Investigate the Suitability and Capability of Lands Using Parametric Methods to Achieve Sustainable Development

Omid Ahmadi[1], Dr. Parisa Alamdari[2*], Moslem Servati[3], Tooraj Khoshzaman[4]

1-Ph.D Student of Soil Science and Engineering , University of Zanjan
2-Assistant Professor of Soil Science and Engineering, University of Zanjan
3-Assistant Professor of Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, University of Urmia
4- Ph.D of Soil and Water Research, Zanjan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Zanjan

Ahmadi, O & Alamdari, P & Servati, M & Khoshzaman, T. (2021). [Investigate the Suitability and Capability of Lands Using Parametric Methods to Achieve Sustainable Development]. *Geography and Development*, 18 (61), 1-28, http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.5832
doi: http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.5832

Received:01/05/2020
Accepted :05/10/2020

Keywords:
Cultivation Priority,
Geographic Information System,
FAO,
Land Use,
Products Orchard.

ABSTRACT

Today, due to Population increase, planning and evaluation of ecological potential of land are considered as factors of sustainable development. Accordingly, land suitability evaluation studies are among the most important processes in land resources management. The purpose of this study was to determine the land use and priority of cultivation for olive, peach and citrus products. The study region with an approximate area of 16500 hectares is located in the city of Khodaafarin (East Azerbaijan). The soils of the region have a thermic temperature regime and soils moisture aridic border to xeric and classified in the order of Aridisols and Entisols. Geomorphologically, lands are located in plain (Alluvial, Flood, Piedmont) and Alluvial fan. In order to achieve the goals of 11 land units (Represents 11 dominant soil series), which differed in terms of characteristics affecting the growth of selected products, they were isolated. Based on the climate outcomes, the area is nonsuitable for olive and citrus cultivation and it is very suitable for peach, and the most important soil limitations for growth, is slope in the hillside, flood plumbing, lime and coarse fragment. Estimates of suitability classes by various FAO methods showed that the Square root method relative to the Storie is relatively more favorable, because the index of the calculated area with this method has more correlation with the actual production. It seems that the reason for this is to consider the interactions between the effective features of product performance and the use of the Liebig's law of the minimum, and placing the least feature outside of the radical. The Peach utilization type is introduced as the most suitable product considering the climatic conditions and the characteristics of landscape and soil in the study area and it's in the Cultivate priority. The land suitability map prepared with GIS also confirms this. Therefore, the assessment of land capability and location of susceptible lands as part of land use planning can be a strategy for making appropriate decisions in land evaluation, environmental studies and planning to maximize productivity in different geographical areas for sustainable development.

Copyright©2021, Geography and Development. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

1- Introduction

In Iran, many lands are out of the production cycle due to special restrictions or their use is very low and basic. Therefore, lands should be used based on their talent and ability to meet and protect human needs for the future. Therefore, soil resources and its evaluation will play a key role in influencing land management policies and planning to achieve sustainable management and development. Therefore, this study aims to locate and evaluate the suitability of different land units in order to determine the priority of cultivation and development of olive, peach and citrus orchards and also to evaluate the accuracy of land suitability assessment methods based on climatic components and land characteristics in Khodaafarin region (northeast East Azerbaijan) took place.

***Corresponding Author:**
Dr. Parisa Alamdari
Address: Department of Soil Science and Engineering, University of Zanjan
Tel: +98(9141024328)
E-mail: p_alamdari@znu.ac.ir

Materials and Methods

The study area is about 16555 hectares including Khodaafarin dam downstream (Qiz-galasi upto Silinchae) in Khodaafarin city-Khomarlu section of East Azerbaijan province. This region is in the range of 46 degrees and 28 minutes to 47 degrees and 30 minutes east longitude and 38 degrees and 45 minutes to 39 degrees and 18 minutes north latitude. The approximate altitude of the region is 550 meters above sea level. According to the meteorological information of Khomarloo climatic station (the closest station to the study area) between 1997 and 2016, the average annual temperature is 14.7 degrees Celsius. The annual rainfall is 281 mm. The thermal regime of the thermal region and the eridic moisture regime were bordered by Zerik. In this study, soils were classified according to the American method (2014) and then adapted to the global reference classification method (2014). In the present study, restriction and parametric methods were used to qualitatively assess land suitability based on the FAO framework for irrigated crops cultivation. Due to the fact that the study area is considered arid and semi-arid, the characteristics used in land use assessment include 8 characteristics including climate, medium (depth-texture-particles larger than sand), flooding, slope, lime, gypsum, salinity And is alkaline

Results and Discussion

The results of physical, chemical and morphological studies showed that the soils of the study area are Aridisols and suborder Calcids, Cambids, Gypsids, and Entisols with suborder Orthents. Based on the WRB system, Cambisols, Calsisols, Gypsisols and Regosols reference groups were classified.According to the FAO 212 Guide, the lands of the region are located on the plain (alluvial, flood, slope) and alluvial fan. Due to the fact that the productivity types of olives, peaches and citrus fruits are perennials, so the information needed in crops to determine the growth period and planting date was not included. The results of calculating climate suitability classes for utilization types showed the average annual temperature for growth and development of olive is 15.14 ° C and is in the S1 class. However, the study area is not suitable for the cultivation of olives, because the numerical value of the absolute mean temperature component is the lowest temperature in the coldest month; it is -8.31 ° C and is in the N2 class and severely limitation the olive utilization type. In such a way that any management actions cannot improve the class. The results of the climate evaluation for citrus based on the parametric method (Story and Square root) confirmed the limitation of climatic conditions. Because the climatic conditions of the region in terms of the average temperature component in the two months after harvest are 3.64 ° C and is in N2 class. This has allowed climate limitation to remain in place despite the relative humidity in the S2 class. Due to this issue and the special importance of the climate and its deterrence, the cultivation and development of citrus orchards in the studied area is not recommended. Finally, the results of calculating climatic suitability class for Peach utilization type showed that the climate of the region has a S1 class. This means that there is no climate limitation, in order to develop the peach orchards. With regard to the good suitable of the climate, cultivation and development of the peach orchards in the area studied the recommendation and priority of cultivation to this utilization types. The results showed that the amount of gypsum in unit (6) and of high lime in some units (10, 9, 8, 7, 5, 4) reduced land index especially to citrus. The unit (11) was used for all utilization types in unsuitable class, due to a large amount of coarse fragm (more than 40 %). In general, in some units (2, 5, 6, 8, 9, and 11), the severity of the limitation is high and they are classified in the N-class for all of the studied utilization types. Most of this limitation were due to flooding sensitivity, depth limitation, slope and lime.

Conclusions

The extent of land suitable classes based on the Story and Square root methods confirms that the cultivation priority in the study area is devoted to the peach utilization type, because the region's climate does not create a limitation to cultivation and development and more than 50 % of the area studied in the S1 and S2 class. It should be noted that the suitable classes estimated using the Square root method are more preferred compared to the Story method, because the Square root method reduces the interactions of the factors involved in the evaluation.

According to the results of this study, climate limitations are important as the most substantial environmental component and direct effect on cultivation and development of utilization types, especially in the orchards subdivision. Therefore, achieving sustainable agriculture and land management requires understanding, validation and assessment of climate conditions.

Keywords: Tivation Priority,Geographic Information System, FAO, Land Use, Products Orchard.

References

- Asgharzadeh, Ahmad; Mohammad Jafar Malakouti; Hossein Ali Bahrami; Soheila Ebrahimi (2004). Iranian Soils: New Developments in Identification, Management and Exploitation. First Edition. Senate Publications. 481 pages. https://www.gisoom.com/book/1307930

- Omidvar Kamal, Ahmad Mazidi; Soodabeh Doust Moradi (2014). Climatic feasibility study of rapeseed cultivation in Kermanshah province. Geography and Development, Volume 12, Number 35, Pages 97-116. https://gdij.usb.ac.ir/article_1557_5318a75f3dcb3a841216fb53273ef0e9.pdf

- Ayoubi, S. and Jalalian, A. (2015). Land evaluation (agriculture and natural resources). Second Edition. Fifth press. Isfahan University of Technology press. Page 385. Bagheribodaghabadi, M. (2003). Applied Land Evaluation and Land Use Planning. Second Edition. Pelk press. Page 392. https://www.gisoom.com/book/11205698

- Bagheri Badaghabadi, Mohsen (2011). Applied Land Assessment and Land Management, Second Edition, Second Edition, Plek Publications, 392 pages https://www.gisoom.com/book/1760362

- 6. Basati, Hamid (2004). Investigating the possibility of planting and developing olives in Ilam province and neighboring provinces of Middle Zagros. Olive Magazine, a specialized scientific and agricultural journal. No. 161. Pages 50-54 https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=92375

- Pakpur Rabati, Ahmad, Ali Asghar Jafarzadeh; Farzin Shahbazi; Parviz Amari (2013). Evaluation of potential lands for a number of agricultural products using GIS in some areas of West Azerbaijan Acetate. Journal of Soil and Water Knowledge, Volume 23, Number 1, Pages 165-176. https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_205.html

- 8. Ramezani, Bahman and Laden Kazemirad (2007). Identifying areas prone to cultivating sunflower industrial plant in the eastern plain of Gilan. Journal of Geographical Space, Year 7, Issue 19, Pages 127-142 https://www.magiran.com/paper/640277

- Zeinali Mohamad; Ali Asghar Jafarzadeh; Farzin Shahbazi; Shahin Ostan (2016). Qualitative, quantitative and economic evaluation of land suitability for wheat, barley, corn and sunflower in a part of Khoy plain. Journal of Soil and Water Knowledge, Volume 25, Number 2, Pages 29-15 https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_5834.html

- Salighe Mohammad Faramarz Barimani; Morteza Ismailnejad (2008). Climate zoning of Sistan and Baluchestan province. Geography and Development, Volume 6, Number 12, Pages 116-110 https://gdij.usb.ac.ir/article_1245.html

- Coyle, C., Creamer, R. E., Schulte, R. P., O'Sullivan, L., Jordan, P. (2016). A functional land management conceptual framework under soil drainage and land use scenarios. Environmental Science & Policy 56: 39-48. https://catalogue.unccd.int/336_Article_1-s2.0-S1462901115ain.pdf

- El Baroudy, A. A. (2016). Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. Catena. 140:96-104. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816215301752

- Falahati, F., Alijani, B., Ghohrodi Tali, M., Barati, M. (2012). Site Selection of Appropriate Locations for Development of Orchards Using GIS & RS, by Emphasizing Climatic Factors (Case study: Walnut - Tehran Province). Geography and Sustainability of Environment, 2(2), 43-54. https://ges.razi.ac.ir/article_172_c53b63001b76b8197cdd70ff45da3f5f.pdf

- Ghorbani, R., Mahmoodzadeh, H., Taghipour, A. (2013). Lands Suitability Analysis for Urban Development in the Metropolitan Area of Tabriz; UsingAnalytical Hierarchy Process (AHP). Geography and Territorial Spatial Arrangement, 3(8), 1-14. http://cresg.usb.ac.ir/Uploads/Journals/Files/m1_23.pdf

- Givi, J. (1997). Qualitative land suitability evaluation for crops and gardens. Soil and Water Research Institute, Technical Journal 1015, 100 pp. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=36623

- Jafarzadeh, A. A., and Abbasi, G. (2006). Qualitative land suitability evaluation for the growth of onion, potato, maize and alfalfa on soils of the Khalatpushan research station. Biologia, Bratislava, 19: 349- 352. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.9898&rep=rep1&type=pdf

- 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. https://biblio.ugent.be/publication/8540966

- Mahler, P. J. (1970). Manual of multipurpose land classification. Publ. No. 212. Soil Institute of Iran. Ministry of Agriculture, Tehran. 81p. https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_t4c173167_001.pdf

- Martin, D., and Saha, S. K. (2009). Land evaluation by integrating remote sensing and GIS for cropping system analysis in a watershed. Current science, 96(4), 569-575. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093139111

- Moghali, M. (2014). Feasibility of Olive Cultivation Based on Environmental Factors Using GIS in Boyer-Ahmad Township. , 7(25), 43-54. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=274487

- Mohammadi, A., Pashaei Avval, A., Mosavati, S. A., Sadeghi, S. (2009). Quantitative Land Suitability Evaluation for the main agronomic crops in Gonbad-e-Kavous, Northeast Iran. Journal agricultural science natural resource. 14 (5). 99-111. https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=73006
- Montakhabi Kalejahi, V., Jafarzadeh, A. A., Shahbazi, F. (2012). Qualitative Land Suitability Evaluation of karkaj Research Station for Sugarbeet, Onion and Sunflower by Simple and Parametric Square Root. Water and Soil Science University of Tabriz. 23(2): 1-12. https://journals.tabrizu.ac.ir/article_94_f00e3c0feaf7ba56fb7e273dd37399e0.pdf
- Moravej, K. (2017). Land Classification and Suitability for Development of Poor Regions in Terms of Resistive Economic Case study: Rigan County, South-East of Kerman Province. Geography and Development Iranian Journal, 15(48), 133-152. https://journals.usb.ac.ir/article_3352_e9223c2ce85c2597d4a62d733567fa04.pdf
- Moravej, K., Alamdari, P., Delavar, M., 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. https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_6666.html
- Moravej, K., Delavar, M. A., Najafi, V. (2018). Importance of Using Modern Irrigation Methods in Increase of Employment and Development of Rural Areas. Iranian Journal of geographical researches. 33(3): 175-190. http://georesearch.ir/article-1-287-fa.html
- Newhall, F., and Berdanier, C. R. (1996). Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Natural Resources Conversations Service, Soil Survey Investigation Report, No. 46, 13p. http://www.sciepub.com/reference/66611
- Pakpour-Rabti, A., Jafarzadeh, A. A., Shahbazi, F., Ammari, P. (2013). Assessment of Susceptible Land for Some Agricultural Crops in Some Regions of West Azerbaijan Province using https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_205.html
- Geographical Information System. Water and Soil Science University of Tabriz. 23(1): 165-176.
- Rossiter, D. G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. Geoderma, 72: 165-190.
- Saligeh, M., Bareimanei, F., Esmaeilnegad, M. (2008). Climatical Regionalization on Sistan & Balouchestan Province. Geography and Development Iranian Journal, 6(12), 101-106. https://gdij.usb.ac.ir/article_1245.html
- Sedaqati, M. (1992). Sustainable Agricultural Systems and Its Role in Conservation and Exploitation of Natural Resources. Proceedings of Scientific Seminar of Agricultural Extension of Iran, Agricultural Extension Organization.
- Soil Survey Staff, (2014). Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington (D.C.), United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nrcs142p2_053580
- Storie, R. E. (1976). Storie Index Soil Rating. Special publication Div. Agricultural Science. No. 3203, University of California, Berkeley. http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/3203.pdf
- Sys, C., Van Ranset, 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. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=56714
- Sys, C., Van Ranset, E., Debaveye, J., Beernaert, F. (1993). Land evaluation, Part III, Crop requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium. https://biblio.ugent.be/publication/233235
- Talie, M., Alimohammadi, A. Adili, E. (2012). Evaluation of urban land suitability in Fuzzy AHP method. Iranian journal of Remote Sensing & GIS. Vol.4, No.1, 35-52.
- Yazdanpanah, H., Kamali, G., Hejazi-Zadeh, Z., Ziaeian, P. (2006). Determination of Climatic Potential of East Azerbaijan Province for Rainfed Almond Using GIS. Geography and Development Iranian Journal, 4(8), 193-204. https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=56714
- Young, A. and Goldsmith, R. F. (1977). Soil survey and land evaluation in developing countries. A case Study in Malawi: the Geographical Journal, 143: 407-438. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB19780267082
- Zahedi, Sh. (2011). Globalization and Sustainable Development. Strategic Studies of public policy,2(3),1-18. https://jmsd.atu.ac.ir/article_2919.html
- Zeynali, M., Jafarzadeh, A. A., Shahbazi, F., Oustan, Sh. (2016). Qualitative, Quantitative, and Economic Evaluation of Land Suitability for Wheat, Barley, Maize and Sunflower in part of Khoy plain. Water and Soil Science University of Tabriz. 26(3/2): 15-29. https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_5834.html

