



بررسی روابط همبستگی بین مقادیر شاخص‌های ریشه دوم و کالوگیرو اراضی با میزان تولید محصول هلو (مطالعه موردی: خداآفرین، استان آذربایجان شرقی)

امید احمدی^۱، مسلم ثروتی^۲، پریسا علمداری^۳، نادر خادم مقدم ایگده لو^{۴*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۳

- ۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
 - ۲- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
 - ۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
 - ۴- دکتری علوم خاک، کارشناس کشاورزی کشت و صنعت اشراق، سازمان اقتصادی کوثر
- *مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی nader.khadem@znu.ac.ir

چکیده

مطالعه خاک‌ها و اراضی جهت بهره‌برداری صحیح از منابع خدادادی و نیل به توسعه پایدار کشاورزی اجتناب ناپذیر است. در این راستا ارزیابی اراضی با استفاده از روش‌های علمی و کارآمد پارامتریک به‌منظور حراست از منابع اراضی ضروری به‌نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش کاربرد مقایسه‌ای روش‌های ریشه دوم و کالوگیرو برای ارزیابی تناسب اراضی محصول هلو می‌باشد. برای نیل به اهداف ۱۱ خاک‌خا شاهد که نماینده ۱۱ سری غالب خاک در منطقه خداآفرین (آذربایجان شرقی) با وسعت ۱۶۶۰۰ هکتار بودند، حفر و تشریح شدند. بر اساس نتایج اقلیمی کشت محصول هلو کاملاً متناسب (S1) بوده و مهم‌ترین محدودیت‌های زمین‌ما و خاکی، توپوگرافی، سیل‌گیری و ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌باشد. نتایج نشان داد که بر اساس هر دو روش ۵۱/۸۹ درصد از اراضی در کلاس S1، ۴۳/۲۸ درصد در کلاس S2 و ۴/۸۳ درصد در کلاس N طبقه‌بندی شدند. مقایسه ضریب تبیین محاسبه‌شده بین شاخص اراضی و تولید واقعی نشان داد که این ضریب برای کالوگیرو ($r=0.9059$) بیشتر از ریشه دوم ($r=0.8834$) است که موید دقت بالای روش کالوگیرو می‌باشد. تغییرات شاخص تناسب اراضی نیز برای کالوگیرو و ریشه دوم به ترتیب ۱ تا ۸۸/۱ و ۷/۵ تا ۹۰/۷ بوده که بیانگر ارزیابی سختگیرانه روش کالوگیرو نسبت به ریشه دوم است. نهایتاً نتایج نشان داد واحدهای مختلف اراضی دارای شرایط اقلیمی، محیطی، خاک و زمین‌نمای مناسبی برای کشت محصول هلو دارند.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی منابع، اصلاح اراضی، تناسب اراضی، توسعه پایدار، فائو.

Investigating the Correlation between the Square Root and Kalogirou Indices of Land With the Yield of Peach (Case Study: Khodaafarin, East Azerbaijan)

O. Ahmadi¹, M. Servati², P. Alamdari³, N. Khadem Moghadam Igdelou^{*4}

Received: July 26, 2022

Accepted: January 13, 2023

1. Ph.D. Student of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
 2. Assistant Prof. Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University
 3. Associate Prof. Department of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
 4. Ph.D. of Soil Science, Eshraq Agriculture Expert, Kowsar Economic Organization.
- * Corresponding Author, Email: nader.khadem@znu.ac.ir

Abstract

Introduction: The study of soil and land is inevitable for proper exploitation of god - given resources and achieve sustainable agricultural development. In this regard, land evaluation using parametric and efficient methods for protecting the resources of lands is necessary. The aim of this study is comparative application of square Root and Kalogirou methods for evaluation of land suitability for peach crop. In order to achieve the objectives of 11 control profiles, which represent 11 dominant soil series in Khodaafarin region (east Azerbaijan) with 16600 ha area, were dug and described. According to the climatic results, the cultivation of peach crop is completely proportional (S1) and the most important limitations soil and landscape are topography, flooding and physical characteristics. The results showed that according to both methods, 51.89% of lands were classified in S1 class, 43.28% in S2 and 4.83% in N class. Comparison of coefficient of determination between land index and actual production showed that this coefficient for Kalogirou ($r=0.9059$) is higher than the Square Root ($r=0.8834$), which confirms the high accuracy of Kalogirou method. The changes of land suitability index for Kalogirou and Square Root were 1 to 88.1 and 7.5 to 90.7, respectively, which shows the strict evaluation of Kalogirou method regarding the Square Root. Finally, the results showed that different land units have suitable climatic, environmental, soil and landscape conditions for peach cultivation.

Keywords: Resource assessment, Land correction, Land suitability, Sustainable development, FAO.

مقدمه

در دهه‌های اخیر تغییر اقلیم^۱، رشد صنعت، خشکسالی و جاری شدن سیلاب‌ها باعث تخریب اراضی^۲ و کاهش حاصلخیزی خاک شده و در نتیجه موجب کاهش تولید محصول و درآمد کشاورزان شده است (مونت‌گومری و همکاران ۲۰۱۶). بنابراین با توجه به تغییرات ایجاد شده در ویژگی‌های اراضی و لزوم انتخاب کاربری مناسب، ارزیابی تناسب اراضی^۳ اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد (ایوبی و جلالیان ۲۰۱۵). لذا در این زمینه ارزیابی تناسب اراضی به عنوان گامی موثر در جهت برنامه‌ریزی بهینه و کارآمد مدنظر می‌باشد (صفری‌پور و ناصری ۲۰۲۱، باقری بداغ‌آبادی و همکاران ۲۰۲۱).

ارزیابی تناسب اراضی به‌عنوان تعیین‌کننده مناسب‌ترین نوع استفاده از اراضی و فاکتورهای محدودکننده رشد در هر منطقه در مقیاس وسیع به‌کار می‌رود (جکسون ۱۹۶۷). این فرآیند امکان و اولویت کشت محصولات مختلف کشاورزی را در یک گستره جغرافیایی مشخص بر اساس مولفه‌های سه‌گانه اقلیم، خاک و زمین‌نما^۴ در مقایسه با نیازهای محصولات انتخابی تعیین می‌کند (زرین‌کفش ۲۰۰۸، قربانی و همکاران ۲۰۱۳). همچنین مطالعات ارزیابی تناسب اراضی با تعیین محصولات مناسب برای کشت در منطقه، از کشت محصولات نامناسب و کم اهمیت جلوگیری نموده و از هدر رفتن منابع و سرمایه جلوگیری می‌کند (هادی و همکاران ۲۰۱۶، طلایی و همکاران ۲۰۱۲). از این‌رو امروزه پژوهش‌گران حوزه ارزیابی تناسب اراضی به منظور مطالعه و استفاده بهینه، پایدار و نیز بررسی جنبه‌های فیزیکی و اقتصادی، تلاش کرده‌اند شناخت بهتری از ویژگی‌های اراضی و عوامل محیطی تأثیرگذار بر آن پیدا کنند (باقرزاده و همکاران ۲۰۱۲).

روش‌های ارزیابی تناسب اراضی مبتنی بر چارچوب ارائه شده توسط فائو به دلیل عدم در نظر گرفتن ماهیت پیوسته اراضی و عدم در نظر گرفتن هم‌راستایی ویژگی‌های اراضی، توسط محققین مختلف مورد نقد قرار گرفته است (بوروق ۱۹۸۹، ثروتی و همکاران ۲۰۱۳). به منظور غلبه بر معایب دستورالعمل فائو در چند سال اخیر توجه محققین به سایر روش‌های ارزیابی و بررسی تناسب اراضی از جمله کالوگیرو^۵ معطوف گردیده است. روش پیشنهادی کالوگیرو به عنوان چارچوبی کارآمد و علمی به منظور بالا بردن دقت ارزیابی مدنظر بوده و نتایج رضایت بخشی همراه داشته است. باقرزاده و دانشور (۲۰۱۱) در شمال شرقی ایران برای دشت مشهد از روش پیشنهادی کالوگیرو استفاده نمودند. نتایج ارزیابی تناسب اراضی حاکی از اولویت کشت جو و گندم نسبت به ذرت دانه‌ای و سورگوم در منطقه مورد مطالعه بود.

همچنین ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات باغی به دلیل عدم وجود جداول پیشنهادی ساینس و همکاران (۱۹۹۳) کمتر مورد توجه قرار گرفته است. با این حال استفاده از منابع قبلی و پرسش از زارعان و جهاد کشاورزی شهرستان‌ها می‌تواند در قدمی هر چند اندک در راستای تهیه جداول نیازهای خاک، اقلیم و زمین‌نمای محصولات باغی باشد.

