33	0.65	3770	2611	1920	3.69
6	0.55	0.23	0.30	0.63	4024	2315	1737	3.57
7	0.73	0.48	0.43	0.55	5309	4886	2482	3.12
8	0.74	0.51	0.49	0.27	5367	5194	2846	1.55
9	0.12	0.12	0.13	0.11	907	1210	762	0.65
10	0.82	0.62	0.70	0.37	5936	6218	4016	2.12
11	0.78	0.54	0.61	0.41	5699	5410	3485	2.29
12	0.77	0.53	0.55	0.54	5616	5315	3141	3.03
13	0.33	0.18	0.22	0.61	2388	1803	1258	3.45
14	0.81	0.59	0.67	0.73	5858	5971	3848	4.09
14	0.27	0.08	0.12	0.45	1967	890	715	2.51

براساس نتایج ارائه شده در فوق، مقایسه مقادیر انواع تولید مشتمل بر تولید پتانسیل، پیش‌بینی شده و مشاهده شده برای تیپ‌های بهره‌وری مورد بررسی در سطح منطقه (شکل ۲) نشان داد که تولید پتانسیل بیشترین مقدار را در بین انواع تولید دارا است. این رتبه با توجه به عدم دخالت فاکتورهای خاک و زمین‌نما، به‌عنوان عوامل عمده محدودیت، در برآورد میزان تولید پتانسیل امری بدیهی است و فاصله این تولید با دو مورد دیگر نشان دهنده شدت محدودیت‌های محیطی از مجموعه خاک و زمین‌نمای دخیل در تولید محصولات است. مقایسه رتبه‌های متوسط مقدار تولید پیش‌بینی شده و مشاهده شده انواع تیپ‌های بهره‌وری نشان داد که برای نخود و گلرنگ مقدار تولید پیش‌بینی شده بیش از مشاهده شده است اما برای گندم و زعفران این رتبه‌بندی برعکس می‌باشد. وضعیت مقدار به‌دست آمده این دو تولید برای نخود و گلرنگ منطبق با این اصل می‌باشد که پتانسیل تولید برابر با عملکردی است که پس از اعمال محدودیت‌های خاک و زمین‌نما در تولید پتانسیل و در سطح مدیریت عالی مزرعه حاصل می‌شود،

حال آنکه کاستی‌های مدیریتی خود منجر به افت تولید واقعی می‌گردد (Ayoubi & Jalalian, 2006). چالش اصلی در رتبه‌بندی مقادیر انواع تولید برخلاف اصل پیش‌تر اشاره شده، بالا بودن مقدار تولید مشاهده شده نسبت به پیش‌بینی شده برای گندم و زعفران است که این نکته بیان‌گر دخالت عواملی غیر از ملاک‌های دخیل در ارزیابی تناسب فعلی تیپ‌های بهره‌وری است. از سوی دیگر به نظر می‌رسد علت این موضوع می‌تواند مرتبط با ژنتیک محصولات مورد نظر و تفاوت در نوع رقم و رقم محصولات مورد کشت در منطقه با محصولات مورد استفاده در تنظیم جدول نیازها (Sys et al., 1993) نیز باشد. ثروتی و همکاران (Servati et al., 2014) نیز با اشاره به کالیبره نبودن محدوده کلاس‌های ویژگی‌های مؤثر نیازهای تیپ بهره‌وری در ارزیابی، نیاز به واسنجی جداول ساینس را از ضرورت‌های حصول نتیجه ارزیابی تناسب دقیق بیان نموده‌اند. بررسی‌های بیشتر، دیگر علت کم بودن مقادیر تولید پیش‌بینی شده در مقابل مشاهده شده را تعدیل در محدودیت‌های فاکتورهای مؤثر در تولید به دلیل دخالت عوامل محیطی طبیعی مثل دوره‌ای بودن برخی از محدودیت‌ها (سیل‌گیری)، کاهش میزان شوری و آهک به‌خاطر همراهی رطوبت ناشی از بارش با اقدامات آبیاری و گاهاً دخالت‌های زارعین همچون کوددهی و تبعات آن بیان می‌کند. این عوامل پیش‌تر نیز در قالب نقش ماهیت عوامل ایجاد کننده محدودیت و سطح مدیریت در بالا بودن مقدار تولید مشاهده شده نسبت به پیش‌بینی شده معرفی شده بودند (Ayoubi et al., 2002; Rezaei et al., 2020).