بررسی تناسب و قابلیت اراضی با استفاده از روش‌های پارامتریک در راستای دستیابی به توسعهٔ پایدار

امید احمدی[۱]، دکتر پریسا علمداری[۲*]، دکتر مسلم ثروتی[۳]، دکتر تورج خوش‌زمان[۴]

جغرافیاوتوسعه، شماره ۶۱، زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۴
صفحات : ۲۸-۱

واژه‌های کلیدی:
اولویت کشت، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فائو، کاربری اراضی، محصولات باغی.

چکیده

امروزه به‌دلیل افزایش جمعیت، برنامه‌ریزی و ارزیابی توان اکولوژیکی اراضی از عوامل توسعهٔ پایدار به‌حساب می‌آید. بر این اساس مطالعات ارزیابی تناسب اراضی از مهم‌ترین فرایندها در مدیریت منابع خاکی محسوب می‌شود. هدف از این پژوهش، تعیین کاربری اراضی و اولویت کشت برای محصولات زیتون، هلو و مرکبات است. منطقهٔ مطالعاتی، شهرستان خداآفرین (آذربایجان شرقی) با وسعت تقریبی ۱۶۵۰۰ هکتار است. خاک‌های منطقه دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی اریدیک هم‌مرز با زریک بوده و در رده‌های اریدی‌سول و انتی‌سول طبقه‌بندی شدند. ازنظر ژئومورفولوژی اراضی در لندفرم‌های دشت (آبرفتی، سیلابی، دامنه‌ای) و مخروط‌افکنه قرار دارند. برای دستیابی به اهداف ۱۱ واحد اراضی (نمایندهٔ ۱۱ سری غالب خاک) که ازنظر ویژگی‌های مؤثر در رشد محصولات انتخابی شرایط متفاوتی داشتند، جداسازی شدند. براساس نتایج، اقلیم منطقه برای کشت زیتون و مرکبات نامناسب و برای هلو کاملاً مناسب بوده و مهم‌ترین محدودیت‌های خاکی برای رشد، شیب در دامنه‌ها، سیل‌گیری در سیلاب‌ها، آهک و سنگریزهٔ زیاد است. کلاس‌های تناسب برآوردشده با روش‌های مختلف فائو نشان داد که ریشه دوم نسبت‌به استوری به‌طور نسبی نتایج مطلوب‌تری نشان می‌دهد. به‌نظر می‌رسد که دلیل این امر در نظرگیری اثرات متقابل ویژگی‌های مؤثر در عملکرد محصولات و استفاده از قانون حداقل لیبیک و قراردادن کمترین ویژگی در خارج رادیکال باشد. تیپ بهره‌وری هلو به‌عنوان مناسب‌ترین محصول با توجه به شرایط اقلیم و ویژگی‌های زمین‌نما و خاک در منطقهٔ مطالعاتی معرفی می‌شود و در اولویت کشت قرار دارد. نقشهٔ قابلیت تناسب اراضی تهیه‌شده با GIS نیز مؤید این مطلب است؛ بنابراین ارزیابی قابلیت اراضی و مکان‌یابی اراضی مستعد به‌عنوان بخشی از آمایش سرزمین می‌تواند یک استراتژی به‌منظور اخذ تصمیم‌های مناسب در ارزیابی سرزمین، مطالعات زیست‌محیطی و برنامه‌ریزی درجهت حداکثرسازی بهره‌وری در قلمروهای جغرافیایی مختلف برای توسعهٔ پایدار باشد.

مقدمه

در دهه‌های اخیر رشد فزایندهٔ جمعیت موجب افزایش روبه‌رشد مصرف منابع و خسارت‌های غیرقابلِ‌جبران به منابع طبیعی به‌ویژه خاک و اراضی شده‌است *(زاهدی، ۱۳۸۹: ۹)*. هم‌چنین به‌دلیل عدم‌شناخت کافی کاربران از زمین و خاک خود و برخی مشکلات زیربنایی، بیش‌از ۶۰ درصد از اراضیِ زیرکشت ایران در بخش کشاورزی فقیر بوده و حاصلخیز نیستند. این امر به‌نوبهٔ خود استفادهٔ صحیح و مدیریت منابع آب و خاکِ محدود در کشور را به‌عنوان یکی از عمده‌ترین مسائل کشاورزی ایران بیش‌ازپیش نمایان می‌سازد *(اصغرزاده و همکاران، ۱۳۸۳: ۲۲۵)*. برهمین‌اساس، منابع اراضی و ارزیابی تناسب آن در راستای توسعهٔ پایدار[۵]،نقش‌اصلی را در اثرگذاری سیاست‌های مدیریت اراضی و برنامه‌ریزی خواهند داشت (*Coyle et al, 2016: 39*)؛ بنابراین در چهارچوب توسعهٔ پایدار، برای انجام فعالیت‌های‌کشاورزی و باغداری با نگاه سودآوری پایدار و رعایت موارد زیست‌محیطی، لازم است منابع اراضی و خاک، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرند تا با توجه به آن‌ها، بتوان در مورد نوع کاربری موردنظر،

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران omid.ahmadi@znu.ac.ir
۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (نویسنده مسئول) p_alamdari@znu.ac.ir
۳- استادیار مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران m.servati@urmia.ac.ir
۴- دکترای فیزیک خاک، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، استان زنجان، ایران t_khoshzaman@znu.ac.ir

5-Sustainable Development

نگهداری و مدیریت پایدار و اقتصادی آن تصمیم‌های مناسبی اتخاذ کرد که این روند در حوزهٔ ارزیابی تناسب اراضی[1] قرار دارد.

یکی از مهم‌ترین اهداف ارزیابی اراضی، پیش‌بینی نتیجهٔ تغییرات در نوع استفاده از اراضی یا نحوهٔ مدیریت اراضی است *(مروج و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۷۷)*. ارزیابی تناسب اراضی را می‌توان، فرایند تعیین قابلیت و استعداد یک قطعه زمین مشخص برای تخصیص یک کاربری معیّن تعریف کرد. این فرایند بیان می‌کند که یک قطعه زمین واقع در یک محدوده تا چه اندازه با نیازمندی‌های یک نوع کاربری خاص مطابقت دارد؛ به‌نحوی‌که حداکثر کارایی را داشته‌باشد *(قربانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷؛طالعی و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۶)*. تناسب اراضی شامل فرایند بررسی و گروه‌بندی واحدهای مختلف اراضی ازنظر مناسب‌بودن آن‌ها با توجه به تیپ‌های بهره‌وری موردنظر است (*Martin & Saha, 2009: 573*). ارزیابی اراضی به‌عنوان قسمتی از فرایند آمایش سرزمین، یک روش تصمیم‌گیری است که کاربران اراضی را به نحوی هدایت می‌کند که ضمن تصحیح استفاده‌های نادرست از اراضی و منابع آن با کاهش‌دادن هزینه‌ها و افزایش سودآوری، باعث می‌شود تا اراضی به نحوی درست برای نسل‌های بعدی حفظ شوند. این برنامه‌ریزی می‌تواند به کاربران اراضی یا مؤسسات دولتی کمک کند تا اراضی را به‌نحوی مورد بهره‌برداری قرار دهند که مشکلات موجود کاهش‌یافته و اهداف اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی موردنظر شامل خودکفایی، توسعه و اشتغال‌زایی و هم‌چنین پایداری اراضی تأمین شود *(ایوبی و جلالیان، ۱۳۹۴: ۵)*. پژوهشگران در زمینهٔ ارزیابی تناسب اراضی به‌منظور استفادهٔ بهینه و پایدار و نیز بررسی جنبه‌های فیزیکی و اقتصادی،تلاش کرده‌اند شناخت‌بهتری از ویژگی‌های اراضی و عوامل اقلیمی و محیطی تأثیرگذار بر آن پیدا کنند؛ ازجمله، مطالعه‌ای در جنوب‌شرق کرمان نشان داد بخشی ازمنطقه که دارای قابلیت کاربری‌کشاورزی است، برای گندم و یونجه در کلاس تناسب S2 و تمام منطقه برای خرما در کلاس‌های تناسب S1 و S2 قرار دارد *(مروج، ۱۳۹۶: ۱۳۳)*. هم‌چنین مروج و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند که ۴۰٪ از اراضی آبیک قزوین برای کاربری باغ و ۴۳٪ برای زراعت مناسب هستند *(مروج و همکاران، ۱۳۹۶: ۹۳)*.

زینالی و همکاران (۱۳۹۵) نیز در دشت خوی آذربایجان غربی گزارش کردند، عمدهٔ واحدهای اراضی برای گندم و جو در کلاس خیلی‌مناسب و نسبتاً مناسب بوده و برای ذرت و آفتابگردان دارای کلاس نسبتاً مناسب و بحرانی هستند *(زینالی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۵)*. امکان‌سنجی کشت زیتون در شهرستان بویراحمد گویای این واقعیت بود که مناطق غرب و شمال‌غرب و نیز محدوده‌هایی از قسمت‌های جنوبی در زمرهٔ مناطقِ با استعداد بسیار مناسب هستند *(موغلی، ۱۳۹۳: ۴۳)*.

امکان‌سنجی اقلیمی کشت کلزا در استان کرمانشاه بررسی و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که حدود ۷۰٪ از اراضی دارای شرایط کاملاً مناسب و مناسب برای توسعهٔ کلزا است *(امیدوار و همکاران، ۱۳۹۳: ۹۷)*.

پاکپور ربطی و همکاران (۱۳۹۲) نیز ارزیابی اراضی مستعد آذربایجان غربی را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که ۱۳۷۵ هکتار از اراضی دارای تناسب متوسط برای جو آبی و ۱۴۴۰ هکتار دارای تناسب بحرانی برای آفتابگردان و ذُرت است *(پاکپور ربطی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷۲)*.

هم‌چنین ارزیابی اراضی مستعد در شهر تهران نشان داد که در سطح این استان ۶۳۰۰۹۴/۲ هکتار قابلیت توسعهٔ اراضی مستعد درجهت کشتِ درختان گردو وجود دارد *(فلاحتی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۳)*.

1-Land Suitability Evaluation

باقرزاده و همکاران (۱۳۹۱) اقدام به ارزیابی تناسب اراضی دشت مرکزی نیشابور برای محصول ذرت و پنبه کردند. نتایج نشان داد که مهم‌ترین عامل محدودیت شرایط اقلیمی است *(باقرزاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۱)*.

بررسی نواحی مستعد کشت گیاه صنعتی آفتابگردان در جلگهٔ شرق گیلان نشان داد که مناطق جنوبی جلگه به مرکزیت جنوب لاهیجان تا درازلات و رامسر مناسب کشت گیاه آفتابگردان است *(رمضانی و کاظمی‌راد، ۱۳۸۶: ۱۲۷)*.

نتایج حاصل از مکان‌گزینی اراضی مستعد به‌منظور کشت بادام در آذربایجان شرقی مؤید وجود ۴ پهنهٔ بسیارمطلوب، نسبتاًمطلوب، ضعیف و نامناسب برای کشت دیم بادام بود *(یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵: ۱۹۹)*. ال‌بارودی (۲۰۱۶) گزارش کرد که ۷۱/۴۴٪ از اراضی مصر برای گندم دارای کلاس تناسب S1 و S2 و حدود ۲۹٪ نیز درکلاس S3 و N بود *(El Baroudy,2016:96)*.

در نیجریه به‌علت وقوع سیل‌های فصلی و هم‌چنین پایین‌بودن حاصل‌خیزی خاک، کلاس تناسب اراضی در شرایط فعلی برای کاربری ذرت دانه‌ای، بحرانی گزارش شد *(Abagyeh et al., 2016: 50)*.

باقرزاده و منصوری (۲۰۱۴) نیز کلاس تناسب‌اراضی برای کشت و توسعهٔ گندم در بخشی از اراضی شمال خراسان رضوی را S3 گزارش کردند *(Bagherzadeh & Mansouri, 2014: 163)*. هم‌چنین یانگ و گلداسمیت (۱۹۷۷)، ارزیابی اراضی کشور درحال‌توسعهٔ مالاوی را مورد بررسی قرار داده و واحدهای مختلف اراضی و کلاس تناسب آن را برای استفاده‌های مختلف تعیین کردند *(Young & Goldsmith, 1977: 407)*.

