



Lorestan University

Online ISSN: 2717-2325

Journal of Geographical Studies of Mountainous Areasjournal homepage: <http://www.gsma.lu.ac.ir>

Research Paper

Evaluation of rapeseed cultivation based on environmental criteria in mountainous areas (Case study, Izeh county)

Hojat Sadeghi ^{a,*}, Javad Mikaniki ^b^a * Assistant Professor, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran^b Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Birjand, Birjand, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 22 October 2024;

Accepted: 09 March 2025

Available online 07 September 2025

Keywords:

Environmental Criteria, Spatial Decision-Making, Models and Weighting, Izeh County.

ABSTRACT

Agriculture section has a critical rule in life of economic and political societies. In accordance to limitation of existing resources and excess of demands, we have to do an exact and detailed planning to expand the activities of geographical compound and use the resources. Geographical information system is one of the new scientific approaches that help us to have an exact recognition of potentials and capabilities of each area to split the capable ones for agricultural activities and start the extension in this way. As a matter of fact, by using different models and algorithms such as multi-parameter decision making algorithms, geographical information system can achieve this capability. cultivation of rapeseed as one of the high diversity of products, with specific requirements in terms of environmental. Izeh county, it seems of attention geographical location, for the crop is a good one. This study attempted zoning criteria canola growing areas prone environment, to identify using a multi-criteria decision making (AHP) and weighted model (IO) in GIS. The purpose of this research is applied based on the nature of the analytical, that after collecting and preparing the information and the different layers of the mentioned methods have been used to identify areas prone cultivation. Results showed that soil parameter value of 0.47 with a height parameter of most important and least important values 0.02 and the seven criteria for environmental impacts of the rapeseed grown in the region is based on expert opinion. In base AHP model, 29,018.55 hectares from region area for rapeseed cultivation of very good, 40,461.19 hectares is Appropriate, 85,152.42 hectares is average and 71,223.75 and 147,601 hectares of the region, rank are Weak and Inappropriate for growing rapeseed. In base weighted model (IO), more than 23604/40 hectares from region area, is good, and 37456/36 hectares, Inappropriate. Result each two model is same.

1. Introduction

The agricultural sector has an essential role in the economic and political life of societies. Considering the limited available resources and the increasing demand, it is necessary to carry out accurate and comprehensive planning in the geographical fields in order to develop activities and use resources. The geographic information system is also one of the methods based on location analysis, with the help of which it is possible to know the environmental capabilities and capabilities of each region in order to zone the areas prone to agricultural activities and take steps

towards the development of this sector. becomes Cultivation of rapeseed, as one of the products with high diversity, has special environmental conditions. According to its geographical location, Izeh county seems to have a suitable capacity to cultivate this product. The current research has tried to determine the zoning of areas prone to rapeseed cultivation based on environmental criteria, with spatial decision making method (AHP) and weighting model (IO) in GIS environment.

2. Methodology

*Corresponding Author.

Email Adresses: h.sadeghi@geo.ui.ac.ir (H.sadeghi), javadmikaniki@birjand.ac.ir (J.Mikaniki),**To cite this article:**

Sadeghi, H., Mikaniki, J. (2025). Evaluation of rapeseed cultivation based on environmental criteria in mountainous areas using spatial multi-criteria decision-making models and weighting (Case study, Izeh count). *Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas*, 6 (22), 19-38



Doi: 10.22034/gsma.2025.2042188.1035

The present research is descriptive-analytical and in-depth in terms of its applied and developmental purpose and in terms of its nature and method. In order to zone the Izeh region in terms of areas prone to rapeseed cultivation, the desired layers were digitized using AHP method. Then, based on the existing conditions in terms of the investigated factors, the criteria were prioritized and according to the AHP model, the criteria and options were evaluated, based on which the data was overlapped and analyzed in the Weighted Sum Overlay option. , was discussed in ARC GIS environment and Expert Choice software. The layers used in this analysis are the geological layer, soil, erosion, elevation model, slope, vegetation and type of use. Also, in the weighting model (IO), different weights are given to different complications and different existing classes, and flexible combinations are obtained from the maps, which include a range of numbers. In this way, after applying different weights on the inner classes of each layer, then all the layers are overlapped. This overlap can be done through different functions in the GIS environment.