شکل ۲- مقادیر متوسط تولید انواع تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه.
Figure 2. Mean production values for the studied productivity classes.

طبقه‌بندی و پهنه‌بندی کلاس‌های کمی تناسب اراضی

براساس محاسبات اقتصادی تکنیک بودجه مزرعه حاصله از گزارش‌های میدانی، مقادیر تولید بحرانی برای تیپ‌های بهره‌وری گندم، نخود، گلرنگ و زعفران به ترتیب ۲۱۲۹، ۳۸۴۸، ۱۶۹۳ و ۲/۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با استفاده از الگوی ارائه شده توسط FAO حدود کلاس‌های ارزیابی کمی تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه به شرح جدول ۴ تنظیم گردید و طبقه‌بندی نهایی کلاس‌های کمی تناسب اراضی برای واحدهای اراضی منطقه (جدول ۵) با استفاده از جدول ۴ انجام شد. بر این اساس برای تیپ بهره‌وری گندم کلاس‌های تناسب از کاملاً مناسب (S1)

تا نامناسب (N) می‌باشند در حالی که برای سایر تیپ‌های بهره‌وری وضعیت تناسب شامل کلاس‌های مناسب (S2) تا نامناسب (N) است.

جدول ۴- محدوده کلاس‌های تناسب اراضی کمی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه (کیلوگرم در هکتار).

Table 4. Quantitative land suitability class ranges for the studied productivity classes (kg ha⁻¹).

تیپ بهره‌وری Productivity classes	S ₁	S ₂	S ₃	N
گندم Wheat	>5411.17	2980.6 – 5411.17	1916.1 – 2980.6	< 1961.1
نخود Chickpea	>7496.07	5378.2 – 7496.07	3463.2 – 5378.2	<3463.2
گلرنگ Safflower	>4293.23	2370.02 – 4293.23	1523.7 – 2370.2	< 1523.7
زعفران Saffron	>4.35	3.2 – 4.35	1.8 – 3.2	<1.8