جعفری و همکاران (۲۰۲۲) طی مطالعه‌ای به منظور بررسی تناسب اراضی با عملکرد واقعی زیتون در سه منطقه زرنند، بم و رابر استان کرمان گزارش کردند بدون در نظر گرفتن شاخص اصلاح شده تناسب اراضی، بر اساس روش‌های فائو نتیجه روش ریشه دوم^۶ (خیدیر) نسبت به روش استوری با عملکرد واقعی زیتون بیشترین هماهنگی و تطابق را نشان داد. از دیگر مطالعات انجام

4. Landscape
5. Kalogirou
6. Square Root

1. Climate Change
2. Land Destruction
3. Land Suitability Evaluation

(۲۰۱۴) برای توسعه مرکبات موید این مطلب بود که ۶۳ درصد از مساحت منطقه مناسب (S) و ۳۷ درصد باقی مانده برای کشت نامناسب (N) تشخیص داده شد. در این مطالعه مهم‌ترین محدودیت‌ها شیب زیاد، فرسایش و باروری کم خاک عنوان شدند. این پژوهش با هدف تعیین همبستگی بین شاخص‌های اراضی و ارزیابی تناسب واحدهای مختلف اراضی به منظور احداث و توسعه باغات هلو و بررسی کارایی روش‌های پارامتریک ریشه دوم و کالوگرو صورت پذیرفت. کاربرد مقایسه‌ای این دو روش برای یک محصول باغی از نوآوری‌های تحقیق پیش‌رو بشمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

موقعیت و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه (شکل ۱) به انضمام پراکنش پروفیل‌ها به وسعت حدود ۱۶۶۰۰ هکتار در بخش خمارلو شهرستان خداآفرین (استان آذربایجان شرقی) قرار دارد. از نظر جغرافیایی این منطقه مابین ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و شامل اراضی پایاب سد خداآفرین می‌باشد. بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه اقلیم‌شناسی خمارلو بین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ متوسط سالیانه دما ۱۴/۷ درجه سلسیوس و میزان بارندگی سالیانه آن ۲۸۱ میلی‌متر است. رژیم حرارتی و رطوبتی منطقه به ترتیب ترمیک^۷ و اریدیک هم‌مرز با زیریک^۸ بر اساس نرم‌افزار JNSM^۹ (نیوهال و بردانیر ۱۹۹۶) می‌باشد.

شده در این زمینه می‌توان به ارزیابی تناسب اراضی محصول ذرت در بخشی از اراضی قزوین توسط سرمیدیان و قوامی (۲۰۲۰) اشاره کرد. نتیجه این مطالعه موید اعتبار بیشتر روش ریشه دوم نسبت به سایر روش‌ها به دلیل نزدیک بودن به عملکرد واقعی محصول مورد اشاره بود.

دیالمی و همکاران (۲۰۱۸) ارزیابی تناسب اراضی منطقه دشتستان را انجام و گزارش کردند که بر اساس روش پارامتریک ریشه دوم، ۸۲ و ۱۸ درصد اراضی مورد مطالعه برای کاشت نخل خرما به ترتیب در کلاس‌های تناسب S3 و N واقع می‌شوند. مروج و همکاران (۲۰۱۷) ارزیابی کیفی تناسب اراضی منطقه آبیگ قزوین را انجام دادند، نتایج موید این مطلب است که حدود ۴۰٪ اراضی برای کاربری باغ و ۴۳٪ برای زراعت آبی مناسب تشخیص داده شدند. همچنین ایشان چنین عنوان کردند که ۱۷٪ باقیمانده از اراضی نیز بایستی برای اهداف غیر کشاورزی مانند مرتع، جنگل و حیات وحش مورد ارزیابی قرار گیرد.

نتایج حاصل از امکان‌سنجی کشت زیتون با استفاده از ArcGIS در استان کهگیلویه و بویراحمد نشان‌دهنده این مطلب بود که مناطق غرب و شمال‌غرب و نیز محدوده‌هایی از قسمت‌های جنوبی و شمالی بسیار مستعد کشت زیتون هستند. با این حال برای اجرایی شدن این طرح نیاز به کاشت مناطق پایلوت در قسمت‌های مستعد استان برای صحت این ادعا ضروری است (مغالی ۲۰۱۴). ارزیابی تناسب اراضی منطقه گرمسیری کراالا در هند نشان داد که ۱۱،۶ درصد اراضی جهت کشت نارگیل بسیار مناسب و ۲۲،۰۹ درصد نیز برای توسعه کشت آناناس نسبتاً مناسب گزارش شدند. همچنین کشت موز در ۵۴،۱۶ درصد از کل منطقه دارای تناسب بحرانی تشخیص داده شد (چاندراکالا و همکاران ۲۰۱۹). نتایج ارزیابی تناسب اراضی توسط پارتیبا و سودهاکار

9. Java Newhall Simulation Model

7. Thermic

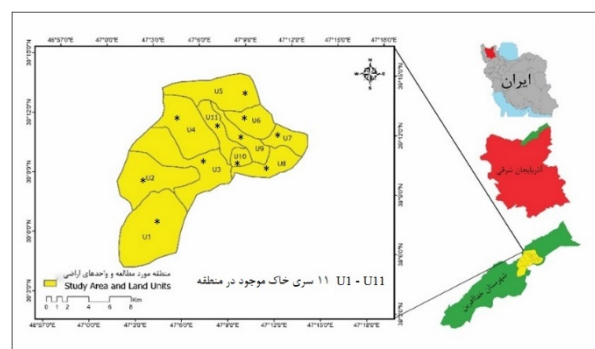
8. Aridic Border to Xeric

الکتریکی در عصاره گل اشباع (رودز ۱۹۹۰)، بافت خاک به روش هیدرومتری (گی و بادر ۱۹۸۶)، درصد ذرات درشت‌تر از شن با روش غربال، درصد سدیم تبدلی (توماس ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (نلسون ۱۹۸۲) و کربن آلی به روش والکی و بلک اصلاح شده (نلسون و سامرز ۱۹۸۲) بر روی نمونه‌ها صورت پذیرفت.

در این مطالعه خاک‌ها بر اساس روش آمریکایی^{۱۰} رده‌بندی و سپس با روش طبقه‌بندی مرجع جهانی^{۱۱} (۲۰۱۵) هماهنگ شدند. برای تفکیک واحدهای اراضی نیز از روش ژئوپدولوژی (زینک ۲۰۱۶) استفاده شد.

شیمیایی و رطوبتی تحت عنوان فاکتورهای A، B و C طبقه‌بندی می‌شوند (کالوگرو ۲۰۰۲). در این روش مجموعاً ۱۰ شاخص در ۶ دسته، عامل ویژگی‌های فیزیکی خاک (S): شامل بافت و ساختمان خاک (var1)، درصد سنگریزه سطحی خاک (var2) و عمق خاک (var3)، عامل ویژگی‌های حاصلخیزی و شیمیایی خاک (F): شامل درصد آهک (var4) و درصد گچ (var5)، عامل ویژگی‌های شوری و قلیائیت خاک (A): شامل میزان EC (var6)، عامل ویژگی‌های توپوگرافی (T): شامل درصد شیب زمین (var7)، عامل ویژگی‌های رطوبت خاک (W): شامل زهکشی (var8) و خطر سیل‌گیری (var9)، عامل ویژگی‌های اقلیمی (C): شامل درجه اقلیمی (var10) طبقه‌بندی می‌شوند. نهایتاً امتیاز هر دسته بر اساس میانگین حسابی درجه محدودیت ویژگی‌های موجود در آن دسته محاسبه می‌شود و با استفاده از رابطه (۲) شاخص اراضی محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{S \times F \times A \times T \times W \times C}{100^{(n-1)}} \quad (2)$$



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک

تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های خاک بر اساس روش‌های متداول و استاندارد مورد تأیید و کاربرد مؤسسه تحقیقات خاک و آب اندازه‌گیری شد. از این رو واکنش خاک در گل اشباع (مک لین ۱۹۸۲)، هدایت

ارزیابی کیفی تناسب اراضی

در مطالعه حاضر برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی از چارچوب فائو- پارامتریک ریشه دوم (خیدیر ۱۹۸۶) و روش پیشنهادی کالوگرو (۲۰۰۲) برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی استفاده شد. در روش ریشه دوم یک درجه کمی به هر مشخصه زمین شامل ۸ ویژگی اقلیم، توپوگرافی، سیل‌گیری، زهکشی، بافت-ساختمان-عمق، شوری و سدیمی بودن، گچ و آهک (سایس و همکاران ۱۹۹۱) اختصاص داده می‌شود. درجات اختصاص داده شده در محاسبه شاخص اراضی^{۱۲} (رابطه ۱) مورد استفاده قرار می‌گیرد.

$$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \dots} \quad (1)$$

در رابطه (۱) شاخص اراضی، R_{min} درجه حداقل مربوط به ویژگی‌های اراضی، A، B، C و... سایر درجه‌ها می‌باشد. در روش کالوگرو مجموعه شاخص‌های ویژگی‌های خاک که در روش ریشه دوم توضیح داده شد، در سه دسته شاخص‌های فیزیکی،

12. Land Index

10. Keys to Soil Taxonomy

11. World Reference Base (WRB)

ویژگی‌های خاک‌های منطقه مورد مطالعه

نتایج مطالعات مورفولوژیک، فیزیکی و شیمیایی نشان داد که خاک‌های منطقه مطالعاتی بر اساس کلید رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۴) در رده اریدی‌سول‌ها و زیررده‌های Calcids، Cambids و Gypsids و انتی‌سول‌ها با زیررده Orthents طبقه‌بندی شدند. بر اساس سامانه طبقه‌بندی جهانی (۲۰۱۵) نیز در گروه‌های مرجع Regosols، Gypsisols، Calsisols، Cambisols و Regosols رده‌بندی شدند. هماهنگی و رده‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه شده است.