3. Results

The results show that according to the AHP model, of the total area of 29018.55 hectares, i.e. 7.7%, it has a very suitable condition in terms of the seven criteria under investigation. As an example, this area has a low slope, suitable height, erosion below 5%, land use with suitable cultivation, deep soil with suitable texture, etc. In the IO method, the first zone covers 23604.40 hectares (6.3 percent) of the region. The difference of this area in two maps is one percent. The second zone in the first method, with an area of 404,061.19 hectares, is ranked second in priority. The conditions mentioned in the first zone are also present in this zone, which of course becomes a little weaker. However, it is favorable for the cultivation of rapeseed. This zone is adjacent to the second zone. In the IO method, this area is 37456.36 hectares and these two areas are almost the same.

The other three zones, which have moderate, unfavorable and very unfavorable conditions, cover 85152.42 hectares, 147601.00 hectares, and 71223.75 hectares of the area, respectively, in the AHP method. The environmental conditions investigated in these three areas are weaker than the first and second areas, respectively. These areas have soil with shallow depth and inappropriate and stony texture, inappropriate use, tree and mountain vegetation cover, high altitude and lack of access, high and inappropriate slope, lithological structure and poor structure for rapeseed cultivation.

In the weighting method (IO), more than 37456.36 hectares of the region have a suitable condition based on this method. 110754.3 hectares of the area of Izeh county have average conditions for rapeseed cultivation, which this method is approximately 7% of the area. It includes more than the first method. Also, more than 145,308.17 hectares of the area are in poor condition and 26,405.56 hectares have very unsuitable conditions for rapeseed cultivation. Comparing the IO method with the AHP method shows that in both methods, the suitable area has certain conditions and in the unsuitable area, the IO method includes 4% more area. These areas usually have limited soil, medium to high slope, medium height, etc.

4. Discussion

According to the AHP method, 18.5% of the area has a suitable condition for rapeseed cultivation, such that it has a high potential in terms of the seven research criteria. This situation in the IO method is 16.3%. Also, 58.5% have unfavorable conditions and limited criteria for rapeseed cultivation in the study area based on the AHP method. This amount in the weighting method is 54%. In general, the two methods have many points in common in the assessment of rapeseed cultivation in the study area. Both methods have almost the same results in terms of area and geographic location of the zones. It is important to mention that in terms of the comparison of the zones, almost five zones in the two maps have overlapping status and are marked with a slight decrease and increase in area in common places. Based on the evaluation of rapeseed cultivation, it seems that both methods (AHP) and algorithm (IO) have the same results and both methods can be used. The results of this research on the efficiency and effectiveness of the used models including AHP and IO and their combination with GIS, with the results of [Tadsi et al.\(2020\)](#), [Mandal et al.\(2020\)](#), [Singh et al.\(2020\)](#), [Moradi et al. \(2019\)](#) and [Sobhani and Nasiri \(2021\)](#) are consistent.

5. Conclusion

The conclusion of the research shows that the region has a favorable capacity for rapeseed cultivation. This capacity was well-confirmed based on environmental criteria. In addition, the two models used in the research have the necessary efficiency to evaluate and measure the environmental potential for cultivation and agriculture.



دانشگاه لرستان

شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۵-۲۷۱۷

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی

<http://www.gsma.lu.ac.ir>



مقاله پژوهشی

ارزیابی کشت کلزا بر اساس معیارهای محیطی در مناطق کوهستانی (مورد مطالعه، شهرستان ایذه)

حجت صادقی^{۱*}؛ جواد میکائیکی^۲

^{۱*} استادیار، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲ دانشیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:

۱۴۰۳/۰۸/۰۱

پذیرش نهایی:

۱۴۰۳/۱۲/۱۹

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۰۶/۱۶

واژگان کلیدی:

کشت کلزا، معیارهای

محیطی، مدل‌های تصمیم

گیری مکانی و وزن دهی،

شهرستان ایذه.