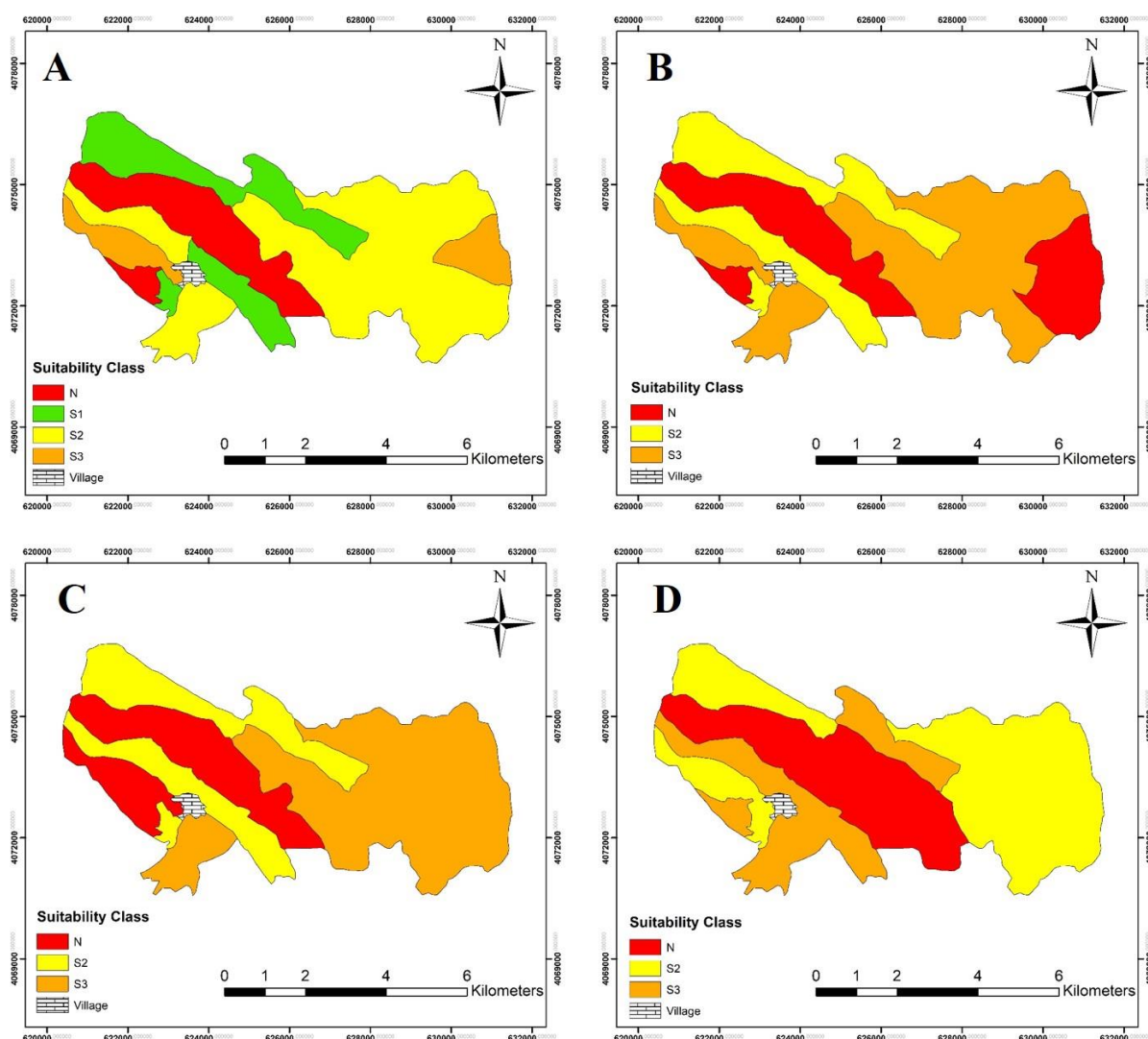
جدول ۵- کلاس‌های ارزیابی کمی تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه در واحدهای اراضی.

Table 5. Quantitative land suitability evaluation classes for the studied productivity classes across land units.

واحد اراضی Land unit	گندم Wheat	نخود Chickpea	گلرنگ Safflower	زعفران Saffron
1	S1	S2	S2	S2
2	S1	S2	S2	S3
3	S2	S3	S3	S2
4	S2	S3	S3	S2
5	S3	N	S3	S2
6	S2	N	S3	S2
7	S2	S3	S3	S2
8	S2	S3	S3	N
9	N	N	N	N
10	S1	S2	S2	S3
11	S2	S2	S2	S3
12	S2	S3	S3	S3
13	S3	S3	N	S2
14	S1	S2	S2	S2
15	N	N	N	S3

نقشه‌های خروجی پهنه‌بندی کلاس‌های تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری در سطح محدوده مورد مطالعه در شکل ۳ و نتایج مستخرج از آن در جدول ۶ ارائه شده است. خروجی نقشه‌های تناسب اراضی منطقه نشان می‌دهد که تنها ۲۰ درصد از وسعت منطقه فقط برای کشت گندم در شرایط کاملاً مناسب می‌باشد. همچنین در حدود یک‌چهارم از محدوده مورد مطالعه برای تمامی تیپ‌های بهره‌وری وضعیت نامناسب دارد و مابقی وسعت منطقه در کلاس‌های تناسب S2 و S3 برای انواع تیپ‌های بهره‌وری جای دارند. توزیع مکانی متفاوت کلاس تناسب نامناسب (N) برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف، به‌جز واحد اراضی ۹ با توجه به ماهیت عدم امکان اصلاح محدودیت سیل‌گیری این بخش از اراضی، خود نکته‌ای است که می‌تواند در مدیریت جایگزینی کشت انواع محصولات در منطقه برای استفاده معقول حداکثری از سطح محدوده مورد توجه قرار گیرد. نتایج جدول ۶ که براساس پتانسیل تولید حاصل