مطالعات خاکشناسی

به‌منظور ایجاد دید کلی، ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شاهد در منطقه مطالعاتی، در جدول (۲) ارائه شده است.

در رابطه (۲) I شاخص اراضی، S: امتیاز ویژگی‌های فیزیکی خاک، F: امتیاز ویژگی‌های حاصلخیزی و شیمیایی خاک، A: امتیاز ویژگی‌های شوری و قلیائیت خاک، T: امتیاز ویژگی‌های توپوگرافی، W: امتیاز ویژگی‌های رطوبتی خاک و C: امتیاز ویژگی‌های اقلیمی می‌باشد. همچنین n تعداد فاکتورهای مورد بررسی است که برابر شش می‌باشد. در پایان نقشه‌های تناسب کیفی اراضی برای محصول مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS نسخه ۱۰٫۳ تهیه شدند. همچنین برای مقایسه دقت روش‌ها از ضریب تبیین محاسبه‌شده از همبستگی بین شاخص‌های اراضی محاسبه شده با روش‌های ارزیابی انتخابی (ریشه دوم و کالوگرو) و تولید واقعی تعیین شد.

نتایج و بحث

جدول ۱- هماهنگی و رده‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه

| واحد اراضی | رده | فامیلی (رده بندی آمریکایی ۲۰۱۴) | روش مرجع جهانی (۲۰۱۵) |
|------------|-----------|--|-----------------------|
| ۱۰۱ | Aridisols | Fine - loamy, mixed, superactive, thermic | Haplic Cambisols |
| ۲۰۱ | Aridisols | Fine, mixed, superactive, thermic | Haplic Cambisols |
| ۳۰۳ | Aridisols | Fine - loamy, mixed, active, thermic | Haplic Cambisols |
| ۴۰۱ | Aridisols | Fine, mixed, active, thermic | Vertic Calcisols |
| ۵۰۵ | Aridisols | Fine, mixed, active, thermic | Vertic Cambisols |
| ۶۰۶ | Aridisols | Fine, mixed, active, thermic | Haplic Gypsisols |
| ۷۰۱ | Aridisols | Fine, mixed, active, thermic | Calcic Gypsisols |
| ۸۰۵ | Aridisols | Fine - loamy, gypsic, thermic | Haplic Gypsisols |
| ۹۰۲ | Aridisols | Fine - loamy, gypsic, shallow, thermic | Haplic Gypsisols |
| ۱۰۰۵ | Entisols | Coarse - loamy, mixed, active, calcareous, thermic | Calcaric Regosols |
| ۱۱۰۱ | Entisols | Loamy-skeletal, mixed, active, calcareous, thermic | Calcaric Regosols |

جدول ۲- ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک‌های شاهد

| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) |
|----------|-----|-----------------|------|----|------|-------------|--------|---------|-----------------------|
| | | شن | سیلت | رس | | | | | |
| ۰-۲۰ | Ap | ۴۰ | ۲۶ | ۳۴ | C.L | ۰ | ۰ | ۲/۷۵ | ۱/۴۸ |
| ۲۰-۴۰ | Bw1 | ۳۰ | ۳۶ | ۳۴ | C.L | ۰ | ۰ | ۲/۷۵ | ۱/۸ |
| ۴۰-۷۵ | Bw2 | ۴۲ | ۲۸ | ۳۰ | C.L | ۰ | ۰ | ۲/۵ | ۱/۶۶ |
| ۷۵-۱۳۰ | Bw3 | ۳۶ | ۳۴ | ۳۰ | C.L | ۰ | ۰ | ۴/۲۵ | ۲/۴۲ |

| واحد ۱۰.۱) خاکرخ ۱. شیب کلی ۱ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری، بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۳/۵ | | | | | | | | | | |
|---|------|-----------------|------|----|-------|-------------|--------|---------|-----------------------|--|
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۰ | Ap | ۳۳ | ۲۷ | ۴۰ | C | . | . | ۳/۵ | ۱/۲۱ | |
| ۲۰-۶۰ | Bw1 | ۲۸ | ۲۸ | ۴۴ | C | . | . | ۵/۵ | ۱/۸ | |
| ۶۰-۱۲۰ | Bw2 | ۲۰ | ۲۸ | ۵۲ | C | . | ۲/۱۵ | ۴/۵ | ۴/۴۵ | |
| واحد ۲.۱) خاکرخ ۲. شیب کلی ۱ درصد، محدودیت کم سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۴/۲ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۰ | Ap | ۳۴ | ۳۴ | ۳۲ | C.L | . | . | ۳/۵ | ۱/۰۲ | |
| ۲۰-۴۵ | Bw | ۴۰ | ۲۴ | ۳۶ | C.L | . | . | ۳ | ۱/۵۲ | |
| ۴۵-۸۵ | Bk1 | ۳۶ | ۳۲ | ۳۲ | C.L | . | . | ۱۸/۷۵ | ۱/۰۲ | |
| ۸۵-۱۳۰ | Bk2 | ۵۶ | ۲۰ | ۲۴ | S.C.L | . | . | ۱۰ | ۱/۳۲ | |
| واحد ۳.۱) خاکرخ ۳. شیب کلی ۳/۵ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۵/۷ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۵ | Ap | ۲۰ | ۴۰ | ۴۰ | C.L | . | . | ۵/۷۵ | ۱/۸۲ | |
| ۲۵-۶۰ | Bss | ۲۸ | ۲۸ | ۴۴ | C | . | . | ۶/۷۵ | ۱/۸۱ | |
| ۶۰-۹۰ | Bk1 | ۲۲ | ۳۰ | ۴۸ | C | . | . | ۱۷/۲۵ | ۱/۵۶ | |
| ۹۰-۱۳۰ | Bk2 | ۲۲ | ۳۰ | ۴۸ | C | . | . | ۱۷/۲۵ | ۱/۷۵ | |
| واحد ۴.۱) خاکرخ ۴. شیب کلی ۱ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۴/۲ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۰ | Ap | ۲۰ | ۴۰ | ۶۰ | C | . | . | ۱۱ | ۱/۲۸ | |
| ۲۰-۶۰ | Bss1 | ۲۰ | ۳۰ | ۵۰ | C | . | . | ۱۰/۷۵ | ۱/۱۸ | |
| ۶۰-۱۰۰ | Bss2 | ۱۸ | ۳۲ | ۵۰ | C | . | . | ۱۰/۷۵ | ۴/۹۱ | |
| ۱۰۰-۱۴۰ | Bw | * | * | * | C* | . | ۴/۱۳ | ۱۱ | ۶/۹۴ | |
| واحد ۵.۰) خاکرخ ۵. شیب کلی ۶/۵ درصد، محدودیت کم سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۳/۷ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۰ | Ap | ۱۶ | ۳۶ | ۴۸ | C | . | . | ۱/۷۵ | ۰/۹۲ | |
| ۲۰-۶۰ | By1 | ۱۲ | ۲۸ | ۵۰ | C | . | ۱۲/۵۶ | ۴ | ۲/۶۱ | |
| ۶۰-۱۰۰ | By2 | * | * | * | C* | . | ۱۵/۹۱ | ۲/۲۵ | ۳/۵۴ | |
| ۱۰۰-۱۵۰ | By3 | * | * | * | C* | . | ۲۴/۶۰ | ۳/۲۵ | ۴/۵۸ | |