چکیده

بخش کشاورزی دارای نقش اساسی در حیات اقتصادی و سیاسی جوامع می‌باشد. با توجه به محدودیت منابع در اختیار و فزونی تقاضا ضروری است که در عرصه‌های جغرافیایی، برنامه‌ریزی دقیق و همه جانبه‌نگری در راستای توسعه فعالیت‌ها و استفاده از منابع صورت پذیرد. سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز از جمله روش‌های مبتنی بر تحلیل مکانی است که به کمک آن امکان شناخت دقیق توان‌ها و قابلیت‌های محیطی هر منطقه به منظور پهنه‌بندی نواحی مستعد فعالیت کشاورزی و گام نهادن در راه توسعه این بخش میسر می‌گردد. کشت کلزا به عنوان یکی از محصولات با تنوع بالا، دارای شرایط خاصی از لحاظ محیطی است. شهرستان ایذه دارای موقعیت جغرافیایی مناسبی برای کشاورزی و کشت محصولات متنوع است. تحقیق حاضر تلاش داشته است که پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت کلزا بر اساس معیارهای محیطی، با روش تصمیم‌گیری مکانی (AHP) و مدل وزن‌دهی (IO) در محیط GIS، را مشخص نماید. این پژوهش از لحاظ هدف کاربردی و بر مبنای ماهیت توصیفی - تحلیلی می‌باشد که پس از جمع‌آوری اطلاعات و لایه‌های مختلف و آماده‌سازی آن‌ها، از روش‌های ذکر شده جهت تعیین نواحی مستعد کشت بهره گرفته شده است. نتایج نشان داد، که معیار خاک با ارزش ۰/۴۷ دارای بیشترین اهمیت و معیار ارتفاع با ارزش ۰/۰۲ دارای کمترین اهمیت و تأثیرگذاری در میان هفت معیار محیطی در کشت کلزا برای منطقه مورد مطالعه است. بر اساس مدل چند معیاره مکانی AHP، ۲۹۰۱۸/۵۵ هکتار از مساحت منطقه برای کشت کلزا مناسب، ۴۰۴۶۱/۱۹ هکتار دارای شرایط مناسب، ۸۵۱۵۲/۴۲ هکتار دارای وضعیت متوسط و ۱۴۷۶۰۱ و ۷۱۲۲۳/۷۵ هکتار از منطقه به ترتیب دارای شرایط نامناسبی برای کشت کلزا می‌باشند. بر اساس مدل وزن‌دهی (IO) نیز بیش از ۲۳۶۰۴/۴۰ هکتار از مساحت منطقه مناسب و ۳۷۴۵۶/۳۶ هکتار نامناسب است. مقایسه نتایج هر دو مدل نشانگر یکسان بودن نتایج و کارایی آن‌ها است.

۱. مقدمه

در جهان کنونی رشد و توسعه اقتصادی به عنوان رکنی اساسی در راستای توسعه یکپارچه و همگن سرزمینی، از دغدغه‌های مهم

* نویسنده مسئول:

پست الکترونیک نویسندگان: H.sadeghi@geo.ui.ac.ir (ح. صادقی)، JavadMikini@birjand.ac.ir (ج. میکائیکی)؛

نحوه استناددهی به مقاله: صادقی، حجت، میکائیکی، جواد (۱۴۰۴). ارزیابی کشت کلزا بر اساس معیارهای محیطی در مناطق کوهستانی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی و وزنی دهی (مورد مطالعه، شهرستان ایذه). فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی. سال ششم، شماره ۲ (۲۲)، صص ۳۸-۱۹.

معیاره^۱ به منظور افزایش دقت در امر برنامه‌ریزی رواج گسترده‌ای یافته است (Panagos et al, 2020: 25)؛ چرا که از طریق آن‌ها با توجه به معیارهای کمی و کیفی متعدد می‌توان به انتخاب بهترین گزینه دست یافت (Makowski, 2002: 24). تاکید بر لزوم استفاده پایدار و متعادل از منابع اراضی با توجه به حجم زیاد اطلاعات و کاربردهای روز افزون آن‌ها در نظام‌های مختلف از یک طرف و ماهیت پویایی و تغییر پذیری برخی از اطلاعات مربوط به آن‌ها از طرف دیگر، انسان را مجبور به استفاده از علوم و فنون جدید، ابزارهای کمکی و روش‌های نوین می‌کند (Habibie et al, 2021: 779) و از جمله این دانش‌ها که مدیون پیشرفت شاخه‌های متعددی از علوم دیگر می‌باشد، فن سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است (Lawal et al, 2021: 4).