از ارزیابی کمی تناسب اراضی به‌دست آمده، اولویت کشت تیپ‌های بهره‌وری مورد بحث در منطقه را به‌ترتیب گندم، زعفران، گلرنگ و نخود معرفی می‌نماید. این رتبه‌بندی دقیقاً منطبق بر رتبه‌بندی شاخص خاک برای تیپ‌های بهره‌وری است و با رتبه‌بندی تولید پتانسیل به‌لحاظ تناژ محصول که پیش‌تر بحث شد متفاوت است. از این‌رو می‌توان استنباط نمود که نقش اصلی در تناسب اراضی منطقه برای تیپ‌های بهره‌وری بر عهده فاکتورهای خاک و زمین‌ما است و اقلیم را نمی‌توان محدود کننده‌ترین فاکتور برای تناسب اراضی منطقه دانست. این نکته با استناد به مطالعات کیفی تناسب اراضی منطقه که پیش‌تر تکمیل شده و اقلیم را عامل اصلی محدودیت اراضی برای تولید محصولات هدف نشناخته‌اند نیز تأیید شده است (Nazari, 2022). تطابق نظر نتیجه اخیر تحقیق حاضر با مطالعه پیشین اشاره شده خود می‌تواند دال بر این موضوع باشد که روش‌های ارزیابی کیفی و کمی تناسب اراضی در طی فرایند ارزیابی مکمل یکدیگر هستند.



شکل ۳- نقشه کلاس‌های تناسب اراضی محدوده مورد مطالعه برای تیپ‌های بهره‌وری الف) گندم، ب) نخود، ج) گلرنگ و د) زعفران.

Figure 3 – Land suitability classification map for the study area under the following productivity types: (a) wheat, (b) chickpea, (c) safflower, and (d) saffron.

جدول ۶ - وسعت کلاس‌های تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه.

Table 6. Areal extent of land suitability classes for the studied productivity classes.

کلاس تناسب Suitability class	گندم Wheat		نخود Chickpea		گلرنگ Safflower		زعفران Saffron	
	(هکتار)	(درصد)	(هکتار)	(درصد)	(هکتار)	(درصد)	(هکتار)	(درصد)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
S ₁	836.4	20.41	.	.	.	.	.	.
S ₂	2108	51.44	1026.5	25.05	1026.5	25.05	1992.4	48.62
S ₃	375.78	9.17	1870.7	45.65	2102.6	51.31	929	22.67
N	745	18.18	1167.9	28.5	936	22.84	1143.7	27.91