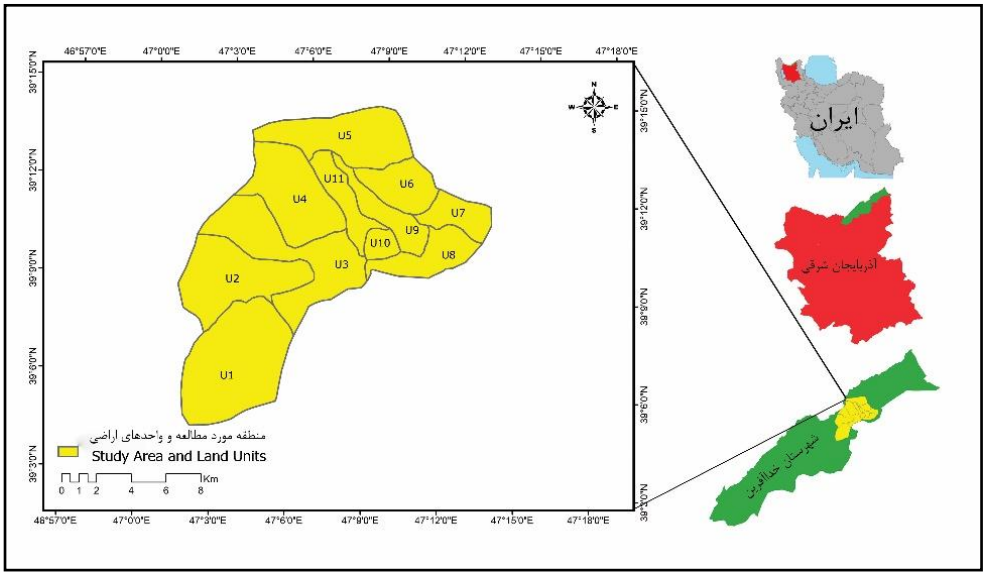
بنابراین با توجه به گسترش روزافزون جمعیت و نیاز به مواد غذایی، توجه به عوامل اقلیمی و محیطی مؤثر بر کشت و توسعهٔ محصولات‌کشاورزی به‌ویژه زیربخش باغ، برای تعیین و مکان‌یابی مناطق کشت با کمترین ریسک و حداکثر بهره‌وری در قلمروهای جغرافیایی برای نیل به برنامه‌ریزی و توسعهٔ پایدار در کشاورزی از اهمیت شایانی برخوردار است؛ ازاین‌رو، این پژوهش با هدف مکان‌یابی و ارزیابی تناسب واحدهای مختلف اراضی به‌منظور تعیین اولویت کشت و توسعهٔ باغات زیتون، هلو و مرکبات و نیز بررسی صحت و دقت روش‌های ارزیابی تناسب اراضی براساس مؤلفه‌های اقلیمی و مشخصات اراضی، در منطقهٔ خداآفرین (شمال‌شرقی آذربایجان شرقی) بود.

مواد و روش‌ها

موقعیت‌جغرافیایی و مشخصات منطقهٔ موردمطالعه

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ۱۶۵۰۰ هکتار شامل اراضی پایاب سد خداآفرین در محدودهٔ شهرستان‌خداآفرین- بخش‌خمارلو در استان آذربایجان شرقی است (شکل ۱). این منطقه در محدودهٔ 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 قرار گرفته‌است. با وجود سد بزرگ خداآفرین، جنگل‌ها و مراتع وسیع و اراضی مستعد کشاورزی، پایهٔ اقتصاد این شهرستان کشاورزی و دامداری است و اکثر اهالی آن در این بخش مشغول به فعالیت هستند. ارتفاع تقریبی منطقه از سطح دریا ۵۵۰ متر است. براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه اقلیم‌شناسی خمارلو بین سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ متوسط سالیانهٔ دما ۱۴/۷ درجه سلسیوس اعلام شده‌است. میزان بارندگی سالیانه نیز بالغبر ۲۸۱میلی‌متر است. رژیم حرارتی منطقه ترمیک[1] و رژیم رطوبتی اریدیک هم‌مرز با زریک[2] براساس نرم‌افزار JNSM[3] است *(Newhall & Berdanier, 1996, 1-13)*.

1- Hermic
2- Aridic border to Xeric
3- Java Newhall Simulation Model-Soil Climate Simulation Model



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعاتی و واحدهای اراضی

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷

زمین‌شناسی

براساس مطالعات و بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ چهارگوش اصلاندوز، نقشهٔ زمین‌شناسی چهارگوش زیوه با مقیاس ۱۰۰۰۰۰: ۱ و نقشهٔ اطلس منابع آب ایران با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰ و نقشهٔ سایزموتکتونیک با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰۰، به‌طورکلی سازندهای منطقه ازلحاظ سنگ‌شناسی و لیتواستراتیگرافی در منطقهٔ مورد مطالعه به‌ترتیب قدمت عبارت‌اند از:

الف) سازند آبشرون Q_{ap}: شامل ردیف‌هایی از رس، ماسه‌سنگ‌ریزه‌دار و خاکستر آتشفشانی هستند.

ب) سازند باکو Q_b: شامل ماسه لوماشلی، رس، مارن، سیلت و درون لایه‌های توفی است. آثار چینه‌بندی مورب از خصوصیات ماسه‌سنگ‌های این واحد است.

ج) تشکیلات Q_c: شامل رسوبات افقی کنگلومرایی همراه با رس سیلتی و ماسه است که به‌طور افقی برروی رسوبات قدیمی‌تر قرار گرفته است.

د) تشکیلات Qt_1: شامل رسوبات رسی و سیلتی همراه با ماسه و گراول هستند و اغلب از تخریب و ته‌نشست رسوبات قدیمی‌تر در منطقه به‌وجود آمده‌اند. اکثراً زمین‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهد.

ه) تشکیلات Qt_2: شامل تراسه‌های جوان رودخانه‌ای هستند که بیشتر در حاشیهٔ بستر رودخانه‌های ارس و قرسو گسترش دارند. اکثراً زمین‌های مزروعی پیرامون را تشکیل می‌دهند.

ی) تشکیلات Qal: شامل نهشته‌های عهد حاضر هستند.

تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاکرخ‌ها

تجزیهٔ آزمایشگاهی نمونه‌های خاک اعماز آزمایشات اولیه و آزمایشات کامل براساس روش‌های متـــداول و استاندارد مورد تأیید و کاربرد مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، اندازه‌گیری شد. در این مطالعه، خاک‌ها براساس روش آمریکایی[1] (*Soil Survey staff, 2014: 107*) رده‌بندی و سپس با روش طبقه‌بندی مرجع جهانی[2] (*Anonymous, 2014: 80*) هماهنگ شدند. هم‌چنین برای تفکیک واحدهای فیزیوگرافی منطقه از راهنمای نشریهٔ ۲۱۲ فائو[3] (*Mahler, 1970, 78*) استفاده شد.

1-Keys to Soil Taxonomy, NRCS,USDA
2-World Reference Base (*WRB*)
3- FAO

ارزیابی کیفی

چارچوب انجام مطالعات ارزیابی

به فرایند انطباق و هماهنگی خصوصیات خاک، زمین و اقلیم با نیازهای یک یا چند نوع از کاربری‌های موردنظر، تناسب اراضی می‌گویند. ارزیابی کیفی تناسب اراضی شامل: ۱- جمع‌آوری اطلاعات لازم دربارهٔ مشخصات اراضی، ۲- تعیین نیازمندهای نوع کاربری اراضی، ۳- طبقه‌بندی کیفی تناسب اراضی با نیازمندی‌های نوع کاربری آن‌ها است *(Sys et al, 1991a, Part I)*.

با توجه به این‌که منطقهٔ مورد مطالعه خشک و نیمه‌خشک[1] محسوب می‌شود، ویژگی‌های مورد استفاده در ارزیابی خصوصیات خاک و زمین‌نما[2] شامل ۸ ویژگی بوده که شامل اقلیم (درجه اقلیمی)، متوسط (عمق- بافت- ذرات درشت‌تر از شن)، سیل‌گیری، شیب، آهک، گچ، شوری و قلیائیت است *(Sys et al, 1991a, Part I, 72)*. به‌منظور ارزیابی و اظهارنظر جامع مؤلفه‌های اقلیم، خاک و زمین‌نما برای تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات با استفاده از جداول مربوط به‌دست آمد *(Sys et al, 1993, Part III)*.

هم‌چنین با توجه به عدم‌محاسبهٔ نیازهای اقلیمی و خاکی برای تیپ بهره‌وری هلو ویژگی‌های موردنظر جمع‌آوری و مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش محدودیت ساده و تعداد و شدت

در مطالعهٔ حاضر برای ارزیابی کیفی تناسب اراضی با استناد به چارچوب پیشنهادی فائو برای کشت محصولات آبی، ابتدا روش محدودیت ساده[3] و تعداد و شدت محدودیت‌ها[4] مورد استفاده قرار گرفت. در روش محدودیت ساده، نامطلوب‌ترین ویژگی یا کیفیت به‌عنوان کلاس نهایی اراضی شناخته می‌شود. در این روش تداخل و اثر متقابل بین ویژگی‌ها وجود ندارد، ولی دقت این روش زیاد نیست. در روش تعداد و شدت محدودیت‌ها، ابتدا براساس تعداد محدودیت‌های اقلیمی به‌وسیلهٔ جدول (۱)، شدت محدودیت اقلیمی تعیین می‌شود و درنهایت، این شدت محدودیت در ترکیب با محدودیت‌های دیگر اراضی در هم تلفیق شده و کلاس نهایی تناسب اراضی تعیین می‌شود. دقت این روش از محدودیت ساده بالاتر است.

جدول ۱: معیارهای لازم برای تعیین کلاس اقلیمی تناسب در روش تعداد و شدت محدودیت‌ها

کلاس	معیار	شدت محدودیت
S1	آب و هوا هیچ‌گونه محدودیتی ندارد	۰
	آب و هوا حداکثر دارای ۳ محدودیت کم است	۱
S2	آب و هوا با ۴ محدودیت کم یا حداکثر ۳ محدودیت متوسط	۲
S3	آب و هوا با ۴ محدودیت متوسط یا یک یا بیشتر محدودیت شدید	۳
N	آب و هوا دارای یک یا بیشتر محدودیت خیلی شدید	۴

مأخذ: *Sys et al, 1991, Part II*

1-Arid and Semi-Arid
2-Landscape
3-Simple limitation method
4-Number and intensity of limitations

روش‌های پارامتریک

در ادامه روش‌های پارامتریک استوری[1] (*Storie,1976:4*) و ریشه دوم[2] (*Khidir 1986: 101*) برای تعیین کلاس‌های تناسب اراضی مورد استفاده قرار گرفتند. در روش استوری و ریشه‌دوم یک درجهٔ کمّی (عددی) به هر مشخصهٔ زمین اختصاص داده می‌شود. اساس کار بدین صورت است که برای هر مشخصه از اراضی (اقلیم، خاک و زمین‌نما) یک ارزش عددی بین ۰ تا ۱۰۰ داده می‌شود (ارزش عددی ۱۰۰ برای زمانی است که مشخصهٔ موردنظر هیچ محدودیتی ایجاد نکند) که نشان‌می‌دهد در اثر محدودیت آن‌ها عملکرد چقدر کاهش می‌یابد و سپس با یک رابطهٔ ریاضی (روابط استوری و ریشه‌دوم)،شاخص سرزمین(اراضی)[3] به‌دست می‌آید *(ایوبی و جلالیان، ۱۳۹۴: ۱۴۴)*. شاخص سرزمین تلفیقی از محدودیت‌های خاکی (شاخص خاک)[4] و اقلیم است. ارتباط درجات با کلاس‌های تناسب اراضی و شدت محدودیت در جدول (۲) ارائه شده‌است.

جدول ۲: رابطهٔ درجات محدودیت با کلاس‌های تناسب اراضی در روش پارامتریک

کلاس تناسب اراضی	شدت محدودیت	میزان محدودیت	درجه محدودیت
S1	۰	بدون محدودیت	۱۰۰-۹۵
S1	۱	محدودیت کم	۹۵-۸۵
S2	۲	محدودیت متوسط	۸۵-۶۰
S3	۳	محدودیت شدید	۶۰-۴۰
N1	۴	محدودیت خیلی‌شدید (قابل‌اصلاح)	۴۰-۲۵
N2	۴	محدودیت شدید (غیرقابل‌اصلاح)	۲۵-۰

مأخذ: *Sys et al, 1993*

با تلفیق درجات خصوصیات مختلف، شاخص اراضی با استفاده از روش استوری (*Storie, 1976: 4*)، به‌شرح رابطهٔ (۱) به‌دست آمد:

رابطهٔ (۱) $$I = A \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \dots$$

I: شاخص اراضی. A، B، C، D درجات اختصاص داده‌شده به خصوصیات اراضی است. شاخص اراضی براساس روش ریشه دوم (*Khidir, 1986: 101*) نیز از رابطهٔ (۲) محاسبه شد:

رابطهٔ (۲) $$I = R_{min} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \frac{C}{100} \times \frac{D}{100} \times \dots}$$

I: شاخص اراضی. Rmin: درجهٔ حداقل مربوط به خصوصیات زمین. A، B، C و...، سایر درجه‌ها به غیر از خصوصیت با درجه حداقل.

لازم به‌ذکر است، روش ریشه دوم برطبق قانون حداقل لیبیک[5] محدودکننده‌ترین مشخصه را در خارج از رادیکال قرار داده و از سایر درجات تناسب ویژگی‌ها جذر می‌گیرد که باعث کاهش اثرات متقابل فاکتورها می‌شود. مطابق‌با این قانون مشخصه‌ای از اراضی‌که در حداقل مقدار خود قرار دارد، محدودکننده‌ترین عامل است؛ بنابراین می‌توان از آن برای یافتن فاکتورهای محدودکنندهٔ اراضی استفاده کرد *(باقری‌بداغ‌آبادی، ۱۳۹۰: ۱۱۶)*.

خصوصیات اقلیمی

به‌طورکلی 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

1-Storie method
2-Square root method (Khiddir)
3-Land Index
4-Soil Index
5-Liebig

هواشناسی است *(سلیقه و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۰۲)*. در مطالعهٔ حاضر این اطلاعات حداکثر در ۴ گروه نزولات جوّی، حرارت، رطوبت نسبی و تابش خورشیدی تقسیم می‌شوند *(گیوی، ۱۳۷۶: ۲۰)*. شایان ذکر است چون فرض بر این است که نیاز آبی محصولات موردنظر تماماً به‌وسیلهٔ آبیاری تأمین می‌شود، خصوصیت بارندگی یا نزولات جوّی لحاظ نشد. هم‌چنین ارزیابی تابش‌خورشیدی نیز مؤید مطلوب بودن شرایط طول روز و ساعات آفتابی واقعی به‌منظور توسعه و کشت محصولات انتخابی بود؛ ازاین‌رو در مطالعهٔ حاضر محدودکننده‌ترین عوامل آب و هوایی در منطقهٔ مورد مطالعه شامل درجه حرارت و رطوبت نسبی بوده که مقدار متوسط آن‌ها در دورهٔ آماری مربوط (۲۰۱۵-۱۹۸۹) و براساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه اقلیم‌شناسی خمارلو (نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه) محاسبه شد. در جدول (۳) متوسط ویژگی اطلاعات هواشناسی منطقهٔ مورد مطالعه نمایش داده شده‌است.