| (واحد ۶.۶) خاکرخ ۶. شیب کلی ۱۸/۵ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۴/۶ *به علت فولکوله شدن ذرات خاک، بافت خاک به روش لمسی و در صحرا تعیین شد. | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----------------|------|------|------|-------------|--------|---------|-----------------------|--|
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۱۵ | Ap | ۲۲ | ۳۸ | ۴۰ | C | ۰ | ۴/۵ | ۱/۱۸ | | |
| ۱۵-۵۰ | Bw | ۱۴ | ۳۴ | ۵۲ | C | ۰ | ۶/۲۵ | ۱/۸۴ | | |
| ۵۰-۷۵ | Bk | ۱۲ | ۳۲ | ۵۶ | C | ۰ | ۱۶/۷۵ | ۲/۱۶ | | |
| ۷۵-۱۳۰ | By | ۱۰ | ۳۴ | ۵۶ | C | ۰ | ۶/۵ | ۳/۵۵ | | |
| (واحد ۷.۱) خاکرخ ۷. شیب کلی ۱ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۵/۸ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۰ | Ap | ۱۴ | ۵۰ | ۳۶ | scl | ۰ | ۱۲/۵ | ۱/۹۸ | | |
| ۲۰-۵۲ | Bw | ۲۰ | ۴۶ | ۳۴ | scl | ۰ | ۱۳/۲۵ | ۱/۱۷ | | |
| ۵۲-۸۶ | By1 | * | * | * | cl* | ۳۵/۶۹ | ۱۴/۲۵ | ۲/۲۳ | | |
| ۸۶-۱۳۰ | By2 | * | * | * | cl* | ۱۸/۴۹ | ۵ | ۳/۲۵ | | |
| (واحد ۸.۵) خاکرخ ۸. شیب کلی ۱۸/۵ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۶/۷ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۰-۲۷ | Ap | ۲۴ | ۴۸ | ۲۸ | cl | ۰ | ۱۳ | ۱/۲۴ | | |
| ۲۷-۴۳ | By1 | * | * | * | cl* | ۵/۸۵ | ۱۴/۲۵ | ۳/۶۸ | | |
| ۴۳-۹۰ | By2 | * | * | * | cl* | ۳۹/۲۲ | ۱۴/۷۵ | ۳/۲۲ | | |
| ۹۰-۱۰۸ | By3 | * | * | * | cl* | ۲۱/۰۷ | ۱۷/۵ | ۳/۱۵ | | |
| ۱۰۸-۱۴۰ | By4 | * | * | * | l* | ۴/۲۱ | ۸/۷۵ | ۲/۳۹ | | |
| (واحد ۹.۲) خاکرخ ۹. شیب کلی ۱۸/۵ درصد، محدودیت کم سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۷/۳ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۲۷-۰ | Ap | ۴۸ | ۳۸ | ۱۴ | l | ۰ | ۱۲/۷۵ | ۱/۷۵ | | |
| ۴۳-۲۷ | C1 | ۶۲ | ۲۶ | ۱۲ | sl | ۰ | ۱۲/۲۵ | ۱/۱۲ | | |
| ۹۰-۴۳ | C2 | ۸۶ | ۶ | ۸ | ls | ۰ | ۱۴/۲۵ | ۰/۹۶ | | |
| (واحد ۱۰.۵) خاکرخ ۱۰. شیب کلی ۱۰ درصد، فاقد محدودیت سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۴/۲ | | | | | | | | | | |
| عمق (cm) | افق | ذرات خاک (درصد) | | | بافت | سنگریزه (%) | گچ (%) | آهک (%) | هدایت الکتریکی (dS/m) | |
| | | شن | سیلت | رس | | | | | | |
| ۱۵-۰ | Ap | ۶۷ | ۱۹/۲ | ۱۳/۸ | l | ۶-۳ | ۰/۱۹ | ۳/۱۸ | | |
| ۸۵-۱۵ | C1 | ۸۲ | ۷/۲ | ۱۰/۸ | sl | ۶۰-۵۰ | ۰/۱۹ | ۰/۷۱۵ | | |
| ۱۵۰-۸۵ | C2 | ۸۱/۶ | ۸/۶ | ۹/۸ | ls | ۴۰-۳۰ | ۰/۲۳ | ۰/۴۸۵ | | |
| (واحد ۱۱.۱) خاکرخ ۱۱. شیب کلی ۶/۵ درصد، محدودیت کم سیلگیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبدالی در طول خاکرخ ۷/۷ | | | | | | | | | | |

ارزیابی اقلیم با استفاده از داده‌های اقلیمی منطقه

به طور کلی اقلیم یک منطقه، متوسط وضعیت هوا در آن منطقه است و دسترسی به متوسط وضعیت هوا در یک مکان خاص، نیازمند یک سری اطلاعات درازمدت هواشناسی است (سلیقه و همکاران ۲۰۰۸). در مطالعه حاضر این اطلاعات حداکثر در چهار گروه نزولات جوی، حرارت، رطوبت نسبی و تابش خورشیدی تقسیم می‌شوند (گیوی ۱۹۹۷). شایان ذکر است چون فرض بر این است که نیاز آبی محصولات مورد نظر تماماً به وسیله آبیاری تأمین می‌شود، خصوصیت بارندگی یا نزولات

جوی لحاظ نگردید. همچنین ارزیابی تابش خورشیدی نیز موید مطلوب بودن شرایط طول روز و ساعات آفتابی واقعی به منظور توسعه و کشت محصولات انتخابی بود. لذا در مطالعه حاضر محدودکننده‌ترین عوامل آب و هوایی شامل درجه حرارت (متوسط دمای رشد بر حسب درجه سلسیوس) و متوسط حداقل دمای سردترین ماه (بر حسب درجه سلسیوس) بوده که مقدار متوسط آن‌ها در دوره آماری مربوطه (۲۰۱۵-۱۹۸۹) محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۳- متوسط ویژگی اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵

| مشخصات اقلیمی ماه‌های سال | متوسط دما (°C) | حداقل دما (°C) | حداکثر دما (°C) | بارندگی (mm) | رطوبت نسبی (%) | ساعات آفتابی واقعی | طول روز |
|---------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|----------------|--------------------|---------|
| JAN | ۳/۶۴ | -۶/۸۷ | ۱۶/۹۹ | ۱۵/۳ | ۷۸/۱ | ۴/۸۷ | ۱۲/۲۲ |
| FEB | ۴/۷۳ | -۵/۴۳ | ۲۰/۶ | ۱۹/۴۸ | ۷۶/۴ | ۵/۱۳ | ۱۰/۳۲ |
| MAR | ۸/۲ | -۳/۳۸ | ۲۲/۰۵ | ۲۹/۵۴ | ۷۶/۸ | ۶/۳۲ | ۹/۴۲ |
| APR | ۱۳/۸۱ | ۲/۱۳ | ۲۸/۵۲ | ۳۱/۴۶ | ۶۲/۷ | ۶/۹۶ | ۹/۲۱ |
| MAY | ۱۹/۱۷ | ۶/۷۹ | ۳۲/۳۷ | ۳۴/۶۹ | ۶۱/۳ | ۷/۹۹ | ۱۰/۶۵ |
| JUNE | ۲۴/۴۷ | ۱۲/۴۴ | ۳۶/۵۳ | ۱۹/۲۷ | ۵۴/۴ | ۱۰/۸۵ | ۱۱/۹ |
| JULY | ۲۷/۱۷ | ۱۶/۰۷ | ۳۷/۶۵ | ۷/۳۴ | ۵۷/۴ | ۱۱/۶۳ | ۱۳/۲۳ |
| AUG | ۲۶/۸ | ۱۵/۹۴ | ۳۷/۱۲ | ۷/۲۶ | ۵۳/۶ | ۱۱/۴۹ | ۱۴/۲۷ |
| SEP | ۲۲/۳۴ | ۱۱/۱۷ | ۳۳/۶۴ | ۲۴/۸۴ | ۵۸/۱ | ۱۰/۵۷ | ۱۴/۴۶ |
| OCT | ۱۶/۲۳ | ۵/۹۲ | ۲۸/۵۶ | ۳۴/۳۷ | ۵۲/۹ | ۸/۸۸ | ۱۴/۱۸ |
| NOV | ۹/۹ | -۰/۲۱ | ۲۲/۳۷ | ۲۸/۲۶ | ۶۷/۶ | ۶/۹۲ | ۱۳/۴۳ |
| DEC | ۵/۱۶ | -۴/۴۸ | ۱۸/۴۸ | ۲۰/۳۲ | ۷۶/۲۵ | ۵/۸۴ | ۱۲/۲۸ |

جدول (۴) درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی موثر در رشد محصول هلو را با استفاده از متوسط ویژگی‌های اقلیمی نشان می‌دهد. در ادامه درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی با استفاده از روش پارامتریک تلفیق و

درجه‌های تناسب اقلیمی برای محصول مورد مطالعه محاسبه و کلاس تناسب آن‌ها تعیین شد. در جدول (۵) نتایج مربوط به درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی و کلاس تناسب اقلیمی ارائه شده است.

جدول ۴- درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی موثر در رشد محصول هلو

| ویژگی اقلیمی | سالانه (°C) | متوسط دمای | (C°) | سردترین ماه | کمترین دما در | متوسط مطلق | دوره رشد (°C) | متوسط دمای | ماه (°C) | دمای سردترین | متوسط حداقل | برداشت (°C) | دو ماه بعد از | متوسط دما در | به‌شروط یخ‌بندان | سردترین ماه | رطوبت نسبی |
|--------------|-------------|------------|------|-------------|---------------|------------|---------------|------------|----------|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|------------------|-------------|------------|
| درجه تناسب | - | - | ۹۷ | ۹۳ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

جدول ۵- درجه و کلاس تناسب اقلیم

| نوع محصول | روش پارامتریک | |
|-----------|---------------|------------|
| | درجه تناسب | کلاس تناسب |
| هلو | ۹۹/۵ | S1 |

این‌رو با عنایت به تناسب بسیار مناسب اقلیم، کشت و توسعه باغات هلو در منطقه مطالعاتی از بعد تناسب اقلیمی بدون محدودیت می‌باشد.

محدودیت‌های اقلیم، شاخص اقلیمی را می‌سازد. ترکیب شاخص خاک با درجه اقلیمی که از شاخص اقلیمی به‌دست می‌آید، شاخص اراضی را ارائه می‌دهد. لازم به ذکر است که این شاخص‌ها یا درجات از نظر عددی بین صفر تا ۱۰۰ هستند که نشان می‌دهد در اثر محدودیت آن‌ها، عملکرد چقدر کاهش می‌یابد.