ترکیب GIS و مدل‌های تصمیم‌گیری مکانی در طی دو دهه گذشته اهمیت زیادی یافته است و این مدل و روش‌ها در علوم محیطی و کشاورزی نیز بسیار مهم شمرده شده است (Sathiyamurthi et al, 2024: 8). یکی از روش‌های ارزیابی و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاری و قابل استفاده در GIS، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۲ است که کاربرد وسیعی در علوم زمین و برنامه‌ریزی فضا و محیط دارد. این مدل در دهه ۱۹۷۰ به وسیله "توماس ال ساعتی" ابداع شد (Ricardo et al, 2021: 359). هدف از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (که به نوعی مبین مزیت اصلی آن نیز می‌باشد) ایجاد یا تشکیل سلسله مراتب پیچیدگی یک مسئله طی مدارج طبقه‌بندی شده از بزرگ به کوچک یا از عمومی به مطالب خاص و اقتصادی است، تا بتوان به این ترتیب مطابق درک از موضوع به دقت بیشتری دست پیدا کرد (FalSulayman et al, 2012: 137). از اهم مزایای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان بدین موارد اشاره داشت: ۱) یگانگی. ۲) پیچیدگی. ۳) همبستگی متقابل. ۴) ساختار سلسله مراتبی. ۵) اندازه‌گیری. ۶) سازگاری. ۷) تلفیق. ۸) تعادل. ۹) قضاوت گروهی. ۱۰) تکرار (Saaty, 1987: 162-163). مدل تصمیم‌گیری مکانی و روش‌های وزن‌دهی، رویکردهای کمی مطلوبی برای بکارگیری در پتانسیل‌سنجی محیطی برای اهداف مختلف از جمله کشاورزی است. این بستر با توسعه GIS قوی‌تر شده و همواره در بخش کشاورزی استفاده زیادی شده است.

برنامه‌ریزان و اندیشمندان علوم مختلف به شمار می‌آید (Molina- Maturano et al, 2020: 3). تحول و بهبود نظام اقتصادی خود مرهون توسعه همه جانبه و پایدار اجزایی بوده که در آن بخش کشاورزی به دلایلی هم چون تامین نیاز و امنیت غذایی جامعه (Jat et al, 2020: 337)، تامین مواد اولیه صنعت و نقش در توسعه صنعتی، جذب نیروی کار (Khan et al, 2021: 5) و غیره از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. در واقع ثبات و استمرار رشد بخش کشاورزی از عوامل عمده‌ی کمک‌کننده به ثبات اجتماعی و رشد اقتصادی جامعه به شمار می‌آید (Srdjevic, 2004: 38). به بیان کلی، رشد اقتصادی هر کشور بدون رشد و توسعه سخت‌افزاری و نرم‌افزاری کشاورزی امکان‌پذیر نیست (Scown et al, 2020: 238). توسعه کشاورزی به طور کلی در برگیرنده اقدامات گسترده در راستای فراهم‌سازی زمینه‌های افزایش تولید، بهره‌وری کشاورزی و بهبود فعالیت‌های پس از تولید است (Hinz et al, 2020: 4). وجود پتانسیل‌های محیطی (آب و خاک) و کیفیت آن، که در واقع درون مایه‌های فضایی هر منطقه نیز قلمداد می‌شوند نقشی اساسی در توسعه کشاورزی دارند (Ruknuddin Eftakhari et al, 2008: 90). از سوی دیگر، استفاده بهینه از توان‌های محیطی به منظور حفاظت از آن‌ها نیز یکی از موضوعات مهم و کلیدی در امر توسعه محسوب می‌گردد (Kaur et al, 2021: 2689). با توجه به محدودیت منابع موجود، افزایش روزافزون جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز غذایی ایجاب می‌نماید که اولاً منابع موجود خود را به درستی بشناسیم و ثانیاً از این منابع محدود به نحو احسن استفاده نماییم (Yazdanpanah et al, 2007: 194).

بدین‌سان پس از شناخت توانمندی و قابلیت‌های محیطی یکی از مباحث مهم و اساسی در راستای تحقق توسعه کشاورزی، چگونگی تخصیص بخشی از فضای جغرافیایی مورد برنامه‌ریزی جهت نوعی محصول خاص با توجه به ویژگی‌های کمی و کیفی آن محدود می‌باشد (Tudi et al, 2021: 35). از آن جایی که مسائل متنوع و پیچیدگی‌های بسیاری در بطن و میان اجزاء سازنده محیط وجود دارد، لذا تصمیم‌گیری و فرآیند سیاست‌گذاری به منظور استفاده از آن بایستی با در نظر گرفتن و ارزیابی تمامی ابعاد مداخله‌گر باشد (Lashkari & Ki Khosravi, 2008: 97). از این رو است که امروزه تهیه و کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چند

۲. Analytic Hierarchy Process

۱. MADM

تاکنون مطالعات متنوعی در راستای پهنه‌بندی عرصه‌های جغرافیایی در محیط GIS به منظور تعیین پهنه‌های مستعد برای کشت محصولات کشاورزی خاص، صورت گرفته است که عمدتاً از مدل چندمعیار مکانی AHP بهره جسته‌اند.