جدول ۳: متوسط ویژگی اطلاعات هواشناسی منطقهٔ مورد مطالعه طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵

مشخصات اقلیمی ماه‌های سال	متوسط دما (C°)	حداقل دما (C°)	حداکثر دما (C°)	بارندگی (mm)	رطوبت نسبی (٪)	ساعات آفتابی واقعی (ha)	طول روز (ha)
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

مأخذ: ایستگاه اقلیم‌شناسی خمارلو، ۱۳۹۷

برای ارزیابی هر خصوصیت اقلیمی، مقدار آن در دورهٔ مربوط با استفاده از آمار هواشناسی محاسبه شده و با جداول نیازهای اقلیمی مقایسه و درجهٔ آن تعیین شد. درجات خصوصیات اقلیمی به‌وسیلهٔ روش پارامتریک و با استفاده از رابطهٔ استوری و ریشهٔ دوم تلفیق شد و شاخص اقلیمی[1] (CI) محاسبه شد. سپس با استفاده از روابط (۳ و ۴) شاخص اقلیمی به درجه اقلیمی[2] (CR) تبدیل شد تا در محاسبهٔ شاخص سرزمین (به‌عنوان نمایندهٔ اقلیم) مورد استفاده قرار گیرد. درجهٔ اقلیمی، میزان تناسب ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه را برای کشت هر محصول در آن منطقه بیان می‌دارد *(باقرزاده و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۶)*.

رابطهٔ (۳) $CR = 1.6\ CI \quad if: CI<25$

رابطهٔ (۴) $CR= 0.9\ CI + 16.67 \quad if: 25<CI<92.5$

1-Climatic Index
2-Climatic Rating

در این مرحله با توجه به درجه‌بندی تمام خصوصیات اراضی (اقلیم، خاک و زمین‌نما)، شاخص کل اراضی (LI) با استفاده از رابطه‌های استوری و ریشه دوم محاسبه شد. مقادیر شاخص اراضی در کلاس‌های تناسب اراضی در جدول (۴) ارائه شده‌است. سپس برای ارتقاء کلاس‌های تناسب اراضی با استفاده از روابط ارائه‌شده در جدول (۵) اقدام به اصلاح شاخص‌های اراضی شد.

جدول ۴: مقادیر شاخص اراضی در کلاس‌های تناسب اراضی

شاخص اراضی	کلاس تناسب
۱۰۰-۷۵	S1:تناسب عالی
۷۵-۵۰	S2: تناسب متوسط
۵۰-۲۵	S3: تناسب کم
۱۲/۲۵-۵	N1: نامناسب در شرایط فعلی
۱۲-۰/۵	N2: نامناسب دائمی

مأخذ: *Sys et al, 1991, Part II*

جدول ۵: شاخص‌های اراضی اصلاح‌شده برای روش‌های پارامتریک استوری و ریشه دوم

شمارهٔ رابطه	کلاس	استوری	شمارهٔ رابطه	کلاس	ریشه دوم
۵	S1	CLI = 75 + (SLI–43) 0.439	۱۰	S1	CLI = 75 + (SQRI–60) 0.625
۶	S2	CLI = 50 + (SLI–10) 0.333	۱۱	S2	CLI = 50 + (SQRI–24) 0.410
۷	S3	CLI = 25 + (SLI–1) 0.424	۱۲	S3	CLI = 25 + (SQRI–5) 0.455
۸	N1	CLI = (SLI) 0.625	۱۳	N1	CLI = (SQRI) 0.625
۹	N2	CLI = SLI	۱۴	N2	CLI = (SQRI)

مأخذ: *Sys et al, 1991, Part II*

چنانچه کم‌ترین درجه تناسب مربوط به ۸ ویژگی، ۸۵ یا بیشتر باشد، از رابطه‌های کلاس S1، ۶۰ تا ۸۵ از رابطه‌های کلاس S2، ۴۰ تا ۶۰ از رابطه‌های کلاس S3، ۲۵ تا ۴۰ رابطه‌های کلاس N1، کم‌تر از ۲۵ از رابطه‌های کلاس N2 استفاده می‌شود. در این رابطه‌ها [1] CLI شاخص اراضی اصلاح‌شده، SLI [2] شاخص اراضی اصلاح‌نشده به روش استوری و SQRI [3] شاخص اراضی اصلاح‌نشده به روش ریشه دوم است. در پایان نقشهٔ تناسب کیفی اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار GIS نسخهٔ 10.3 ترسیم شد.

نتایج و بحث

مشخصات خاک‌های منطقه

نتایج مطالعات فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیکی نشان داد که خاک‌های منطقهٔ مطالعاتی براساس رده‌بندی آمریکایی (*Soil survey staff, 2014: 107*) در ردهٔ اریدی‌سول‌ها و زیررده‌های Cambids،Calcids و Gypsids و انتی‌سول‌ها با زیرردهٔ Orthents قرار دارند. همچنین براساس سامانهٔ طبقه‌بندی جهانی (*Anonymous,2014:80*)درگروه‌های‌مرجع Cambisols، Calsisols، Gypsisols و Regosols رده‌بندی شدند. هماهنگی و رده‌بندی خاک‌های منطقهٔ مورد مطالعه در جدول (۶) ارائه شده‌است.

1-Corrected Land Index
2-Storie Land Index
3-Square Root Land Index

جدول ۶: هماهنگی و رده‌بندی خاک‌های منطقهٔ مورد مطالعه

واحداراضی	رده	فامیلی	روش مرجع جهانی
1.1	Aridisols	Fine - loamy, mixed, superactive , thermic	Haplic Cambisols
2.1	Aridisols	Fine, mixed , superactive, thermic	Haplic Cambisols
3.3	Aridisols	Fine - loamy, mixed , active, thermic	Haplic Cambisols
4.1	Aridisols	Fine, mixed , active, thermic	Vertic Calcisols
5.5	Aridisols	Fine, mixed , active, thermic	Vertic Cambisols
6.6	Aridisols	Fine, mixed , active, thermic	Haplic Gypsisols
7.1	Aridisols	Fine, mixed, active, thermic	Calcic Gypsisols
8.5	Aridisols	Fine - loamy, gypsic, thermic	Haplic Gypsisols
9.2	Aridisols	Fine - loamy, gypsic, shallow, thermic	Haplic Gypsisols
10.5	Entisols	Coarse - loamy, mixed,active, calcareous, thermic	Calcaric Regosols
11.1	Entisols	Loamy-skeletal , mixed, active, calcareous, thermic	Calcaric Regosols

مأخذ:(WRB, 2014),(Soil Survey Staff, 2014)

فیزیوگرافی

براساس راهنمای نشریهٔ ۲۱۲ فائو، اراضی منطقه ازلحاظ شکل ظاهری بر روی دشت (آبرفتی، سیلابی، دامنه‌ای) و مخروط‌افکنه قرار دارند (*Mahler,1970:78*).

مطالعات خاکشناسی

یکی از ضروری‌ترین مراحل ارزیابی، شناسایی فیزیکی منابع اراضی است. دسترسی به این شناخت منوط به مطالعات ستادی و صحرایی (میدانی) است؛ زیرا در غالب موارد به مطالعات جدید، بازنگری و بهنگام‌کردن اطلاعات قبلی نیاز است *(ایوبی و جلالیان، ۱۳۹۴: ۱۳۲)*.

در این مطالعه مجموعاً ۱۱ نقطهٔ مطالعاتی (تماماً به‌صورت پروفیل) حفر و نسبت‌به تشریح آن‌ها با درنظرگرفتن خصوصیات افق‌های سطحی و زیرین، رنگ، بافت، ساختمان، عمق، توزیع سنگ و سنگریزه سطحی و عمقی، وجود یا نبود سخت کفه، تمرکز موادی ازقبیل آهک، گچ، نمک‌ها، پوشش رسی و غیره اقدام شد. هم‌چنین مختصات پروفیل‌ها به تفکیک ثبت و به دستگاه GPS منتقل شد. نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برخی از خاکرخ‌های شاهد در جدول (۷) ارائه شده‌است.

جدول ۷: نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برخی از خاکرخ‌های منطقه

سری خاک ۱ به مختصات جغرافیایی "۹,۵ '۳ °۱۷۹ طول شرقی و "۰۰ '۱۱ °۳۹ عرض شمالی								
عمق(cm)	افق	ذرات خاک (درصد)			بافت	سنگریزه(٪)	گچ (٪)	آهک (٪)	هدایت‌الکتریکی(ds/m)
		شن	سیلت	رس					
۲۰-۰	Ap	۴۰	۲۶	۳۴	C.L	۰	۰	۳/۷۵	۱/۴۸
۴۰-۲۰	Bw1	۳۰	۳۶	۳۴	C.L	۰	۰	۲/۷۵	۱/۸
۷۵-۴۰	Bw2	۴۲	۲۸	۳۰	C.L	۰	۰	۳/۵	۱/۶۶
۷۵-۱۳۰	Bw3	۳۶	۳۴	۳۰	C.L	۰	۰	۴/۲۵	۲/۴۲
خاکرخ ۱. شیب کلی ۱ درصد، فاقد محدودیت سیل‌گیری، بیشترین مقدار درصد سدیم تبادلی در طول خاکرخ ۳/۵									
سری خاک ۷ به مختصات جغرافیایی "۳۲,۳ '۸ °۱۷۹ طول شرقی و "۱۸,۲ '۱۰ °۳۹ عرض شمالی									
عمق (cm)	افق	ذرات خاک (درصد)			بافت	سنگریزه (٪)	گچ (٪)	آهک (٪)	هدایت الکتریکی (ds/m)
		شن	سیلت	رس					
۱۵-۰	Ap	۲۲	۳۸	۴۰	C	۰	۰	۴/۵	۱/۱۸
۵۰-۱۵	Bw	۱۴	۳۴	۵۲	C	۰	۰	۶/۲۵	۱/۸۴
۷۵-۵۰	Bk	۱۲	۳۲	۵۶	C	۰	۰	۱۶/۷۵	۲/۱۶
۱۳۰-۷۵	By	۱۰	۳۴	۵۶	C	۰	۶/۰۲	۶/۵	۳/۵۵
خاکرخ ۷. شیب کلی ۱ درصد، فاقد محدودیت سیل‌گیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبادلی در طول خاکرخ ۵/۸									
سری خاک ۱۰ به مختصات جغرافیایی "۱۱,۹ '۷ °۱۷۹ طول شرقی و "۵۷,۱ '۱۲ °۳۹ عرض شمالی									
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	۰	۱۲/۷۵	۱/۷۵
۴۳-۲۷	C1	۶۲	۲۶	۱۲	S.L	۰	۰	۱۲/۲۵	۱/۱۲
۹۰-۴۳	C2	۸۶	۶	۸	L.S	۰	۰	۱۴/۲۵	۰/۹۶
خاکرخ ۱۰. شیب کلی ۱۰ درصد، فاقد محدودیت سیل‌گیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبادلی در طول خاکرخ ۴/۲									
سری خاک ۱۱ به مختصات جغرافیایی "۳۱,۱ '۵ °۱۷۹ طول شرقی و "۲,۰ '۹ °۳۹ عرض شمالی									
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	۳-۶	۰/۱۹	۰/۴	۳/۱۸
۸۵-۱۵	C1	۸۲	۷/۲	۱۰/۸	S.L	۵۰-۶۰	۰/۱۹	۳/۶	۰/۷۱۵
۱۵۰-۸۵	C2	۸۱/۶	۸/۶	۹/۸	L.S	۳۰-۴۰	۰/۲۳	۹/۱	۰/۴۸۵
خاکرخ ۱۱. شیب کلی ۶/۵ درصد، محدودیت کم سیل‌گیری و بیشترین مقدار درصد سدیم تبادلی در طول خاکرخ ۷/۷									

L: لومی؛ S.L: شنی لومی؛ L.S: لومی شنی ؛ C: رسی؛ C.L: رسی لومی *مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷*

ارزیابی اقلیم با استفاده از داده‌های اقلیمی منطقه

در این مرحله متوسط ویژگی‌های اقلیمی مؤثر در رشد تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با استفاده از داده‌های اقلیمی محاسبه و با استفاده از آن درجهٔ تناسب ویژگی‌های اقلیمی گزارش شد. جدول (۸) درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمیِ مؤثر در رشد هر یک از تیپ‌های بهره‌وری با استفاده از متوسط ویژگی‌های اقلیمی را نشان می‌دهد.

جدول ۸: درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمیِ مؤثر در رشد هر یک از تیپ‌های بهره‌وری

ویژگی‌های اقلیمی	MT1	MT2	MT3	MT4	MT5	RH1
زیتون	۸۶/۴	۱۲/۵	–	–	–	–
هلو	–	–	۹۳	۹۷	–	–
مرکبات	–	–	–	–	۱۲/۵	۷۵/۰۸

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

MT1: متوسط دمای سالانه (°C)؛ MT2: متوسط مطلق کم‌ترین دما در سردترین ماه سال (°C)؛ MT3: متوسط دمای دوره رشد (°C).
MT4: متوسط حداقل دمای سردترین ماه (°C)؛ MT5: متوسط دما در دو ماه بعد از برداشت (°C)؛ RH1: رطوبت نسبی سردترین ماه به‌شرط یخبندان (%)
- ویژگی‌هایی که در درجه تناسب اقلیم برای تیپ‌های بهره‌وری مربوط براساس جداول سایس و همکاران (۱۹۹۳) تأثیرگذار نیست. نهایتاً درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی با استفاده از روش‌های پارامتریک (استوری و ریشه دوم) تلفیق و درجه‌های تناسب اقلیمی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه محاسبه و کلاس تناسب آن‌ها تعیین شد. در جدول (۹) درجه تناسب ویژگی‌های اقلیمی و کلاس تناسب اقلیمی به‌همراه روش محدودیت ارائه شده‌است.