نتایج حاصل از محاسبه کلاس‌های تناسب اقلیمی برای محصول هلو (جدول ۵) نشان داد که اقلیم منطقه دارای کلاس تناسب S1 (بالاترین تناسب) است. به این معنی که هیچ‌گونه محدودیت اقلیمی، به‌ویژه از نظر دما به‌منظور احداث و توسعه باغات هلو وجود ندارد. از شاخص‌های خاک^{۱۳}، زمین‌نما و اقلیم

نتایج مربوط به شاخص‌های خاک، زمین‌نما و اقلیم برای محصول مورد نظر در جدول (۶) نمایش داده شده است. هر یک از اعداد یا درجه تناسب ویژگی‌های اراضی که از جداول محصول هلو به‌دست می‌آید، یک شاخص است که در پایان برای ویژگی‌ها و به عبارتی محدودیت‌های خاکی، شاخص خاک و برای

جدول ۶- نتایج شاخص‌های خاک، زمین‌نما و اقلیم برای محصول هلو به تفکیک واحدهای اراضی

| واحد اراضی | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ |
|-------------|-----|------|----------|-------|------|-------|-------|-------|
| بافت | عمق | شیب | سیل‌گیری | گچ | آهک | شوری | زهکشی | اقلیم |
| نرات > ۲ mm | ۹۱ | ۹۷/۵ | ۹۷/۵ | ۱۰۰ | ۹۸ | ۹۸/۱۹ | ۱۰۰ | ۹۹/۵ |
| ۹۷/۵ | ۱۰۰ | ۷۲/۵ | ۹۷/۵ | ۹۸/۶۵ | ۹۷ | ۹۷/۷۳ | ۱۰۰ | ۹۹/۵ |
| ۹۷/۵ | ۱۰۰ | ۹۷/۵ | ۷۷/۵ | ۱۰۰ | ۹۳/۷ | ۹۸/۷۷ | ۱۰۰ | ۹۹/۵ |
| ۷۲/۵ | ۹۱ | ۹۷/۵ | ۹۷/۵ | ۱۰۰ | ۸۷/۳ | ۹۸/۱۸ | ۱۰۰ | ۹۹/۵ |
| ۷۲/۵ | ۸۵ | ۵۰ | ۱۲/۵ | ۱۰۰ | ۹۱/۵ | ۹۸/۱۳ | ۱۰۰ | ۹۹/۵ |
| ۷۲/۵ | ۶۰ | ۱۲/۵ | ۹۷/۵ | ۶۶/۴ | ۹۷/۹ | ۹۸/۲۳ | ۱۰۰ | ۹۹/۵ |

| | | | | | | | | | | |
|------|-----|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| ۹۹/۵ | ۱۰۰ | ۹۸ | ۹۵ | ۹۷/۰۳ | ۹۷/۵ | ۹۷/۵ | ۹۱ | ۱۰۰ | ۷۲/۵ | ۷.۱ |
| ۹۹/۵ | ۱۰۰ | ۹۸/۴۲ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۹۷/۵ | ۱۲/۵ | ۵۰ | ۱۰۰ | ۹۷/۵ | ۸.۵ |
| ۹۹/۵ | ۱۰۰ | ۹۸/۷۶ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۲/۵ | ۱۲/۵ | ۱۲/۵ | ۱۰۰ | ۹۷/۵ | ۹.۲ |
| ۹۹/۵ | ۱۰۰ | ۹۸/۳ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۹۷/۵ | ۲۶ | ۹۳ | ۱۰۰ | ۹۷/۵ | ۱۰.۵ |
| ۹۹/۵ | ۱۰۰ | ۹۷ | ۹۷/۱ | ۹۹/۵ | ۱۲/۵ | ۵۰ | ۹۵ | ۵۴/۱ | ۹۷/۵ | ۱۱.۱ |

ارزیابی کیفی نهایی و تعیین میزان محدودیت‌ها

در این مرحله با تلفیق درجه تناسب ویژگی‌های مختلف اراضی (شاخص‌های خاک، زمین‌نما و اقلیم)، شاخص اراضی محاسبه شد. نهایتاً با استفاده از شاخص محاسبه شده، کلاس نهایی تناسب اراضی تعیین شد.

به منظور ایجاد دید کلی، شاخص‌های اراضی، کلاس و زیرکلاس تناسب فعلی^{۱۴} و تناسب آتی^{۱۵} محصول هلو در جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷- شاخص‌های اراضی، کلاس و زیر کلاس تناسب فعلی و آتی واحدهای اراضی بر اساس محصول هلو

| روش مطالعه | | | | | | | | $\frac{S_2}{S_1}$ | $\frac{S_3}{S_1}$ |
|--------------|---------------|------|------------|--------------|---------------|------|------------|-------------------|-------------------|
| ریشه دوم | | | | کالوگیرو | | | | | |
| زیر کلاس آتی | زیر کلاس فعلی | کلاس | شاخص اراضی | زیر کلاس آتی | زیر کلاس فعلی | کلاس | شاخص اراضی | | |
| S1 | S1 | S1 | ۹۰/۷ | S1 | S1 | S1 | ۸۸/۱ | ۱.۱ | |
| S2 | N2w | N2 | ۱۱ | S2 | N2w | N2 | ۱۰/۱ | ۲.۱ | |
| S1 | S2t | S2 | ۷۰/۷ | S1 | S2t | S2 | ۶۸/۴ | ۳.۳ | |
| S1 | S1 | S1 | ۷۷/۸ | S1 | S1 | S1 | ۷۶/۱ | ۴.۱ | |
| S2 | N2wt | N2 | ۷/۷ | S2 | N2wt | N2 | ۵ | ۵.۵ | |
| S2 | N2t | N2 | ۸/۵ | S2 | N2t | N2 | ۷/۵ | ۶.۶ | |
| S1 | S1 | S1 | ۷۹/۷ | S1 | S1 | S1 | ۷۷/۵ | ۷.۱ | |
| S2 | N2t | N2 | ۱۰/۳ | S2 | N2t | N2 | ۹/۲ | ۸.۵ | |
| N2s | N2stw | N2 | ۹/۶ | N2s | N2stw | N2 | ۱ | ۹.۲ | |
| S2 | N1t | N1 | ۲۳/۱ | S2 | N1t | N1 | ۲۲/۵ | ۱۰.۵ | |
| S2 | N2wts | N2 | ۷/۵ | S2 | N2wts | N2 | ۴/۸ | ۱۱.۱ | |

S1 مناسب، S2 نسبتاً مناسب، S3 تناسب کم، N1 نامناسب در شرایط فعلی، N2 نامناسب دائمی، C: اقلیم؛ t: پستی و بلندی؛ W: خیسوی خاک؛ S: محدودیت فیزیکی خاک

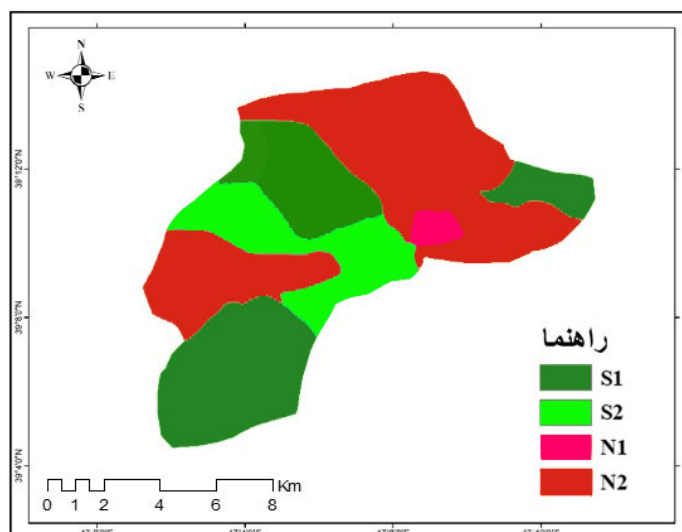
اراضی مورد مطالعه، استفاده از آن‌ها جهت نیل

به تناسب آتی، مستلزم اقدامات اصلاح اراضی یا اعمال مدیریت‌های صحیح می‌باشد. لذا اصلاح اراضی برای محصول هلو در برخی واحدها امکان‌پذیر است.

زیرکلاس تناسب، نوع محدودیت‌های هر یک از واحدهای اراضی را مشخص می‌کند. تناسب فعلی نیز بیانگر قابلیت و شرایط فعلی اراضی بدون اعمال هر گونه اقدامات مدیریتی و اصلاحی می‌باشد. همچنین با توجه به محدودیت‌های ناشی از ویژگی‌های خاک و زمین‌نما در

روش مقادیر عددی شاخص اراضی برای محصول هلو در دامنه بین ۱ تا ۸۸/۱ تغییرات نشان می‌دهد. اما در روش ریشه دوم شاهد تغییرات در بازه عددی ۷/۵ تا ۹۰/۷ هستیم. نقشه کلاس تناسب اراضی محصول هلو بر اساس روش‌های پارامتریک ریشه دوم و کالوگیرو در شکل (۲) ارائه شده است.