Tadesse et al (2020) نتیجه گرفتند که ترکیب GIS و AHP نتایج مطلوبی در زمینه پایداری زمین برای محصولات کشاورزی دارد. Mandal et al (2020) نیز از کارایی و ترکیب مدل AHP و GIS در تعیین اراضی مستعد برای کشت محصولات کشاورزی اشاره دارد. Singha et al (2020) نتیجه گرفتند که پهنه‌های مستعدی برای کشت محصولات جایگزین وجود دارد که تکنیک‌های GIS و AHP این پهنه‌های را بخوبی نمایش می‌دهند. Kumar et al (2021) نشان دادند که ارزیابی زمین برای کشاورزی پایدار در گروه استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی است و نتیجه پژوهش از تعیین پهنه‌های مطلوب و اعتبارسنجی آن با وضع موجود اشاره دارد. Kazemi et al (2013) نشان دادند که مدل AHP روش مطلوبی برای تعیین پهنه‌های مناسب کشت کلزا بوده و بر اساس این روش بیش از ۳۹ درصد منطقه برای کشت کلز مستعد است. Roshanali & Sobhani (2017) نشان دادند که اراضی منطقه مورد مطالعه براساس پتانسیل اقلیمی و محیطی دارای ۱۵/۳ درصد اراضی بدون محدودیت، ۲۸/۲ درصد اراضی با محدودیت کم، ۴۸/۲ درصد اراضی با محدودیت متوسط و ۸/۳ درصد اراضی با محدودیت زیاد است و روش تصمیم‌گیری چند معیاره بخوبی این موضوع را نشان داده است. Moradi et al (2019) نتیجه گرفتند که مناطق مناسب برای کشت کلزا بیشتر در نواحی کوهستانی و مشرف به دشت‌های منطقه نیمروز و زاهدان می‌باشد و روش AHP بخوبی این مطلب را نشان داده است. Sobhani & Nasiri (2022) نتیجه گرفتند روش ANP، برای کشت کلزا ۳۸/۳۳ درصد اراضی را بدون محدودیت، ۱۰/۰۲ درصد اراضی با محدودیت کم، ۳۳/۹۶ درصد اراضی با محدودیت متوسط، ۱۷/۷۱ درصد اراضی با محدودیت زیاد را مشخص نموده است.

با توجه به توسعه روش‌های نوین پتانسیل‌سنجی محیطی مبتنی بر داده‌های مکانی و سنجش از دور، و همچنین اهمیت توان‌سنجی محیطی در راستای توسعه پایدار کشاورزی، ضرورت انجام این پژوهش آشکار می‌شود. منطقه مورد مطالعه، شهرستان ایزه در استان خوزستان است. کشاورزی در این منطقه عمدتاً بر اساس