جدول ۹: درجه و کلاس تناسب اقلیم بر اساس روش‌های پارامتریک و محدودیت

تیپ‌های بهره‌وری	روش پارامتریک				روش محدودیت	
	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس	محدودیت ساده	تعداد و شدت
زیتون	۲۰	N2	۲۰	N2	N2	N2
مرکبات	۱۵/۰۲	N2	۱۷	N2	N2	S3
هلو	۹۸/۶	S1	۹۹/۵	S1	S1	S1

S1: مناسب؛ S2: نسبتاً مناسب؛ S3: تناسب کم؛ N1: نامناسب در شرایط فعلی؛ N2: نامناسب دائمی، مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نتایج حاصل از محاسبه کلاس‌های تناسب اقلیمی برای تیپ‌های بهره‌وری نشان داد که متوسط دمای سالانه برای رشد و نمو زیتون ۱۵/۱۴ درجه سلسیوس بوده و در کلاس S1 قرار دارد. بااین‌حال منطقهٔ مطالعاتی ازنظر اقلیمی برای کشت زیتون مناسب نیست؛ زیرا مقدار عددی مؤلفهٔ دمایی متوسطِ مطلقِ کم‌ترین دما در سردترین ماه سال ۸/۳۱- درجه سلسیوس‌بوده و در کلاس N2 قرار می‌گیرد و به‌شدت برای تیپ بهره‌وری زیتون محدودیت ایجاد می‌کند؛ به‌گونه‌ای‌که انجام هرگونه اقدامات مدیریتی نمی‌تواند باعث ارتقاء کلاس آن شود.

نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی اقلیم برای مرکبات براساس روش پارامتریک (استوری و ریشه دوم) مؤید محدودیت شرایط اقلیمی بود؛ زیرا شرایط اقلیمی منطقه ازنظر مؤلفهٔ متوسط دما در دو ماه پس از برداشت، ۳/۶۴ درجه سلسیوس بوده و در کلاس N2 قرار دارد. این امر موجب شده تا علی‌رغم قرارگرفتن رطوبت نسبی در کلاس S2، محدودیت اقلیمی به

قوّت خود باقی بماند. با توجه به این موضوع و اهمیت ویژهٔ اقلیم و بازدارندگی آن، کشت و توسعهٔ باغات مرکبات در منطقهٔ مورد مطالعه توصیه نمی‌شود. نهایتاً نتایج حاصل از محاسبهٔ کلاس‌های تناسب اقلیمی برای تیپ بهره‌وری هلو نشان داد که در همهٔ روش‌های نام‌برده‌شده (محدودیت و پارامتریک)، اقلیم منطقه دارای کلاس تناسب S1 است؛ به این معنی که هیچ‌گونه محدودیت اقلیمی و دمایی به‌منظور رشد و توسعهٔ باغات هلو وجود ندارد. با توجه به تناسب بسیار مناسب اقلیم، کشت و توسعهٔ باغات هلو در منطقهٔ مورد مطالعه توصیه می‌شود و اولویت کشت به این تیپ بهره‌وری اختصاص دارد.

ارزیابی کمّی ویژگی‌های خاکی موردنیاز

با توجه به ارزیابی مؤلفه‌های اقلیمی و به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی، متوسط وزنی ویژگی‌های خاک و زمین‌نما که در تعیین تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مؤثرند (جدول ۱۰) نیز با استفاده از ضرایب وزنیِ عمق‌های مختلف خاک برای هر یک از واحدهای اراضی محاسبه شد. سپس درجه تناسب ویژگی‌های واحدهای مختلف اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه براساس مقایسهٔ ویژگی‌های خاک و زمین‌نما صورت پذیرفت.

جدول ۱۰: متوسط وزنی ویژگی‌های خاکی و زمین‌نمای موردنیاز درجهت تعیین کلاس تناسب تیپ‌های بهره‌وری

واحدها	رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)	کلاس بافتی	ذرات >۲mm	آهک (٪)	گچ (٪)	شوری (ds/m)	سدیم تبادلی(٪)	شیب* (٪)	سیل‌گیری*
1.1	۳۲/۵۳	۲۹/۶۵	۳۷/۸۲	C.L	۰	۳/۶	۰	۱/۸۱	۳/۵	۱	F0
2.1	۴۴/۶۷	۲۷/۶۶	۲۷/۶۷	C	۰	۴/۵۸	۰/۵۴	۲/۲۷	۴/۲	۱	F1
3.3	۳۲/۴۲	۲۷/۸	۳۹/۷۸	C.L	۰	۸/۴۴	۰	۱/۲۳	۵/۷	۳/۵	F0
4.1	۴۴/۲	۳۲/۲۴	۲۳/۵۶	C	۰	۹/۵۶	۰	۱/۸۲	۴/۲	۱	F0
5.5	۵۳/۵	۲۶/۸۵	۱۹/۶۵	C	۰	۱۰/۸۴	۰	۱/۸۷	۳/۷	۶/۵	F1
6.6	۴۹	۳۷	۱۴	C	۰	۲/۸۸	۶/۲۸	۱/۷۷	۴/۶	۱۸/۵	F0
7.1	۵۱/۳۲	۳۳/۸۱	۱۴/۸۷	C	۰	۷/۱۳	۱/۱۹	۲/۱	۵/۸	۱	F0
8.5	۳۵	۴۸	۱۷	Si.C.L	۰	۱۲/۸۸	۰	۱/۵۸	۶/۷	۱۸/۵	F0
9.2	۲۸	۴۸	۲۴	C.L	۰	۱۳	۰	۱/۲۴	۷/۳	۱۸/۵	F1
10.5	۱۱/۹۷	۲۵/۹۵	۶۲/۰۸	S.L	۰	۱۲/۹۷	۰	۱/۷۵	۴/۲	۱۰	F0
11.1	۱۱/۲	۹/۸۸	۷۸/۹۲	S.L	۴۰/۹	۴/۰۶	۰/۲	۳/۱۸	۷/۷	۶/۵	F1

Si.C.L: سیلتی رسی لومی؛ S.L: شنی لومی؛ C: رسی؛ C.L: رسی لومی؛ F0: فاقد محدودیت؛ F1: محدودیت کم

* فاکتورهای شیب و سیل‌گیری نیاز به میانگین وزنی ندارند، ولی به‌منظور رعایت اختصار در جدول فوق ارائه شده‌اند.

ارزیابی کیفی نهایی و تعیین میزان محدودیت‌ها

در ادامه با توجه به ارزیابی تناسب اقلیم (جدول ۹) و نیز محاسبهٔ متوسط وزنی ویژگی‌های خاک و زمین‌نمای موردنیاز برای تعیین کلاس تناسب تیپ‌های بهره‌وری (جدول ۱۰)، ۸ ویژگی مؤثر در ارزیابی کیفی تناسب اراضی مناطق خشک و نیمه‌خشک کامل شد. سپس به‌طور جداگانه اقدام به مقایسه و تطبیق این مشخصه‌ها با نیازمندی‌های تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه شد. برای این منظور از جداول ارائه‌شده توسط سایز و همکاران (۱۹۹۳) استفاده شد (*Sys et al, 1993: 52-96*). در جدول (۱۱) نتایج به‌صورت شاخص‌های خاک، زمین‌نما و درجه اقلیم برای تیپ‌های بهره‌وری موردنظر ارائه شده‌است.

جدول ۱۱: مقادیر عددی شاخص‌های خاک و زمین‌نما و درجه اقلیم در روش پارامتریک برای تیپ‌های بهره‌وری

واحد اراضی	تیپ بهره‌وری	شاخص‌های خاک و زمین‌نما (درجه تناسب ویژگی‌های مختلف)							درجه اقلیم	
		عمق خاک، بافت ساختمان، مقدار سنگریزه	شیب	سیل‌گیری	گچ	آهک	شوری	سدیم تبادلی	استوری	ریشه دوم
۱	زیتون	۹۲/۷۸	۹۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۸/۸۷	۹۸/۸۳	۲۰	۲۰
	مرکبات	۹۰/۸۳	۹۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۲	۹۵/۴۸	۹۵/۶۳	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۹۶/۱۷	۹۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۸	۹۸/۱۹	۹۷/۸۱	۹۸/۶	۹۹/۵
۲	زیتون	۸۵/۸۳	۹۷/۵	۱۲/۵	۹۹/۷۳	۹۷/۵	۹۸/۵۸	۹۸/۶	۲۰	۲۰
	مرکبات	۸۰/۸۳	۹۷/۵	۱۲/۵	۹۷/۳	۸۷	۹۲/۳	۹۴/۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۸۷/۱۷	۹۷/۵	۱۲/۵	۹۸/۶۵	۹۷	۹۷/۷۳	۹۷/۳۸	۹۸/۶	۹۹/۵
۳	زیتون	۹۲/۷۸	۹۲/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۹/۲۳	۹۸/۱	۲۰	۲۰
	مرکبات	۹۰/۸۳	۸۶/۸۸	۹۷/۵	۱۰۰	۶۷/۸	۹۶/۹۳	۹۰/۷۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۹۶/۱۷	۷۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۳/۷	۹۸/۷۷	۹۶/۴۴	۹۸/۶	۹۹/۵
۴	زیتون	۸۶/۹۴	۹۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۸/۸۶	۹۸/۶	۲۰	۲۰
	مرکبات	۸۲/۵	۹۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۶۲/۲	۹۵/۴۵	۹۴/۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۸۷/۸۳	۹۷/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۸۷/۳	۹۸/۱۸	۹۷/۴	۹۸/۶	۹۹/۵
۵	زیتون	۷۷/۵	۸۶/۲۵	۱۲/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۸/۸۳	۹۸/۷۷	۲۰	۲۰
	مرکبات	۷۷/۵	۶۹/۳۸	۱۲/۵	۱۰۰	۵۸/۹	۹۵/۳۳	۹۵/۳۸	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۸۵/۸۳	۵۰	۱۲/۵	۱۰۰	۹۱/۵	۹۸/۱۳	۹۷/۶۹	۹۸/۶	۹۹/۵
۶	زیتون	۶۱/۶۷	۵۶/۲۵	۹۷/۵	۹۶/۸۶	۹۷/۵	۹۸/۸۹	۹۸/۴۷	۲۰	۲۰
	مرکبات	۶۱/۶۷	۳۷/۵	۹۷/۵	۱۲/۵	۸۲	۹۵/۵۸	۹۳/۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۷۷/۵	۱۲/۵	۹۷/۵	۶۶/۴	۹۷/۹	۹۸/۲۳	۹۷/۱۳	۹۸/۶	۹۹/۵
۷	زیتون	۸۶/۹۴	۹۷/۵	۹۷/۵	۹۹/۴۱	۹۷/۵	۹۸/۶۹	۹۸/۰۷	۲۰	۲۰
	مرکبات	۸۲/۵	۹۷/۵	۹۷/۵	۹۳/۱	۷۴/۴	۹۴	۹۰/۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۸۷/۸۳	۹۷/۵	۹۷/۵	۹۷/۰۳	۹۵	۹۸	۹۶/۴	۹۸/۶	۹۹/۵
۸	زیتون	۶۷/۵	۵۶/۲۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۹/۰۱	۹۷/۷۷	۲۰	۲۰
	مرکبات	۷۰	۳۱/۲۵	۹۷/۵	۱۰۰	۵۶/۲	۹۶/۰۵	۸۸/۲۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۸۲/۵	۱۲/۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۰	۹۸/۴۲	۹۵/۸۱	۹۸/۶	۹۹/۵
۹	زیتون	۶۷/۵	۵۶/۲۵	۱۲/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۹/۲۳	۹۷/۵۷	۲۰	۲۰
	مرکبات	۷۰	۳۱/۲۵	۱۲/۵	۱۰۰	۵۶	۹۶/۹	۸۶/۷۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۷۰	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۰۰	۹۰	۹۸/۷۶	۹۵/۴۴	۹۸/۶	۹۹/۵
۱۰	زیتون	۹۶/۳۹	۷۸/۷۵	۹۷/۵	۱۰۰	۹۷/۵	۹۸/۹	۹۸/۶	۲۰	۲۰
	مرکبات	۹۲/۵	۵۵	۹۷/۵	۱۰۰	۵۶	۹۵/۶	۹۴/۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۹۶/۸۳	۲۶	۹۷/۵	۱۰۰	۹۰	۹۸/۳	۹۴/۸	۹۸/۶	۹۹/۵
۱۱	زیتون	۸۶/۶۳	۸۶/۲۵	۱۲/۵	۹۹/۹	۹۷/۵	۹۸	۹۷/۴۳	۲۰	۲۰
	مرکبات	۷۸/۸۷	۶۹/۳۸	۱۲/۵	۹۹	۸۹/۷	۸۰/۵	۸۵/۷۵	۱۵/۰۲	۱۷
	هلو	۸۲/۲	۵۰	۱۲/۵	۹۹/۵	۹۷/۱	۹۷	۹۵/۱۹	۹۸/۶	۹۹/۵

c : محدودیت اقلیم؛ t: پستی و بلندی؛ w: خیسی خاک؛ s: محدودیت فیزیکی خاک؛ S1 : مناسب؛ S2: نسبتاً مناسب؛ S3 : تناسب کم؛

N1 : نامناسب در شرایط فعلی؛ N2 : نامناسب دائمی (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷)

سپس با تلفیق درجه تناسب ویژگی‌های مختلف اراضی (درجه اقلیم و شاخص‌های خاک و زمین‌نما)، شاخص نهایی اراضی محاسبه شد. نهایتاً با استفاده از شاخص محاسبه‌شده، کلاس نهایی تناسب اراضی تعیین شد. به‌منظور ایجاد یک دید کلی نتایج مربوط به تلفیق شاخص‌های خاک و زمین‌نما و اقلیم برای تیپ‌های بهره‌وری موردنظر براساس نوع محدودیت و به تفکیک روش‌های مورد مطالعه به‌صورت کلاس تناسب در جدول (۱۲) ارائه شده‌است.