همان‌طور که از جدول (۷) به وضوح مشخص است، استفاده از روش‌های پارامتریک در ارزیابی تناسب اراضی روشی مفید برای تشخیص توان و قابلیت اراضی در تولید بهینه محصولات کشاورزی است. با عنایت به نتایج ارائه شده در جدول (۷) این‌گونه می‌توان گفت که بر اساس روش پارامتریک کالوگیرو و ریشه دوم، کلاس نهایی تناسب اراضی تغییرات چندانی نداشته و عمدتاً بین N1 تا N2 و S1 تا S2 نوسان دارد. هر چند تغییرات درجه تناسب اراضی در روش کالوگیرو محسوس‌تر بوده و به نظر می‌رسد این روش کمی سختگیرانه‌تر از روش ریشه دوم عمل کرده است. به‌گونه‌ای که در این



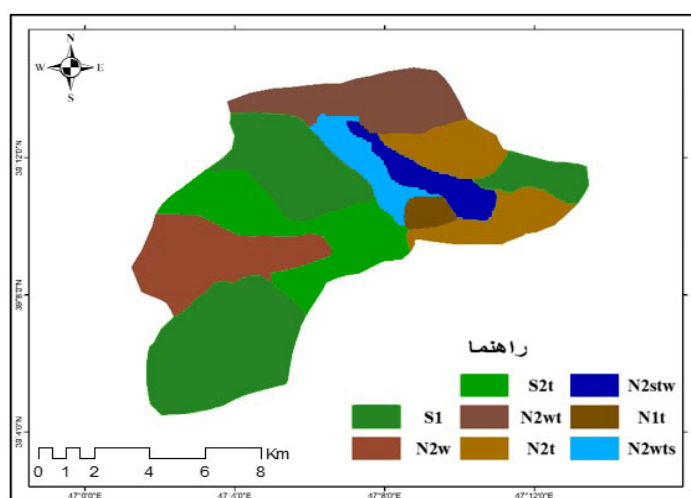
شکل ۲- نقشه کلاس تناسب اراضی محصول هلو بر اساس روش‌های پارامتریک ریشه دوم و کالوگیرو

می‌توان گفت که ۵۱/۸۹ درصد از اراضی منطقه مطالعاتی با مساحتی مشتمل بر ۸۵۹۱/۲ هکتار همگی در رده S قرار دارند و بر اساس هر دو روش کالوگیرو و ریشه دوم برای کشت و توسعه محصول هلو مطلوب می‌باشد. شایان ذکر است که واحدهای (۶.۶) و (۸.۵) به‌صورت N2t و واحد (۱۰.۵) نیز در کلاس N1t به دلیل محدودیت شدید شیب برآورد شدند. همچنین واحدهای (۵.۵)، (۹.۲) و (۱۱.۱) به دلیل محدودیت توام شیب، سیل‌گیری و عمق مفید به ترتیب در کلاس‌های تناسب N2wt، N2stw و N2wts جای گرفتند. در این میان واحد (۲.۱) هم فقط به دلیل تأثیر از سیل‌گیری در کلاس تناسب فعلی N2w

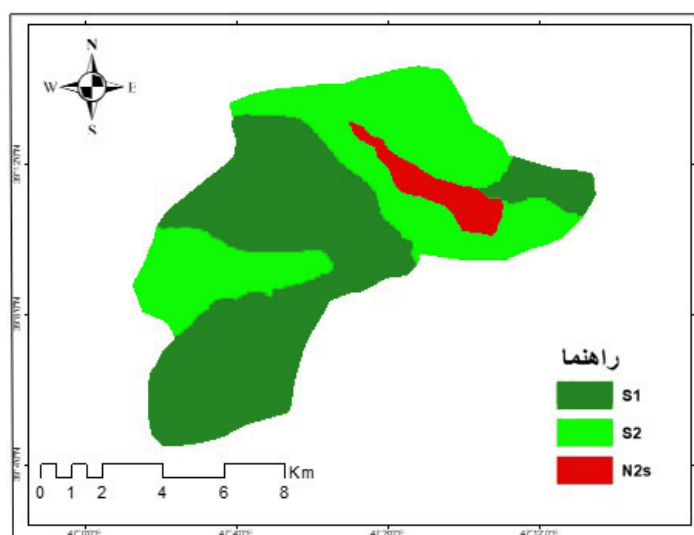
نتایج ارزیابی کیفی تناسب اراضی نشان داد که واحدهای اراضی (۱.۱)، (۴.۱) و (۷.۱) هیچ‌گونه محدودیتی از نظر ویژگی‌های خاک، اقلیم و زمین‌نما برای محصول هلو نداشته و دارای بالاترین درجه تناسب و کلاس اراضی می‌باشد. لذا بر اساس روش‌های ریشه دوم و کالوگیرو مساحتی به وسعت ۵۹۹۲/۲ هکتار، معادل ۳۶/۱۹ درصد در کلاس S1 قرار گرفته و بهترین شرایط را برای کشت و توسعه هلو دارد. همچنین واحد (۳.۳) با ۲۵۹۹ هکتار وسعت، به دلیل محدودیت کم متاثر از شیب به‌صورت S2t کلاس‌بندی شد که ۱۵/۷ درصد از اراضی مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. بنابراین این‌گونه

همراه گچ محدودیت‌های فرعی اراضی به ترتیب پراکنش می‌باشند. مروج و همکاران (۲۰۱۸) نیز طی مطالعه‌ای در بخشی از اراضی جنوب استان تهران، شوری، قلیائیت و سیلگیری را مهم‌ترین فاکتورهای محدود کننده اراضی مورد مطالعه گزارش نمودند. در شکل‌های (۳) و (۴) نقشه زیر کلاس تناسب فعلی و آتی اراضی برای محصول هلو بر اساس روش‌های پارامتریک ریشه دوم و کالوگرو ارائه شده است.

طبقه‌بندی شد. نتایج بدست آمده برای محصول هلو نشان داد که بر اساس هر دو روش مورد مطالعه ۴۸/۱۱ درصد از واحدهای اراضی در رده نامناسب N قرار دارند که وسعتی بالغ بر ۷۹۶۴/۶ هکتار را شامل می‌شود. در این میان ۲۹۷/۸ هکتار در کلاس N1 و ۷۶۶۶/۸ هکتار در کلاس N2 قرار دارند. با عنایت به موارد فوق شیب، سیلگیری، عمق مفید و مقدار سنگ و سنگریزه مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده بوده و بافت و ساختمان به



شکل ۳- نقشه زیر کلاس تناسب فعلی اراضی محصول هلو بر اساس روش‌های پارامتریک ریشه دوم و کالوگرو



شکل ۴- نقشه زیر کلاس تناسب آتی اراضی محصول هلو بر اساس روش‌های پارامتریک ریشه دوم و کالوگرو

ممکن یعنی کلاس تناسب S1 قرار داشته و هیچ‌گونه محدودیتی ندارند. واحد (۳.۳) در صورت اعمال مدیریت

بر اساس نقشه‌های (۳) و (۴) برای محصول هلو واحدهای (۱.۱)، (۴.۱) و (۷.۱) تماماً در بهترین شرایط

شیب، سیل‌گیری، زیادی سنگ و سنگریزه و آهک جای گرفتند. همانطور که پیشتر عنوان شد برای هلو از نظر اقلیمی محدودیتی گزارش نشد. نتایج نهایی ارزیابی خصوصیات واحدهای مختلف اراضی نشان داد که شرایط اقلیمی و محیطی و همچنین ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، برای کشت و توسعه باغات هلو تناسب دارد و توسعه کشت این محصول توصیه می‌شود. علمداری و امانی‌فر (۲۰۱۶) به منظور ارزیابی تناسب اراضی برخی محصول منتخب در منطقه آذربایجان شرقی، شرایط اقلیمی و محیطی را تعیین‌کننده و تاثیرگذار گزارش نمودند. به منظور ایجاد دید کلی، مقایسه عملکرد مشاهده شده (تولید واقعی) بر اساس مساحت و درصد برای محصول هلو به تفکیک روش‌های مورد مطالعه در جدول (۸) نمایش داده شده است.

و تسطیح محدودیت ناشی از شیب، قابلیت ارتقاء کلاس از S2t به S1 را دارد. همچنین در صورت انجام عملیات عمرانی به منظور تسطیح شیب و مرتفع نمودن محدودیت ناشی از سیل‌گیری، می‌توان انتظار داشت واحدهای (۲.۱)، (۶.۶)، (۸.۵) و (۱۰.۵) از کلاس‌های نامناسب فعلی N2w، N2t و N1t به کلاس آتی S2 ارتقاء یابند. محدودیت شدید عمق موثر خاک در واحد (۹.۲) موجب شده است تا علی‌رغم قابل اصلاح بودن محدودیت‌های شیب و سیل‌گیری، کلاس فعلی تناسب N2stw به قوت خود باقی بماند و تغییر چندانی نداشته باشد. لذا کلاس آتی این واحد به صورت N2s گزارش شده که این موضوع به دلیل ماهیت پایای نوع عامل محدودکننده می‌باشد. در واحدهای (۵.۵) و (۱۱.۱) نیز می‌توان با انجام عملیات تسطیح اراضی و سیل‌گیری و همچنین جمع‌آوری سنگ و سنگریزه حداقل به کلاس مطلوب S2 نائل شد.