میانگین شاخص مدیریت حاصل از نسبت تولید مشاهده شده به تولید پتانسیل ۰/۶۹، ۰/۰۲، ۰/۰۴ و ۰/۹۸ به‌ترتیب برای تیپ‌های بهره‌وری گندم، نخود، گلرنگ و زعفران بیان‌گر سطح مدیریت پایین برای نخود و گلرنگ، متوسط برای گندم و بالا برای زعفران می‌باشد. شواهد میدانی عملیات زراعی سنتی نخود و گلرنگ بدون اعمال مدیریت خاص صرفاً برای احیا و حفظ اراضی، تأیید کننده نتایج شاخص مدیریت برای این محصولات است. از سوی دیگر با توجه به نتایج منعکس شده در جدول ۶، غالبیت کلاس تناسب بحرانی و نامناسب در سطح منطقه برای تیپ‌های بهره‌وری مذکور نشان می‌دهد که شرایط محیطی نیز برای کشت این محصولات مساعد نبوده و خود این موضوع نیز تشدید کننده عدم مدیریت مناسب در جهت افت تولید آن‌ها می‌باشد. در بررسی وضعیت کلاس تناسب با سطح متوسط شاخص مدیریت برای گندم در منطقه می‌توان استنباط نمود که شرایط محیطی مناسب خود کمک کننده به ارتقا سطح مدیریت این تیپ بهره‌وری است. توجه به کلاس تناسب زعفران در جدول ۷ برای کل منطقه و شاخص مدیریت بالا برای زعفران که عدم همخوانی این دو را تا حدودی نشان می‌دهد، بیان‌گر آن است که در خصوص این تیپ بهره‌وری با توجه به سوددهی خوب این محصول اقبال زارعین برای کشت بر پایه اصول علمی و اعمال مدیریت‌های خاص بالا می‌باشد. از این‌رو می‌توان جمع‌بندی نمود که کشاورزان منطقه پذیرش و پتانسیل اجرای طرح‌های علمی جدید را دارند، هرچند هنوز کشت سنتی محصولات عرف نیز مورد توجه آنان است.

نتیجه‌گیری کلی

از دیدگاه مدیریتی و توصیه‌ای، مطالعه حاضر نشان داد که فاکتورهای خاک و زمین‌نما نقش اصلی را در تناسب اراضی منطقه برای تیپ‌های بهره‌وری مختلف دارند. سیل‌گیری، زهکشی، آهک و شوری محدودیت‌های خاک و زمین‌نمای منطقه هستند که منجر به افت کلاس تناسب اراضی در بخش‌های مختلف برای تیپ‌های بهره‌وری هدف تحقیق شده‌اند، به‌نحوی که اراضی مورد مطالعه برای تمامی تیپ‌های بهره‌وری، به‌غیر از بخشی از اراضی که فقط برای گندم دارای کلاس تناسب S₁ می‌باشد، دارای کلاس تناسب S₂ تا N می‌باشند. سطح محدودیت‌های مرتبط با تیپ‌های بهره‌وری مختلف به‌گونه‌ای است که همواره در حدود یک چهارم از منطقه با توزیع مکانی مختلف در کلاس تناسب N جای گرفته است. توزیع مکانی مختلف انواع کلاس‌های تناسب برای تیپ‌های بهره‌وری نکته‌ای است که در مدیریت جایگزینی انواع محصولات و به‌عبارتی طراحی الگوی کشت مناسب برای استفاده معقول حداکثری از سطح منطقه می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. نتیجه نهایی ارزیابی کمی تناسب اراضی اولویت کشت تیپ‌های بهره‌وری مدنظر را با لحاظ وسعت کلاس‌های تناسب اراضی مختلف از گندم به زعفران، گلرنگ و نخود بیان نمود،

هر چند همانطور که پیش‌تر نیز اشاره شد نبایستی از توزیع مکانی کلاس‌های تناسب برای انواع محصولات بحث شده نیز در طراحی الگوی کشت غافل ماند. همچنین، شواهد فعالیت‌های میدانی و شاخص مدیریت بالایی زعفران در کنار وضعیت کلاس تناسب آن در مقایسه با سایر تیپ‌های بهره‌وری بیان‌گر آن است که کشاورزان منطقه پذیرش و پتانسیل اجرای طرح‌های علمی جدید را دارند.