جدول ۱۲: شاخص‌های اقلیم، خاک و زمین‌نما برای تیپ‌های بهره‌وری زیتون، هلو و مرکبات

روش مطالعه												
تیپ بهره‌وری واحد اراضی	محدودیت ساده			تعداد و شدت محدودیت‌ها			استوری			ریشه دوم		
	زیتون	هلو	مرکبات	زیتون	هلو	مرکبات	زیتون	هلو	مرکبات	زیتون	هلو	مرکبات
۱	N2c	S1	N2cs	N2c	S1	S3cs	N1c	S1	N2c	N1c	S1	N1c
۲	N2cw	N2w	N2cws	N2cw	S3w	S3cws	N2c	N2w	N2c	N2c	N2w	N2c
۳	N2c	S2t	N2cs	N2c	S2t	S3cs	N1c	S2t	N2c	N1c	S2t	N2c
۴	N2cs	S2s	N2cs	N2cs	S2s	S3cs	N1c	S2s	N2c	N1c	S1s	N2c
۵	N2cw	N2w	N2cws	N2cw	S3w	S3cws	N2c	N2w	N2c	N2c	N2w	N2c
۶	N2cts	N2ts	N2cts	N2cs	S3ts	N1cts	N2c	N2t	N2c	N2c	N2t	N2c
۷	N2cs	S2s	N2cs	N2cs	S2s	S3cs	N1c	S2s	N2c	N1c	S1s	N2c
۸	N2cts	N2t	N2cts	N2cs	S3t	N1cts	N2c	N2t	N2c	N2c	N2t	N2c
۹	N2ctws	N2tws	N2ctws	N2cws	S3tws	N1ctws	N2c	N2s	N2c	N2c	N2s	N2c
۱۰	N2ct	N1t	N2cts	N2ct	S3t	S3cts	N1c	N1t	N2c	N1c	N1t	N2c
۱۱	N2cw	N2tws	N2cws	N2cw	S3tws	S3cws	N2c	N2tws	N2c	N2c	N2tws	N2c

c :محدودیت اقلیم؛ t : پستی و بلندی؛ w : خیسی خاک؛ s: محدودیت فیزیکی خاک؛ S1: مناسب؛ S2 : نسبتاً مناسب؛ S3 : تناسب کم؛ N1 : نامناسب در شرایط فعلی؛ N2: نامناسب دائمی (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷)

براساس نتایج به‌دست‌آمده (جدول ۱۲)، شرایط اقلیم و بازدارندگی آن به‌عنوان محدودیت اصلی و وجود مقادیر متوسط تا زیاد سنگ و سنگریزه در لایه‌های مختلف خاک و نیز حساسیت به سیل‌گیری، محدودیت عمق، شیب، گچ و آهک به‌عنوان محدودیت‌های فرعی در منطقهٔ مطالعاتی مشاهده شدند. به‌موجب محدودیت اقلیم برای تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات هرگونه عملیات عمرانی و اقدامات مدیریتی برای واحدهای مطالعاتی مقرون‌به‌صرفه نبوده و نتایج مؤید این مطلب است که ۱۰۰ درصد اراضی برای توسعهٔ تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات در کلاس نامناسب (N) قرار دارد. شدت محدودیت‌های اصلی و فرعی ذکرشده در بالا تنها برای تیپ بهره‌وری هلو محدودیت‌زا نبوده و منطقه برای کشت و توسعهٔ این محصول مناسب است؛ ازاین‌رو می‌توان در واحدهایی که شدت محدودیت‌ها زیاد نیست، با انجام عملیات اصلاحی برای برخی ویژگی‌های قابل‌اصلاح نظیر تسطیح اراضی، به کلاس مطلوب‌تری نائل شد؛ بنابراین بایستی نسبت‌به کاهش یا رفع محدودیت آن‌ها اقدام شود تا سازگاری زمین افزایش یابد. با انجام این عملیات کلاس‌های آتی تناسب واحدهای اراضی مناسب‌تر خواهد شد.

نتیجهٔ ارزیابی هر یک از ویژگی‌های موردنظر در روش محدودیت ساده و روش تعداد و شدت برای زیتون نشان داد که تمام واحدهای اراضی به‌دلیل محدودیت اقلیم و برخی محدودیت‌ها نظیر سیل‌گیری، محدودیت عمق و شیب در کلاس نامناسب همیشگی (N2) هستند. هم‌چنین نتایج نشان داد، برای توسعهٔ هلو بر پایهٔ سیستم محدودیت ساده، واحد (۱) دارای تناسب محیطی (S1)، واحدهای (۳، ۴، ۷) دارای تناسب (S2)، واحدهای (۲، ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱) در کلاس (N2) به‌دلیل محدودیت‌های فوق‌الذکر هستند. شایان ذکر است که ۱۰۰ درصد از اراضی منطقه براساس روش تعداد و شدت محدودیت‌ها که در آن بزرگ‌ترین شدت‌ها بین ویژگی‌های مختلف مدنظر است، برای کاربری هلو در کلاس (S3, S2, S1) قرار گرفت.

برای کاربری مرکبات نیز همهٔ واحدهای اراضی در محدودیت ساده به‌صورت (N2) با محدودیت‌های مشخص کلاس‌بندی شدند؛ اما روش تعداد و شدت محدودیت‌ها نتایج را مطلوب‌تر نشان داده‌است؛ به‌طوری‌که به جز واحدهای (۶، ۸، ۹) که به‌صورت (N1) هستند، الباقی واحدها به کلاس تناسب (S3) ارتقاء و بهبود یافتند. نتایج نشان می‌دهد که محدودیت ساده نسبت‌به روش تعداد و شدت محدودیت‌ها، معمولاً نتایج سخت‌گیرانه‌تری دارد و برآوردها را در شرایط نامناسب‌تری می‌سنجد و از دقت عمل کمتری برخوردار است. دلیل این موضوع به ماهیت متفاوت هر کدام از روش‌ها برمی‌گردد؛ برای مثال در روش محدودیت سادهٔ تداخل و اثر متقابل بین خصوصیات وجود ندارد *(محمدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۰۶)*.

منتخبی و همکاران (۱۳۹۲) ارزیابی تناسب اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج (شرق تبریز) را با روش محدودیت ساده انجام دادند و گزارش کردند که ۹ درصد از اراضی دارای تناسب (S2) و ۹۱ درصد در کلاس (S3) برای چغندرقند است *(منتخبی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱)*. در پژوهشی دیگر در گنبدکاووس و به‌منظور ارزیابی اراضی بر پایهٔ روش محدودیت‌ها عنوان شد که هر دو روش در اکثر موارد مشابه هم هستند که متأثر از کیفیت‌های متفاوت اراضی مورد مطالعه بوده‌است *(محمدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۰۶)*.

نتایج مطالعات تناسب اراضی بر پایهٔ روش‌های پارامتریک، برای کشت و توسعهٔ تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات برای واحدهای مختلف خاک نشان داد؛ واحد (۱) دارای تناسب فعلی نامناسب (N1c) برای زیتون و کلاس نامناسب دائمی (N2c) برای مرکبات براساس روش استوری است. هم‌چنین براساس نتایج به‌دست‌آمده و روش‌های استوری و ریشه دوم، تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات به تفکیک واحدهای مختلف اراضی، بین کلاس‌های تناسب فعلی (N1c) و (N2c) درحال نوسان بوده که علت آن محدودیت شدید اقلیم است. این محدودیت‌زایی کلیهٔ کلاس‌های تناسب اراضی را تحت‌تأثیر قرار داده و منطقه را برای توسعهٔ این محصولات چندساله نامناسب کرده‌است.

در مطالعات تناسب اراضی درجهت تیپ بهره‌وری هلو برای واحدهای مختلف خاک نتایج زیر به‌دست‌آمد؛ واحد (۱) براساس هر دو روش در کلاس (S1) بوده که مؤید تناسب بسیار مطلوب اراضی است. واحدهای (۲) و (۵) به‌علت محدودیت سیل‌گیری در کلاس (N2w) جای گرفتند که پس از احداث سیل‌بند کلاس آتی این واحدها به (S1) تبدیل می‌شود. هم‌چنین واحدهای (۳)، (۴) و (۷) مجموعاً به وسعت ۵۳۴۰ هکتار که ۳۲/۲۶ درصد از اراضی مورد مطالعه را شامل می‌شوند. به‌ترتیب در کلاس تناسب فعلی (S2t)، (S2s) و (S2s) براساس استوری و در کلاس‌های (S2t)، (S1s) و (S1s) براساس روش ریشه دوم قرار گرفتند. محدودیت این واحدها شیب، آهک و سنگریزه است که پس از جمع‌آوری سنگ و سنگریزه و نیز تسطیح اراضی

می‌توان به کلاس‌های مطلوب‌تری نائل شد. واحد (۶) به‌علت محدودیت شدید شیب به‌صورت (N2t) کلاس‌بندی شد. در این واحد با اقدامات مدیریتی و عمرانی نظیر شکستن شیب و تسطیح اراضی می‌توان به کلاس (S1) ارتقاء یافت.

واحد (8.5) به‌علت شیب بالا (۱۲-۲۵٪) و لایهٔ محدودکنندهٔ گچی در عمق ۸۰-۵۰ سانتی‌متری در کلاس نامناسب دائمی (N2t) است. واحد (۹) به‌علت محدودیت‌های توأم شیب و سیل‌گیری و هم‌چنین لایهٔ محدودکنندهٔ گچی در عمق ۲۵-۵۰ سانتی‌متری در کلاس (N2s) جای گرفتند. کلاس‌های آتی این واحدها با احداث سیل‌بند و تسطیح اراضی و نیز مرتفع‌کردن لایه‌های محدودکننده نظیر استفاده از زیرشکن، می‌تواند به کلاس (S1) بهبود یابد.

هم‌چنین واحد (۱۰) نیز به‌علت محدودیت حاصل از شیب در کلاس (N1t) طبقه‌بندی شد که در صورت تسطیح به کلاس آتی (S1) تبدیل می‌شود؛ زیرا این محدودیت به‌تنهایی شایستگی سرزمین را تحت‌تأثیر قرار داده و کلیهٔ کلاس‌های تناسب را برای کشت و توسعهٔ هلو نامناسب کرده‌است؛ بنابراین بایستی برای رفع آن اقدام کرد.

در واحد (۱۱) نیز محدودیت‌های اصلی مانند سیل‌گیری،سنگریزهٔ زیاد (بیش از ۴۰درصد)، قلوه‌سنگ بین ۱۵-۳ درصد و شیب متوسط، موجب شده تا این واحد به وسعت ۷۵۶ هکتار در کلاس تناسب اراضی فعلی (N2tws) قرار گیرد. به‌نظر می‌رسد برخی از این محدودیت‌ها نظیر سنگ و سنگریزه سطحی ازطریق الک‌کردن یا وجود شیب و ناهمواری با انجام عملیات تسطیح یا استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری قابل‌رفع بوده و موجب ارتقاء چشمگیر کلاس آتی اراضی خواهدشد. با توجه به موارد مذکور مهم‌ترین محدودیت اراضی مطالعاتی برای کشت و توسعهٔ تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات، محدودیت اقلیمی است؛ به‌طوری‌که تناسب این اراضی را برای این نوع کاربری‌ها، در نامناسب همیشگی (N2c) قرار داده‌است.

به‌طورکلی زیادی گچ در واحد (۶) و بالابودن آهک در برخی واحدها (۴، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۰) تا حدی باعث کاهش شاخص اراضی در ۷۷۶۸ هکتار از اراضی (۴۶/۹۲٪) به‌ویژه برای مرکبات شد. هم‌چنین محدودیت شدید سیل‌گیری در واحدهای (۲، ۵، ۹، ۱۱) باعث شد تا ۳۴/۵۱ درصد از اراضی با وسعتی بالغبر ۵۷۱۲ هکتار در کلاس (N) جای گیرند. مقایسهٔ نتایج به‌دست‌آمده از روش‌های پارامتریک نشان داد که هیچ‌کدام از تیپ‌های بهره‌وری در کلاس (S3) قرار نگرفتند و تنها ۵۱/۹ درصد به وسعت ۸۵۹۱ هکتار به‌صورت (S1) و (S2) کلاس‌بندی شدند. لازم‌به‌ذکر است، کلاس‌های تناسب برآوردشده با روش ریشه دوم نسبت‌به استوری به‌طور نسبی مطلوب‌تر است. ریشه دوم مطابق‌با قانون لیبیک محدودکننده‌ترین ویژگی را در خارج از رادیکال قرار داده و از سایر درجات تناسب ویژگی‌ها جذر می‌گیرد که باعث کاهش اثرات متقابل فاکتورها می‌شود، درنتیجه شاخص اراضی را نزدیک به واقعیت نسبت‌به استوری نشان می‌دهد.

مروج و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعات خود نتایج مشابه‌ای را گزارش کردند که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد (مروج و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۳۳). چنین نتیجه‌ای توسط جعفرزاده و عباسی (۲۰۰۶) در ایستگاه تحقیقاتی خلعت‌پوشان نیز گزارش شده‌است (*Jafarzadeh & Abbasi 2006: 349*). در جدول (۱۳) شاخص‌های اراضی اصلاح‌نشده و کلاس نهایی تناسب، ارائه شده‌است. جدول (۱۴) نیز شاخص‌های اراضی اصلاح شده و کلاس نهایی تناسب را برای تیپ‌های بهره‌وری نمایش می‌دهد.