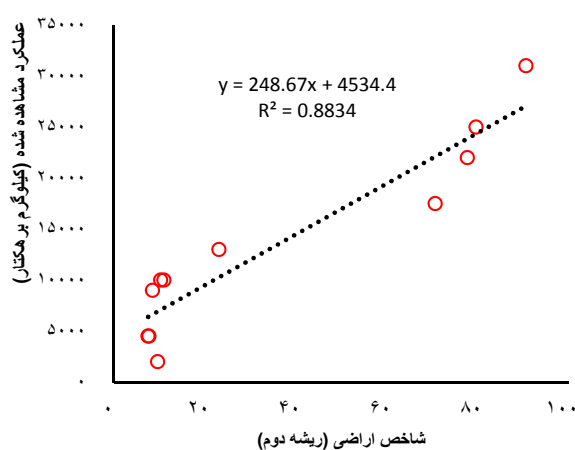
از طرفی برای محصول هلو بر اساس هر دو روش ۵۱،۸۹ درصد از اراضی به وسعت ۸۵۹۱ هکتار در کلاس S1 و ۴۳/۲۸ درصد نیز به مساحت ۷۱۶۵ هکتار در کلاس S2 بود. همچنین ۴/۸۳ درصد از اراضی نیز در رده N به علت برخی محدودیت‌های خاک و زمین‌نما مانند

جدول ۸- مقایسه عملکرد مشاهده شده بر اساس مساحت و درصد برای محصول هلو به تفکیک روش‌های مورد مطالعه

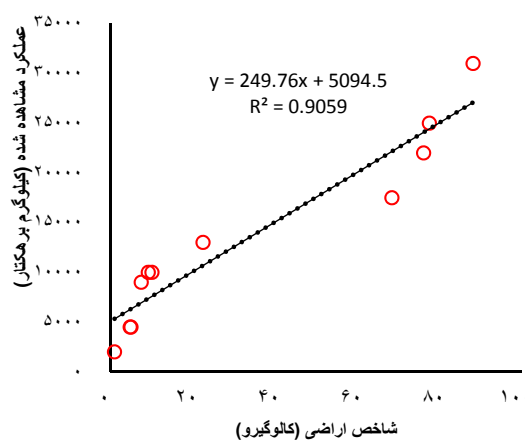
| واحد اراضی | روش پارامتریک کالوگرو | | روش پارامتریک ریشه دوم | | عمکرد مشاهده شده (کیلوگرم بر هکتار) | مساحت واحد (هکتار) | درصد واحد |
|------------|-----------------------|------------|------------------------|------------|-------------------------------------|--------------------|-----------|
| | کلاس تناسب | شاخص اراضی | کلاس تناسب | شاخص اراضی | | | |
| ۱.۱ | S1 | ۸۸,۱ | S1 | ۹۰,۷ | ۳۱۰۰۰ | ۳۲۵۱ | ۱۹/۶۴ |
| ۲.۱ | N2 | ۱۰,۱ | N2 | ۱۱ | ۱۰۰۰۰ | ۲۱۸۱ | ۱۳/۱۷ |
| ۳.۳ | S2 | ۶۸,۴ | S2 | ۷۰,۷ | ۱۷۵۰۰ | ۲۵۹۹ | ۱۵/۷۰ |
| ۴.۱ | S1 | ۷۶,۱ | S1 | ۷۷,۸ | ۲۲۰۰۰ | ۲۰۳۸ | ۱۲/۳۱ |
| ۵.۵ | N2 | ۵ | N2 | ۷,۷ | ۴۵۰۰ | ۱۹۷۶ | ۱۱/۹۴ |
| ۶.۶ | N2 | ۷,۵ | N2 | ۸,۵ | ۹۰۰۰ | ۹۶۴ | ۵/۸۲ |
| ۷.۱ | S1 | ۷۷,۵ | S1 | ۷۹,۷ | ۲۵۰۰۰ | ۷۰۳ | ۴/۲۵ |
| ۸.۵ | N2 | ۹,۲ | N2 | ۱۰,۳ | ۱۰۰۰۰ | ۹۹۰ | ۵/۹۷ |
| ۹.۲ | N2 | ۱ | N2 | ۹,۶ | ۲۰۰۰ | ۷۹۹ | ۴/۸۳ |
| ۱۰.۵ | N1 | ۲۲,۵ | N1 | ۲۳,۱ | ۱۳۰۰۰ | ۲۹۸ | ۱/۸ |
| ۱۱.۱ | N2 | ۴,۸ | N2 | ۷,۵ | ۴۵۰۰ | ۷۵۶ | ۴/۵۷ |

محصول (عملکرد مشاهده شده) در واحد ۱.۰۱ و کمترین نیز در واحدهای ۵.۵ و ۱۱.۱ می‌باشد که علت آن محدودیت سیل‌گیری، شیب و بالا بودن میزان سنگریزه بود.

در شکل (۵) همبستگی بین شاخص اراضی و میزان عملکرد محصول با استفاده از روش‌های پارامتریک کالوگرو و ریشه دوم نمایش داده شده است.



همانطور که از جدول (۸) به وضوح قابل مشاهده است، ارزیابی تناسب اراضی با استفاده از روش ریشه دوم در تمامی واحدهای اراضی موجب افزایش شاخص اراضی شده است. مروج و همکاران (۲۰۱۷) نیز برای مکان‌یابی کاشت گیاهان زراعی و باغی منتخب در اراضی منطقه آبیگ استان قزوین با استفاده از روش ریشه دوم، نتایج مشابهی را گزارش کرده‌اند که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. شایان ذکر است بیشترین میزان



شکل ۵- رگرسیون خطی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده با استفاده از روش‌های پارامتریک کالوگرو و ریشه دوم برای محصول هلو

روش ریشه دوم باعث افزایش شاخص اراضی شده است ولی این موضوع همبستگی بالاتر بین شاخص اراضی محاسبه شده و مقادیر تولید مشاهده شده را نشان نداد. موسوی و همکاران (۲۰۱۷) نیز طی مطالعه‌ای به منظور ارزیابی تناسب بخشی از اراضی منطقه کوهین قزوین برای محصول منتخب، ضریب تبیین حاصل از روش ریشه دوم را کمتر از روش مقایسه شده گزارش کردند.

همانطور که مشاهده می‌گردد همبستگی بین شاخص اراضی و میزان عملکرد محصول در روش کالوگرو ($R^2 = 0.9059$) بیشتر از روش ریشه دوم ($R^2 = 0.8834$) به دست آمد که حکایت از دقت بالای این مدل دارد. ضریب تبیین محاسبه شده بین تولید مشاهده شده و شاخص اراضی موید این مطلب است که روش پارامتریک کالوگرو دارای دقت بالایی می‌باشد. همچنین شاخص‌های اراضی محاسبه شده با روش پارامتریک ریشه دوم، موید این است که ارزیابی تناسب اراضی به

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی خاک‌های منطقه مورد مطالعه شامل دو رده اریدی‌سول‌ها و انتی‌سول‌ها بوده که در قالب ۱۱ سری خاک رده‌بندی و نامگذاری شده‌اند که شامل تازه کند، آقبلاغ، نوشیروان، مرزاد، تپه، طالب گلی، افشار، گرگر، لیوارجان، آسیاب و سیلگرد می‌باشد بر اساس نتایج ارزیابی کیفی، اقلیم منطقه برای کشت و توسعه محصول هلو کاملاً متناسب (S1) بوده و مهم‌ترین محدودیت‌های زمین‌نما و خاکی، توپوگرافی، سیل‌گیری و ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌باشد. وسعت کلاس‌های متناسب اراضی برای محصول مورد مطالعه بر اساس هر دو روش، موید این مطلب بود که منطقه مطالعاتی برای کشت و احداث باغ هلو متناسب خوبی دارد، زیرا اقلیم منطقه محدودیتی برای کشت و توسعه آن ایجاد نکرده و نیز بیش از ۹۵ درصد اراضی مورد مطالعه در کلاس S1 و S2 قرار دارند. هر چند تغییرات درجه تناسب اراضی در روش کالوگرو محسوس‌تر بوده و به نظر می‌رسد این روش کمی سختگیرانه‌تر از روش ریشه دوم عمل کرده است. بر اساس نتایج شاخص‌های اراضی محاسبه با دو روش ارزیابی انتخابی، دامنه تغییرات کلاس‌های تناسب از مناسب تا کاملاً نامناسب متغیر بود. نتایج نشان داد که بر اساس هر دو روش ارزیابی، ۵۱/۸۹ درصد از اراضی در کلاس S1، ۴۳/۲۸ درصد S2 و ۴/۸۳ درصد در کلاس N طبقه‌بندی شدند. همچنین مقایسه شاخص