نتیجه فنی این تحقیق متوجه مقادیر انواع تولید مطرح در فرایند ارزیابی کمی تناسب اراضی می‌باشد. فارغ از رتبه اول مقدار تولید پتانسیل، در مواردی بیش‌تر گرفتن تولید واقعی از تولید پیش‌بینی شده در روندی خارج از انتظار معمول، می‌تواند ناشی از دخالت عواملی غیر از ملاک‌های ارزیابی تناسب فعلی در فرایند رشد گیاه، تعدیل محدودیت‌های فاکتورهای مؤثر در تولید به دلیل دخالت و روابط درونی عوامل محیطی و نیز تفاوت در نوع رقم و رقم محصول مورد بررسی با نمونه مورد استفاده در طراحی جداول ارزیابی باشد. از این‌رو بازبینی و واسنجی جداول سبیس موضوعی است که برای افزایش دقت اقدامات ارزیابی تناسب اراضی بایستی مورد توجه واقع شود. جمع‌بندی نهایی ضمن توصیه به بازبینی جداول سبیس توسط متولیان پژوهشی و اجرایی این عرصه، بیان‌گر آن است که رعایت الگو و اولویت کشت بر مبنای نتایج گزارش شده در کنار حمایت از کشاورزان در راستای یکپارچه‌سازی مدیریت اراضی و ترویج اصول علمی، توسعه پایدار اراضی منطقه کشاورز شاهین‌دژ را در پی خواهد داشت.

شفاف‌سازی استفاده از هوش مصنوعی

در مراحل مختلف این پژوهش اعم از ایده‌پردازی، طراحی، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، نگارش متن و ویرایش یا ترجمه از ابزارهای هوش مصنوعی استفاده نشده است.

منابع مورد استفاده

References

- Ahmadi Alipour, H., soltani, A., kazemi, H., & Nehbandani, A. (2018). Zoning Golestan province in terms of the ability and the wheat production gap using a simulation model. *Journal of Crops Improvement*, 20(1), 129-144. (In Persian with English abstract)
<http://dx.doi.org/10.22059/jci.2018.237053.1784>
- Ayoubi, Sh., Givi, J., Jalalian, A., & Amini, A.M. (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 with English abstract)
<https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24763594.1381.6.3.9.0>
- Ayoubi, S., & Jalalian, A. (2006). *Land evaluation (Agriculture and Natural Resources)*. Isfahan University of Technology. (In Persian).
- Azadi, A., Baninemeh, J., & Seyed Jalali, S.A. (2022). Production potential modeling and quantitative land evaluation for Wheat cultivation in calcareous soils (The case of Southern Behbahan). *Land Management Journal*, 10(2), 177-198. (In Persian with English abstract)
<http://dx.doi.org/10.22092/lmj.2022.126414>
- Azadi, A., baninemeh, J., & Seyed Jalali, S.A. (2021). Land suitability assessment for Wheat in some saline lands in the south of Khuzestan province. *Iranian Journal of Soil Research*, 35(3), 217-234. (In Persian with English abstract) <http://dx.doi.org/10.22092/ijsr.2021.355514.623>
- Banaei, M.H. (1998). *Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran*. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran.
- Darvishzadeh, A. (1991). *Geology of Iran*. Amir Kabir Press, Tehran, Iran. (In Persian).