جدول ۱۳: شاخص‌های اراضی اصلاح‌نشده و کلاس تناسب نهایی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه

بهره‌وری	زیتون				هلو				مرکبات			
واحدها	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس
۱	۱۶/۸۱	N1	۱۸/۳	N1	۸۴/۸۴	S1	۹۰/۷	S1	۱۰/۸۹	N2	۱۴/۵	N2
۲	۱/۹۸	N2	۴/۹۷	N2	۹/۵۴	N2	۱۱	N2	۱/۰۹	N2	۳/۹	N2
۳	۱۵/۸۸	N1	۱۷/۸۲	N1	۶۳/۹۵	S2	۷۰/۷	S2	۶/۸۹	N2	۱۱/۵	N2
۴	۱۵/۷۱	N1	۱۷/۷۳	N1	۶۸/۷۳	S2	۷۷/۸	S1	۶/۶۱	N2	۱۱/۳	N2
۵	۱/۵۹	N2	۴/۴۶	N2	۴/۶۴	N2	۷/۷	N2	۰/۵۴	N2	۲/۸	N2
۶	۶/۲۲	N2	۱۱/۱۵	N2	۵/۷۸	N2	۸/۵	N2	۰/۳۱	N2	۲/۱	N2
۷	۱۵/۵۱	N1	۱۷/۶۱	N1	۷۱/۶۹	S2	۷۹/۷	S1	۶/۹۴	N2	۱۱/۶	N2
۸	۶/۹۹	N2	۱۱/۸۲	N2	۸/۴۱	N2	۱۰/۳	N2	۱/۵۳	N2	۵/۴	N2
۹	۰/۹۰	N2	۳/۳۵	N2	۷/۳۲	N2	۹/۶	N2	۰/۱۹	N2	۱/۷	N2
۱۰	۱۴/۰۷	N1	۱۶/۷۸	N1	۲۰/۳۰	N1	۲۳/۱	N1	۳/۷۷	N2	۸/۵	N2
۱۱	۱/۷۴	N2	۴/۶۶	N2	۴/۵۲	N2	۷/۵	N2	۰/۶۳	N2	۲/۹۸	N2

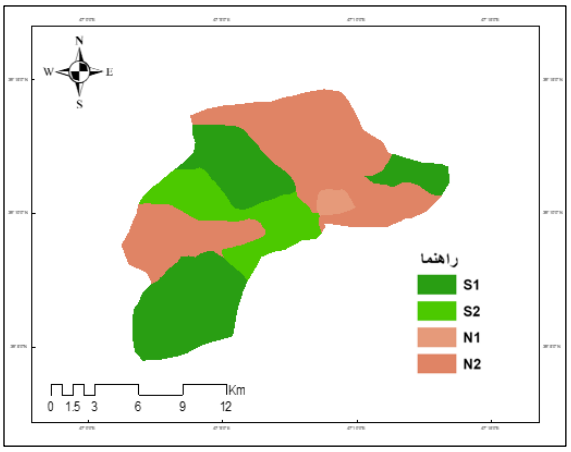
S1: مناسب؛ S2: نسبتاً مناسب؛ S3: تناسب کم؛ N1: نامناسب در شرایط فعلی؛ N2: نامناسب دائمی (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷)

جدول ۱۴: شاخص‌های اراضی اصلاح‌شده و کلاس تناسب برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه

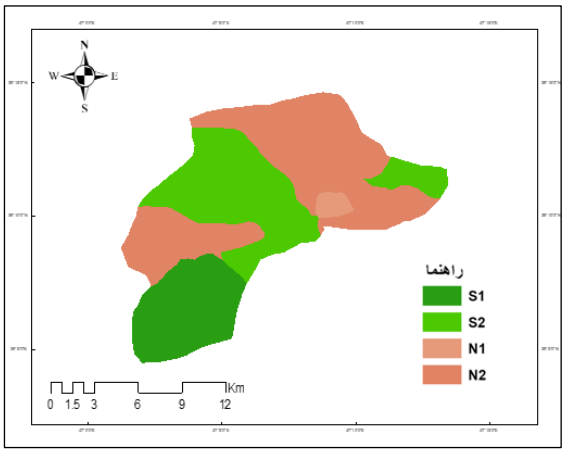
بهره‌وری	زیتون				هلو				مرکبات			
واحد	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس	استوری	کلاس	ریشه دوم	کلاس
۱	۱۰/۵۱	N2	۱۱/۴۴	N2	۹۳/۳۷	S1	۹۴/۱۹	S1	۱۰/۸۹	N2	۹/۰۶	N2
۲	۱/۹۸	N2	۴/۹۷	N2	۹/۵۴	N2	۱۱	N2	۱/۰۹	N2	۳/۹	N2
۳	۹/۹۳	N2	۱۱/۱۴	N2	۶۷/۹۷	S2	۶۹/۱۵	S2	۶/۸۹	N2	۱۱/۵	N2
۴	۹/۸۲	N2	۱۱/۰۸	N2	۶۹/۵۶	S2	۸۶/۱۳	S1	۶/۶۱	N2	۱۱/۳	N2
۵	۱/۵۹	N2	۴/۴۶	N2	۴/۶۴	N2	۷/۷	N2	۰/۵۴	N2	۲/۸	N2
۶	۶/۲۲	N2	۱۱/۱۵	N2	۵/۷۸	N2	۸/۵	N2	۰/۳۱	N2	۲/۱	N2
۷	۹/۶۹	N2	۱۱/۰۱	N2	۷۰/۵۴	S2	۸۷/۳۱	S1	۶/۹۴	N2	۱۱/۶	N2
۸	۶/۹۹	N2	۱۱/۸۲	N2	۸/۴۱	N2	۱۰/۳	N2	۱/۵۳	N2	۵/۴	N2
۹	۰/۹۰	N2	۳/۳۵	N2	۷/۳۲	N2	۹/۶	N2	۰/۱۹	N2	۱/۷	N2
۱۰	۸/۷۹	N2	۱۰/۴۹	N2	۱۲/۶۹	N1	۱۴/۴۴	N1	۳/۷۷	N2	۸/۵	N2
۱۱	۱/۷۴	N2	۴/۶۶	N2	۴/۵۲	N2	۷/۵	N2	۰/۶۳	N2	۲/۹۸	N2

S1: مناسب؛ S2: نسبتاً مناسب؛ S3: تناسب کم؛ N1: نامناسب در شرایط فعلی؛ N2: نامناسب دائمی (مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷)

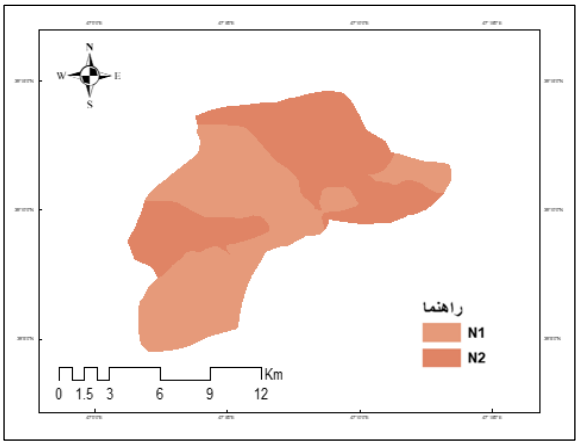
مقایسه و تطبیق جداول (۱۴ و ۱۳) نشان می‌دهد که مقادیر شاخص‌های اراضی اصلاح‌شده نسبت‌به شاخص‌های اراضی اصلاح‌نشده، برای تیپ بهره‌وری زیتون نتایج سخت‌گیرانه‌تری را در هر دو روش ارائه کرده‌است؛ به‌طوری‌که کلاس تناسب اراضی در واحدهای (۱، ۳، ۴، ۷، ۱۰) از (N1) به (N2) تنزل پیدا کرده‌است؛ ولی برای مرکبات نتایج نهایی شاخص‌های اصلاح‌شده و نشدهٔ اراضی به تفکیک هر دو روش مشابه بود که علت آن را می‌توان در محدودیت‌زابودن شرایط اقلیمی و مؤلفه‌های وابسته‌به آن جستجو کرد. تیپ بهره‌وری هلو نیز شرایط یکسانی داشته و نتایج نهایی مشابه گزارش می‌شود. در شکل‌های (۲ تا ۶) نقشهٔ تناسب کیفی اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه با روش‌های پارامتریک اصلاح‌نشده و اصلاح‌شده (استوری و ریشه دوم) ارائه شده‌است؛ به‌طورکلی نقشه‌های تناسب کیفی اراضی ترتیب اولویت کشت محصول را در داخل واحدهای اراضی در مناطق مطالعاتی نشان می‌دهند *(پاکپور ربطی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۷۲)*.



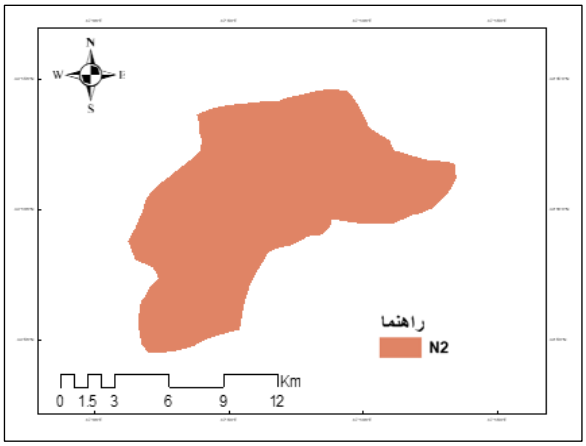
شکل ۲: نقشهٔ تناسب اراضی هلو با روش ریشه دوم (اصلاح‌شده و نشده) *(تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)*



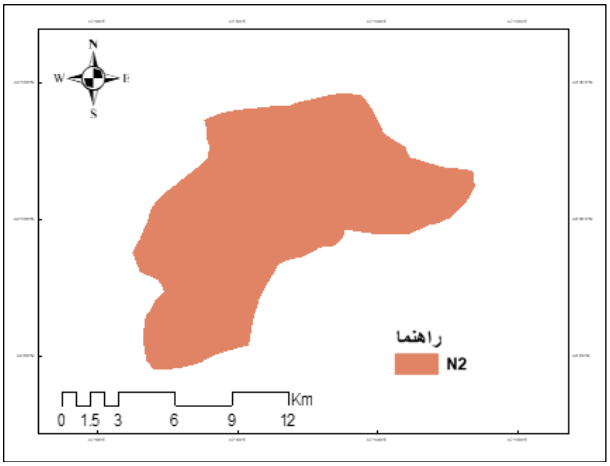
شکل ۳: نقشهٔ تناسب اراضی هلو با روش استوری (اصلاح‌شده و نشده) *(تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)*



شکل ۴: نقشهٔ تناسب اراضی زیتون با روش استوری و ریشه دوم (اصلاح‌شده) *(تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)*



شکل ۵: نقشهٔ تناسب اراضی زیتون با روش استوری و ریشه دوم (اصلاح‌نشده) *(تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)*



شکل ۶: نقشه تناسب اراضی مرکبات با روش‌های استوری و ریشه دوم (اصلاح‌شده و اصلاح‌نشده) *(تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۷)*

درصد و وسعت کلاس‌های تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری (جدول ۱۵) نشان می‌دهد که علی‌رغم تناسب مطلوب اکثر ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، هیچ‌کدام از تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات در کلاس S1، S2 و حتی S3 قرار نگرفته و همگی به‌علت محدودیت شدید اقلیم و بازدارندگی آن در کلاس همیشگی N قرار دارند. برای تیپ بهره‌وری هلو براساس روش استوری ۱۹/۶۴٪ اراضی در کلاس S1 و ۳۲/۳٪ در کلاس S2 و براساس روش ریشهٔ دوم ۳۶/۲٪ از اراضی در کلاس S1 و ۱۵/۷٪ نیز در کلاس S2 بود. در انتها ۴۸/۱ ٪ از اراضی در N به‌علت برخی محدودیت‌های‌خاک و زمین‌نما مانند شیب،سیل‌گیری، زیادی سنگ و سنگریزه و آهک جای‌گرفتند.همان‌طورکه پیشتر عنوان شد، برای هلو ازنظر اقلیمی محدودیتی گزارش نشد.

نتایج نهایی ارزیابی خصوصیات واحدهای مختلف اراضی نشان داد که شرایط اقلیمی و محیطی و هم‌چنین ویژگی‌های خاک و زمین‌نما، تنها برای کشت و توسعهٔ باغات هلو از تناسب سرزمینی مطلوب‌تری نسبت‌به زیتون و مرکبات برخوردار بوده و اولویت کشت را باید به این محصول اختصاص داد. امیدوار و همکاران (۱۳۹۳) در منطقهٔ آذربایجان شرقی نتایج مشابهی را گزارش و عنوان کرده‌اند که حدود ۷۰درصد منطقهٔ موردمطالعه برای کشت‌کلزا ازنظر اقلیمی و سایر عوامل محیطی کاملاًمناسب و مناسب است *(امیدوار و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۱۵)*. بساطی (۱۳۸۳) به‌منظور کشت و توسعهٔ زیتون در منطقهٔ مطالعاتی ایلام، شرایط اقلیمی و محیطی را تعیین‌کنندهٔ گزارش کرده‌است *(بساطی، ۱۳۸۳: ۵۰)*.

جدول ۱۵: درصد و وسعت کلاس‌های تناسب اراضی برای تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه

بهره‌وری	زیتون				هلو				مرکبات			
	استوری		ریشه دوم		استوری		ریشه دوم		استوری		ریشه دوم	
کلاس	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)
S1	۰	-	۰	-	۱۹/۷۱	۳۲۵۲	۳۶/۳۲	۵۹۹۲	۰	-	۰	-
S2	۰	-	۰	-	۳۲/۳۶	۵۳۳۹	۱۵/۷۵	۲۵۹۹	۰	-	۰	-
S3	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-	۰	-
N	۱۰۰	۱۶۵۰۰	۱۰۰	۱۶۵۰۰	۴۷/۹۳	۷۹۰۹	۴۷/۹۳	۷۹۰۹	۱۰۰	۱۶۵۰۰	۱۰۰	۱۶۵۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۷

نتیجه

ارزیابی تناسب و قابلیت اراضی ضامن تولید پایدار و حفظ منابع ارزشمند خاک و آب در هر کشوری است و توجه به آن و همگام با آن تعیین اولویت کشت، ضرورتی انکارناپذیر درجهت مدیریت پایدار منابع آب و خاک است. براساس نتایج ارزیابی کیفی، اقلیم منطقه برای کشت و توسعهٔ تیپ‌های بهره‌وری زیتون و مرکبات دارای تناسب بحرانی (N) و برای تیپ بهره‌وری هلو دارای تناسب عالی (S1) است. نتایج نشان داد که روش‌های پارامتریک استوری و ریشه دوم فائو نتایج معقول‌تری نسبت‌به روش‌های محدودیت ارائه می‌کند. وسعت کلاس‌های تناسب اراضی برای هر یک از تیپ‌های بهره‌وری مورد مطالعه براساس روش‌های استوری و ریشه دوم، مؤید این مطلب بود که اولویت کشت در منطقه به تیپ بهره‌وری هلو اختصاص دارد؛ زیرا اقلیم منطقهٔ محدودیتی برای کشت و توسعهٔ آن ایجاد نکرده و بیش از ۵۰٪ از اراضی مورد مطالعه در کلاس S1 (تناسب عالی) و S2 (تناسب متوسط) قرار دارد. لازم‌به‌ذکر است کلاس‌های تناسب برآوردشده با روش ریشه دوم نسبت‌به روش استوری به‌طور نسبی

مطلوب‌تر است، زیرا روش ریشه دوم برطبق قانون لبیک محدودکننده‌ترین ویژگی را در خارج از رادیکال قرار داده و از سایر درجات تناسب ویژگی‌ها جذر می‌گیرد که باعث کاهش اثرات متقابل فاکتورها می‌شود، درنتیجه شاخص اراضی را بالاتر و نزدیک به واقعیت نسبت‌به روش استوری نشان می‌دهد. هم‌چنین نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که محدودیت اقلیم و شرایط جوّی ازنظر دمایی به‌عنوان بااهمیت‌ترین مؤلفهٔ محیطی به‌شدت حائز اهمیت بوده و تأثیر مستقیم بر کشت و توسعهٔ تیپ‌های بهره‌وری دارد؛ بنابراین نیل به کشاورزی پایدار و مدیریت اراضی نیازمند درک، شناخت و ارزیابی صحیح از شرایط اقلیمی و محیطی است و موفقیت در امر کشاورزی مستلزم انتخاب و کشت گونه‌هایی است که بیشترین تطابق را با شرایط آب و هوایی منطقه داشته باشند. محدودکننده‌ترین عامل‌های خاکی نیز به‌ترتیب فراوانی و گسترش بافت خاک، عمق مؤثر، آهک، توسعه‌یافتگی و سدیمی‌بودن است. نهایتاً تیپ بهره‌وری هلو مناسب‌ترین محصول با توجه به شرایط اقلیم، زمین‌نما و خاک بوده و اولویت کشت به این محصول باید اختصاص داده‌شود؛ ازاین‌رو در زمینهٔ انجام چنین مطالعاتی پیشنهادهای ارائه‌شده در زیر می‌تواند بسیار راهگشا باشد.