اراضی به دست آمده از روش ریشه دوم و کالوگرو نشان داد که شاخص اراضی در تمامی واحدهای اراضی در روش ریشه دوم بیشتر از روش کالوگرو بود. بیشترین شاخص اراضی در واحد ۱۰۱ به میزان ۹۰/۷ و کمترین شاخص به میزان ۱ در واحد ۹۰۲ به دست آمد. همچنین مقایسه همبستگی بین شاخص اراضی و عملکرد مشاهده شده برای محصول هلو نشان داد که این ضریب برای روش روش کالوگرو ($r=0.9059$) بیشتر از روش ریشه دوم ($r=0.8834$) بود. لذا ضریب تبیین محاسبه شده بین تولید مشاهده شده و شاخص اراضی موید این مطلب بود که روش پارامتریک کالوگرو دارای دقت بالایی می‌باشد. با توجه به کلاس‌های تناسب فعلی و آتی به‌دست آمده برای هلو در محدوده مورد بررسی به‌نظر می‌رسد که عموماً کشت این محصول در این منطقه منطقی می‌باشد و اجرای عملیات اصلاحی تغییر معنی‌داری در ارتقا کلاس تناسب اراضی و میزان تولید و سوددهی خواهد داشت، لذا پیشنهاد می‌شود چنین مطالعه‌ای در مقیاس متفاوت با تعداد واحدهای مطالعاتی بیشتر در مناطق مختلف جغرافیایی به‌منظور شناسایی عوامل دخیل در تولید که در این تحقیق به آن‌ها توجه نشده و امکان ایجاد محدودیت توسط آن‌ها وجود دارد، مورد بررسی و مطالعه تکمیلی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- Alamdari, P. Amanifar, S. (2016). Land suitability classification of East Azerbaijan research station for tomato, potato, onion and bean. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 6(1), 117-122. (in Persian).
- Ayoubi, S. Jalalian, A. (2015). *Land evaluation (agriculture and natural resources)*. Second Edition. Fifth press. Isfahan University of Technology press. Page 385. (in Persian).
- Bagheri badaghabadi, M. Mosleh gahfarokhi, Z. Jamshidi, M. Ziaee, and Javid, A. (2021). How well do the results of conventional land suitability methods fit together. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(1), 65-81. doi: 10.22069/ejsms.2021.18069.1956. (in Persian).

- Bagherzadeh, A. Moeinrad, H. (2012). Analysis of parametric approaches in qualitative land Suitability evaluation for irrigated wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation at Neyshabur plain. *Agroecology*, 4(2), 121-130. (in Persian).
- Bagherzadeh, A. Mansouri Daneshvar, M.R. (2011). Physical land suitability evaluation for specific cereal crops using GIS at Mashhad Plain, Northeast of Iran. *Frontiers of Agriculture in China*. 5(4): 504–513.
- Burrough, P.A. (1989). Fuzzy mathematical methods for soil survey and land evaluation. *Journal of Soil Science*. 40: 477-492.
- Chandrakala, M. Srinivasan, R. Anil Kumar, K.S. Sujatha, K, and Hegde Rajendra Singh, S.K. (2019). *International Journal of Chemical Studies*. 7(4): 2446-2453.
- Dialami, H. Givi, J, and Naderi Khorasgani, M. (2018). A Comparison of Parametric and Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP) Methods to Evaluate Land Suitability for Kabkab Date Palm (*Phoenix dactylifera* L. cv Kabkab) Plantation in Dashtestan Area, Bushehr Province. *Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization, (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(2), 45-58. (in Persian).
- Gee, G.W. Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*. 2ndEd. Agron. Monogr. 9. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, pp. 383-411.
- Ghorbani, R. Mahmoodzadeh, H, and Taghipour, A.A. (2013). Lands suitability analysis for urban development in the metropolitan area of Tabriz; using analytical hierarchy process (AHP). *Geography and territorial spatial arrangement*. 3(8):1-13. (in Persian).
- Givi, J. (1997). Qualitative assessment of land suitability for agricultural and horticultural plants. *Soil and Water Research Institute. Technical Journal* 1015. 100 pages. (in Persian).
- Hadi, H. Azadi Mobaraki, M, and Sanaei Ghehi, M. (2016). Grape Production Constraints in Terms of Climatic Elements and Land Physical Factors Using AHP Model in GIS Environment (Case Study: East Azarbaijan Province). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26(1), 159-172. (in Persian).
- Jackson, M.L. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc. Engle-wood Cliffs, N. S. Constable & Co. Ltd., London.
- Jafari, A. Lalini, N. Bagheri Bodaghabadi, M, and Farpoor, M. (2022). Comparison of the modified and unmodified indices of land suitability with the actual yield of Olive in some regions of Kerman province. *Water and Soil Science*. doi: 10.22034/ws.2021.43634.2397. (in Persian).
- Kalogirou, S. (2002). Expert systems and GIS: an application of land suitability evaluation. *Computers, Environment and Urban Systems*. 26 (Issues 2-3) 89–112.
- Khidir, S.M. (1986). A statistical approach in the use of parametric systems applied to the FAO framework for land evaluation. [PhD Thesis.] State University Ghent, Belgium.
- McLean, E.O. (1982). Soil pH and Lime requirement. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micromorphological Properties*. 2ndEd. Agron. Monogr. 9. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, pp. 199-224.

- Moghali, M. (2014). Feasibility of Olive Cultivation Based on Environmental Factors Using GIS in Boyer-Ahmad Township. , 7(25), 43-54. (in Persian).
- Montgomery, B. Dragicevic, S. Dujmovic, J, and Schmidt, M. (2016). A GIS-based logic scoring of preference method for evaluation of land capability and suitability for agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 124: 340–353.
- Moravej, K. Alamdari, P. Delavar, M, and Fathi, M. (2017). Site Detection for planting of Chosen Agricultural and Horticultural Plants in Abyek Region, Qazvin Province. *Water and Soil Science*, 27(3), 93-105. (in Persian).
- Moravej, K. Delavar, M, and Najafi, V. (2018). Importance of Using Modern Irrigation Methods in Increase of Employment and Development of Rural Areas. *geores*. 33(2):175-190. (in Persian).
- Mousavi, S. Sarmadian, F, and Taati, A. (2017). Comparison of AHP and FAO Methods for Land Suitability Evaluation of Rainfed Wheat in Kuhin Area. *Iranian Journal of Soil Research*, 30(4), 367-377. (in Persian).
- Nelson, R.E. (1982). Carbonate and gypsum. In: Page, A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *ethods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological methods*. 2ndEd. Agron. Monogr. 9. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, pp. 181-197.
- Nelson, W. Sommers, L. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In A.L. Page et al (Eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 2*. 2ndEd. Agron. Monogr. No. 9. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, pp. 532-581.
- Newhall, F. Berdanier, C.R. (1996). Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. *Natural Resources Conversations Service, Soil Survey Investigation Report*, No. 46, 13p.
- Pratibha, T. Sudhakar, S. (2014). Land Suitability Analysis for Orange & Pineapple: A Multi Criteria Decision Making Approach Using Geo Spatial Technology. *Journal of Geographic Information System*. 6(1): 40-44.
- Roades, J.D. (1990). Soluble salts. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Micromorphological Properties*. 2ndEd. Agron. Monogr. 9. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, pp. 167-179.
- Safaripour, M. Naseri, D. (2019). Ecological Land Capability Evaluation for Agriculture and Range Management Using WLC Method (Case study: Onarchay watershed, Ardabil province). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(8), 113-123. doi: 10.22034/jest.2020.22063.3120
- Saligeh, M. Bareimanei, F, and esmaeilnegad, M. (2008). Climatcal Regionalization on Sistan & Balouchestan Province. *Geography and Development Iranian Journal*, 6(12), 101-106. (in Persian).
- Sarmadian, F. Ghavami, M. (2020). Land Suitability Evaluation Using TOPSIS Method and Its Comparison with Parametric Methods for Maize Production in Part of Qazvin. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(9), 2275-2287. doi: 10.22059/ijswr.2019.273788.668095. (in Persian).
- Servati, M. Jafarzadeh, A. Ghorbani, M.A, and Shahbazi, F. (2013). Land Suitability Evaluation for Alfalfa in Khajeh Region Using the Parametric Square Root method and Fuzzy Set Theory. (in Persian).
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to soil taxonomy*. 12th ed. Washington (D.C.), United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA.

Sys, C. Van Ranset, E, and Debaveye, J. (1991). 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. Van Ranset, E. Debaveye, J, and Beernaert, F. (1993). Land evaluation, Part III, Crop requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium.

Taleai, M. Alimohammadi, A, and Adili, E. (2012). Urban Land Suitability Evaluation Using of Fuzzy AHP Method. Iranian Journal of Remote Sencing & GIS. Volume: 4 Issue: 1. (in Persian).

Thomas, G.W. (1982). Exchangeable cations. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. 2ndEd. Agron. Monogr. 9. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, pp. 159-165.

WRB. (2015). World reference base for soil resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Zarinkafsh, M. (2008). The Evaluation of Land Suitability, Classification and Capability. Jahangir Publication, Tehran. (in Persian)

Zinck, J.A. (2016). Physiography and Soils, Lecture-notes for soil students, Soil Science Division, Soil survey courses Subject matter: K6 ITC, Enscheda, The Netherlands.