- Food and Agriculture Organization (FAO). (1993). *Guidelines for land use planning*. FAO Development Series, No. 1. FAO, Rome.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1996). *Agro-ecological zoning guidelines*. FAO Soils Bulletin No. 76. 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).
- Givi, J., & Haghighi, A. (2016). Production potential prediction and quantitative land suitability evaluation for irrigated cultivation of Canola (*Brassica napus*), north of Shahrekord district. *Water and Soil*, 29(6), 1651-1661. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/jsw.v29i6.37497>
- Iran Meteorological Organization (IRIMO). (2022). *Country climate analysis*. In: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, Shahindezh center. Data sheet.
- Kofeh, F., Shirzadeh, H., & Rezapour, S. (2013). Land evaluation of the Zarrineh Rud River banks in the Shahindej region for sustainable agricultural development using GIS. Pp. 1-10. *The Second National Conference on Planning and Environmental Protection*, 15 August, 2013, Hamedan, Iran.
- Kofeh, F., & Rezapour, S. (2012). Qualitative and quantitative evaluation and land suitability management for common crops in the Zarrineh Rud river banks of Shahindej region for sustainable agricultural development. Pp. 1-11. In: *2nd National Seminar on Biological Diversity and its Impact on Agriculture and the Environment*. 11 July, 2012, Urmia, Iran.
- Mohammadkhani, N. (2019). Determining the cultivation priority of some low-water-consuming crops in the south of Urmia lake. The Shahid Ahmadi Roshan program, Iran's National Elites Foundation, Tehran, Iran.
- Nazari, N. (2022). Determining cultivation priorities for some common agricultural crops in the Keshavarz region using the FAO and Electra methods. M.Sc. Thesis, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
- Pournaji Iran, S., Rezaei, H., & Jafarzadeh, A. (2023). Climate suitability changes of East Azerbaijan province for strategic crops of wheat and barley cultivation in recent decades. *Journal of Agricultural Meteorology*, 11(2), 4-15. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22125/agmj.2023.381559.1144>
- Rasouli, S., Rezaei, H., Servati, M., & Jafarzadeh, A. (2021). Application of Fuzzy-Delphi approach to a part of Horand lands suitability evaluation for irrigated wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(3), 159-175. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22069/ejsms.2021.18808.2010>
- Rezaei, H., Rasouli, S., Servati, M., & Jafarzadeh, A. (2020). Common utilization types change urgency in Horand region. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(4), 327-339. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22034/saps.2020.12320>
- Rossiter, D.G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72(3-4), 165-190. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(96)00031-6)
- Samranpong, C.h., Ekasingh, B., & Ekasingh, M. (2009). Economic land evaluation for agricultural resource management in Northern Thailand. *Environmental Modeling and Software*, 24(12), 1381-1390. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.07.004>
- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., & Soil Survey Staff. (2012). *Field book for describing and sampling soils*. National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture, Lincoln, NE, USA.
- Sedaghi-Nezamabad, Z., Jafarzadeh, A.A., & Rezaei, H. (2026). The role of climate change in qualitative and quantitative land suitability for selected oilseeds in Bonab and Maragheh counties. *Journal of Soil and Plant Science*, 36(3), 1-15. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22034/sps.2026.72417.1039>

- Servati, M., Jafarzadeh, A.A., Ghorbani, M.A., Shahbazi, F., & Davatgar, N. (2014). Land suitability evaluation for alfalfa in Khajeh region using the Parametric Square Root method and Fuzzy Set Theory. *Water and Soil Science*, 24(2), 93-105. (In Persian with English abstract)
- Servati, M., Momtaz, H., Zali Vargahan, B., & Mohammadi, H. (2016). 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 with English abstract)
- Seyedmohammadi, J., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A., Ghorbani, M.A., & Shahbazi, F. (2018). Application of SAW, TOPSIS and Fuzzy TOPSIS models in cultivation priority planning for maize, rapeseed and soybean crops. *Geoderma*, 310, 178-190.
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.012>
- SheikhZeinoddin, A., & Elahi, M. (2022). Agricultural sustainability assessment in the Iranian provinces. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 32(2), 349-366. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22034/saps.2021.46430.2690>
- Soil and Water Research Institute (SWRI). (2008). *Laboratory Analysis Instructions of Water and Soil Samples*, No. 467. Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian)
- Sys, C., Vanranset, E., & 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., & 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., & Beernaert, F. (1993). *Land Evaluation, Part III, Crop Requirements*. International Training Center for Post Graduate Soil Scientists, Ghent University, Ghent, Belgium.
- Van Lanen, H.A.J., Hack-ten Broeke, M.J.D., Bouma, J., & De Groot, W.J.M. (1992). A mixed qualitative/quantitative physical land evaluation methodology. *Geoderma*, 55(1-2), 37-54.
[https://doi.org/10.1016/0016-7061\(92\)90004-Q](https://doi.org/10.1016/0016-7061(92)90004-Q)