- پیشنهاد می‌شود با توجه به این‌که کشت و توسعهٔ تیپ‌های بهره‌وری، تحت‌تأثیر اقلیم، خاک و زمین‌نما و مدیریت است، از شاخص‌های مدیریتی نیز در ارزیابی تناسب اراضی استفاده شود تا دقت روش‌های مورد استفاده افزایش یابد.

-با توجه به این‌که در برخی واحدهای اراضی محدودیت‌ها شدید بوده و اصلاح اراضی با شرایط موجود امکان‌پذیر نبوده یا مقرون‌به‌صرفه نیست؛ پیشنهاد می‌شود ارزیابی برای مراتع و چراگاه‌های مصنوعی درجهت جلوگیری از تخریب اراضی و اشتغال‌زایی برای ساکنان محلی صورت گیرد.

- نظر به این‌که تولید و صرفهٔ اقتصادی یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های کشاورزان است، توصیه می‌شود از روش‌های ارزیابی کمّی و اقتصادی نیز استفاده شود.

- پیشنهاد می‌شود که چنین مطالعاتی در سطح بزرگ‌تر و واحدهای بیشتری انجام گیرد، تا صحت و دقت روش‌های مورد مطالعه بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

-اصغرزاده، احمد؛ محمدجعفر ملکوتی؛ حسین‌علی بهرامی؛ سهیلا ابراهیمی (۱۳۸۳). خاک‌های ایران: تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره‌برداری. چاپ اول. انتشارات سنا. ۴۸۱ صفحه.
https://www.gisoom.com/book/1307930

-امیدوار، کمال؛ احمد مزیدی؛ سودابه دوست‌مرادی (۱۳۹۳). امکان‌سنجی اقلیمی کشت کلزا در استان کرمانشاه، جغرافیا و توسعه. دورهٔ ۱۲. شمارهٔ ۳۵. صفحات ۱۱۶-۹۷.
https://gdij.usb.ac.ir/article_1557_5318a75f3dcb3a841216fb53273ef0e9.pdf

-ایوبی، شمس‌الله؛ احمد جلالیان (۱۳۹۴). ارزیابی اراضی (کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی)، ویرایش دوم. چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۳۸۵ صفحه.
https://www.gisoom.com/book/11205698

-باقرزاده، حمیدرضا؛ علی باقرزاده؛ حمید معین‌راد (۱۳۹۱). ارزیابی‌کیفی تناسب اراضی دشت نیشابور برای کشت گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) با استفاده از GIS، نشریهٔ بوم‌شناسی کشاورزی. جلد ۴. شمارهٔ ۱. صفحات ۵۱-۴۱
https://agry.um.ac.ir/article_31016.html

-باقری بداغ‌آبادی، محسن (۱۳۹۰). ارزیابی سرزمین کاربردی و آمایش سرزمین، ویرایش دوم. چاپ دوم. انتشارات پلک. ۳۹۲ صفحه.
https://www.gisoom.com/book/1760362

-بساطی، حمید (۱۳۸۳). بررسی امکان کاشت و توسعهٔ زیتون در استان ایلام و استان‌های همجوار زاگرس میانی. مجلهٔ زیتون، نشریهٔ علمی تخصصی و کشاورزی. شمارهٔ ۱۶۱. صفحات ۵۴-۵۰.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=92375

-پاکپور ربطی، احمد، علی‌اصغر جعفرزاده؛ فرزین شهبازی؛ پرویز عماری (۱۳۹۲). ارزیابی اراضی مستعد برای تعدادی از محصولات کشاورزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در مناطقی از استان آذربایجان غربی، نشریهٔ دانش آب و خاک. جلد ۲۳. شمارهٔ ۱. صفحات ۱۷۶-۱۶۵.
https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_205.html

-رمضانی، بهمن و لادن کاظمی‌راد (۱۳۸۶). شناخت نواحی مستعد کشت گیاه صنعتی آفتابگردان در جلگهٔ شرق گیلان، مجلهٔ فضای جغرافیایی. سال هفتم. شمارهٔ ۱۹. صفحات ۱۴۲-۱۲۷.
https://www.magiran.com/paper/640277

-زینالی، محمد؛ علی‌اصغر جعفرزاده؛ فرزین شهبازی؛ شاهین اوستان (۱۳۹۵). ارزیابی کیفی، کمّی و اقتصادی تناسب اراضی برای گندم، جو، ذرت و آفتابگردان در بخشی از دشت خوی. نشریهٔ دانش آب و خاک. جلد ۲۵. شمارهٔ ۲. صفحات ۲۹- ۱۵.
https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_5834.html

-سلیقه، محمد؛ فرامرز بریمانی؛ مرتضی اسمعیل‌نژاد (۱۳۸۷). پهنه‌بندی اقلیمی استان سیستان و بلوچستان، جغرافیا و توسعه. دورهٔ ۶. شمارهٔ ۱۲. صفحات ۱۱۶-۱۰۱
https://gdij.usb.ac.ir/article_1245.html

- شمس‌السادات، زاهدی (۱۳۸۹). رابطه سیبرنتیک و مدیریت دانش در سازمان. فصلنامهٔ مطالعات مدیریت. دورهٔ ۲۰. شمارهٔ ۶۳. صفحات ۲۵-۱.
https://jmsd.atu.ac.ir/article_2919.html

-طالعی، محمد؛ عباس علی‌محمدی؛ اسماعیل عدیلی (۱۳۹۱). ارزیابی تناسب اراضی شهری به روش Fuzzy AHP، سنجش‌ازدور و GIS ایران. سال چهارم. شمارهٔ اول. صفحات ۵۲-۳۵.
http://gisj.sbu.ac.ir/article/view/1168

-فلاحتی، فاطمه؛ بهلول علیجانی؛ منیژه قهرودی تالی؛ محمدجواد براتی (۱۳۹۱). مکان‌یابی اراضی مستعدّ توسعهٔ باغ‌های میوه با تأکید بر عناصر و عوامل اقلیمی-کشاورزی با رویکرد GIS & RS (مطالعهٔ موردی: گردو-استان تهران)، جغرافیا و پایداری محیط. شمارهٔ ۲. صفحات ۵۴-۴۳.
https://ges.razi.ac.ir/article_172_c53b63001b76b8197cdd70ff45da3f5f.pdf

-قربانی، رسول؛ حسن محمودزاده؛ علی‌اکبر تقی‌پور (۱۳۹۲). تحلیل تناسب اراضی (LAS) برای توسعهٔ شهری در محدودهٔ شهری تبریز با استفاده از روش تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی، جغرافیا و آمایش شهری-منطقه‌ای. شمارهٔ ۸. صفحات ۱۴-۱.
http://cresg.usb.ac.ir/Uploads/Journals/Files/m1_23.pdf

-گیوی، جواد (۱۳۷۶). ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای نباتات زراعی و باغی، مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب. نشریهٔ فنی ۱۰۱۵. ۱۰۰ صفحه.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=36623

-محمدی، افشین؛ عباس پاشایی‌اول؛ سید احمد مساواتی؛ سهراب صادقی (۱۳۸۶). ارزیابی تناسب کیفی اراضی برای محصولات‌عمدهٔ زراعی منطقهٔ گنبدکاووس، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۴. شمارهٔ ۵. صفحات ۱۱۱-۹۹.
https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=73006

- مروج، کامران (۱۳۹۶). طبقه‌بندی و تناسب اراضی برای توسعهٔ مناطق محروم در چهارچوب اقتصاد مقاومتی (مطالعهٔ موردی: شهرستان ریگان، جنوب‌شرق استان کرمان)، فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه. سال پانزدهم. شمارهٔ ۴۸. صفحات ۱۵۲-۱۳۳.
https://journals.usb.ac.ir/article_3352_e9223c2ce85c2597d4a62d733567fa04.pdf

- مروج، کامران؛ پریسا علمداری؛ محمدامیر دلاور؛ مهدی فتحی (۱۳۹۶). مکان‌یابی برای کاشت گیاهان زراعی و باغی منتخب در اراضی منطقهٔ آبیک استان قزوین. نشریهٔ دانش آب و خاک. جلد ۲۷. شمارهٔ ۳. صفحات۱۰۵-۹۳.
https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_6666.html

- مروج، کامران؛ محمدامیر دلاور؛ وحیده نجفی (۱۳۹۷). اهمیت استفاده از روش‌های نوین آبیاری در افزایش اشتغال‌زایی و توسعهٔ مناطق‌روستایی، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی. جلد ۳۳. شمارهٔ ۲. صفحات ۱۹۰-۱۷۵.
http://georesearch.ir/article-1-287-fa.html

- منتخبی کلجاهی، ویدا؛ علی‌اصغر جعفرزاده؛ فرزین شهبازی (۱۳۹۲). ارزیابی کیفی تناسب اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج برای چغندرقند، پیاز و گلرنگ با روش‌های محدودیت ساده و پارامتریک ریشه دوم، نشریهٔ دانش آب و خاک. جلد ۲۳. شمارهٔ ۲. صفحات ۱۲-۱.
https://journals.tabrizu.ac.ir/article_94_f00e3c0feaf7ba56fb7e273dd37399e0.pdf

- موغلی، مرضیه (۱۳۹۳). امکان‌سنجی کشت زیتون براساس عوامل محیطی با استفاده از GIS در شهرستان بویراحمد، فصلنامهٔ جغرافیای طبیعی. سال هفتم.شمارهٔ ۲۵. صفحات ۵۴-۴۳.
https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=274487

- یزدان‌پناه، حجت‌اله؛ غلامعلی کمالی؛ زهرا حجازی‌زاده؛ پرویز ضیاییان (۱۳۸۵). مکان‌گزینی اراضی مستعد کشت بادام در استان آذربایجان شرقی، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، دورهٔ ۴. شمارهٔ ۸. صفحات ۲۰۳-۱۹۳.
https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=56714

- Abagyeh, S. O. I., Idoga, S. and Agber, P.I. (2016). Land suitability evaluation for maize (Zea mays) production in selected sites of the Mid-Benue valley, Nigeria, International Journal of Agricultural Policy and Research, 4(3): 46-51. https://journalissues.org/wp-content/uploads/2016/03/Abagyeh-et-al.pdf

- Anonymous, (2014). World reference base (WRB) for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, FAO, Rome. http://www.fao.org/publications/card/en/c/942e424c-85a9-411d-a739-22d5f8b6cc41/

- Bagherzadeh, A. and Mansouri Daneshvar, M. R. (2014). Qualitative Land Suitability Evaluation for Wheat and Barley Crops in Khorasan-Razavi Province, Northeast of Iran, Agricultural Research, 3(2): 155–164. https://link.springer.com/article/10.1007/s40003-014-0101-2

- Coyle, C., Creamer, R. E., Schulte, R. P., O'Sullivan, L., Jordan, P. (2016). A functional land management conceptual framework under soil drainage and land use scenarios. Environmental Science & Policy 56: 39-48. https://catalogue.unccd.int/336_Article_1-s2.0-S1462901115ain.pdf

- El Baroudy, A. A. (2016). Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. Catena. 140: 96–104. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816215301752

- Jafarzadeh, A. A., and Abbasi, G. (2006). Qualitative land suitability evaluation for the growth of onion, potato, maize and alfalfa on soils of the Khalatpushan research station. Biologia, Bratislava, 19: 349- 352. https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.9898&rep=rep1&type=pdf

- Storie, R. E. (1976). Storie Index Soil Rating. Special publication Div. Agricultural Science. No. 3203, University of California, Berkeley. http://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/3203.pdf

- Sys, C., Van Ranset, 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. https://biblio.ugent.be/publication/223207
- Sys, C., Van Ranset, E., Debaveye, J., Beernaert, F. (1993). Land evaluation, Part III, Crop requirements. General Administration for Development Cooperation Place, Brussels, Belgium. https://biblio.ugent.be/publication/233235

- Young, A. and Goldsmith, R. F. (1977). Soil survey and land evaluation in developing countries. A case Study in Malawi: the Geographical Journal, 143: 407-438. https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=GB19780267082

- 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. https://biblio.ugent.be/publication/8540966

- Mahler, P.J. (1970). Manual of multipurpose land classification. Publ. No. 212. Soil Institute of Iran. Ministry of Agriculture, Tehran. 81p. https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_t4c173167_001.pdf

- Martin, D., and Saha, S. K. (2009). Land evaluation by integrating remote sensing and GIS for cropping system analysis in a watershed. Current science, 96(4), 569-575. https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093139111

- Newhall, F., and Berdanier, C. R. (1996). Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Natural Resources Conversations Service, Soil Survey Investigation Report, No. 46, 13p. http://www.sciepub.com/reference/66611

- Soil Survey Staff, (2014). Keys to soil taxonomy. 12th ed. Washington (D.C.), United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (NRCS), USDA. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/class/taxonomy/?cid=nrcs142p2_053580