ارزیابی تناسب زمین یک پیش‌نیاز برای حفظ و نگهداری بهره‌وری زمین و بهبود کاربری و سیستم‌های مدیریت زمین است (Budak et al, 2024: 54). بدون توجه به توان‌های محیطی هر منطقه، پتانسیل‌های زیادی از لحاظ کشاورزی از دسترس انسان خارج می‌شود. شرایط اقلیمی و طبیعی از عوامل مهم تولید و تعیین‌کننده محصول هستند و بهره‌برداری از زمین بر اساس کیفیت این عوامل استوار است (Alijani & Dostan, 2005: 14). شناسایی پتانسیل‌های مناطق راهی بسوی استفاده کمتر از منابع شیمیایی در کشت گیاهان نیز محسوب می‌شود، که بحث توسعه کشاورزی ارگانیک را به مطرح می‌کند (Abdo et al, 2024: 7). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی جهان است که کشت آن به ویژه در مناطق معتدله روبه افزایش است و نقش قابل توجهی در تامین روغن‌های خوراکی انسان دارد (Kc et al, 2020: 2-3). کلزا گیاهی است، از خانواده براسیکا و دو فرآورده حاصل از دانه کلزا، روغن و کنجاله می‌باشد (Asgari, H., Moradi Dalini, 2006: 42). شیب کمتر برای کشت این محصول مناسب‌تر است؛ زیرا شیب کم ذخیره رطوبتی خاک را افزایش می‌دهد. در هنگام بارندگی علاوه بر اینکه آب کمی در زمین نفوذ می‌کند، آب‌های جاری مواد غذایی زمین را شسته و از منطقه خارج می‌کند (Farajzadeh & Teklo Begash, 2004: 97). همچنین از لحاظ خاک زمین‌های هوموسی با مواد غذایی کافی و تامین‌آهک و نیز زمین‌های سطحی به دلیل اینکه نمی‌تواند آب مورد نیاز گیاه را تامین کند مناسب نیستند (Hejazi, 1999: 57-60). مناسب‌ترین اراضی برای رشد کلزا خاک‌هایی با PH حدود ۶/۵ می‌باشد (Liyange et al, 2022: 802). کلزا در شرایط ایستایی، سیلابی، زهکشی ضعیف و PH پایین‌تر از ۵/۵ نباید کشت شود. کلزا در تناوب هر محصولی که اجازه تهیه بستر مناسب بذر را داده و از توسعه عوامل بیماری‌زایی خاکساز جلودگیری کند رشد می‌نماید (Afshari, 2008: 124). بنابراین می‌توان اینگونه گفت که کشت کلزا از لحاظ معیارهای محیطی شرایط مخصوص به خود را می‌طلبد و کاشت، داشت و برداشت آن مکان و زمان ویژه خود را دارد. بنابراین بررسی کشت کلزا بر اساس معیارهای محیطی و با استفاده از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری مکانی و GIS می‌تواند برای انتخاب پهنه‌های مختلف بر اساس میزان قابلیت موثر باشد. در واقع تلفیق GIS و کشاورزی می‌تواند به پایداری این بخش کمک نماید (Raihan, 2024: 9).

موجود از لحاظ عوامل مورد بررسی، معیارها اولویت‌بندی گردیده و با توجه به مدل AHP اقدام به ارزش‌گذاری معیارها و گزینه‌ها گردید، که براساس آن به هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل داده‌ها در گزینه Weighted Sum Overlay، در محیط ARC GIS و نرم افزار Expert Choice^۲ پرداخته شد. لایه‌های مورد استفاده شده در این تحلیل عبارت‌اند از لایه زمین‌شناسی، خاک، فرسایش، مدل ارتفاعی، شیب، پوشش گیاهی و نوع کاربری. در مدل AHP معیارها در نظام سلسله‌مراتبی قرار گرفته و به صورت زوجی مقایسه شده و به هر یک وزنی خاص در مقیاس ۱ تا ۹ داده می‌شود. برای هر کدام از لایه‌ها مراحل مختلف وزن‌دهی در نرم افزار Expert Choice انجام گرفت، بگونه‌ای که وزن‌های نهایی معیارها و گزینه‌ها بدست آمد و این وزن‌ها در مرحله بعد در محیط GIS در هر یک از لایه‌ها اعمال شده و نقشه نهایی استخراج گردید. ذکر این نکته مهم می‌باشد که تمامی ارزش‌گذاری‌ها براساس نظر کارشناسان مرتبط به موضوع انجام شده است. نقشه نهایی در ۵ طبقه بدون محدودیت، محدودیت کم، محدودیت متوسط، محدودیت نسبتاً شدید و محدودیت شدید طبقه‌بندی شد. همچنین در مدل وزن‌دهی (IO) نیز به عوارض مختلف و کلاس‌های متفاوت موجود وزن‌های مختلف داده شده و ترکیبات انعطاف‌پذیری از نقشه‌ها بدست می‌آید، که دامنه‌ای از اعداد را در بر می‌گیرد. بدین صورت که پس از اعمال وزن‌های مختلف بر روی کلاس‌های درونی هر لایه، سپس تمامی لایه‌ها با هم همپوشانی می‌شوند. این همپوشانی از طریق توابع مختلف در محیط GIS می‌تواند صورت بگیرد.

های زاگرس با ارتفاع ۷۶۷ متری از سطح دریا و مساحت ۳۷۹/۳۹ کیلومتر مربع قرار دارد. این منطقه در دامنه‌های غربی زاگرس واقع شده که دارای ارتفاعات و کوه‌های زیادی از جمله منگشت و سفیدکوه است. وجود چنین شرایطی در کنار آبراهه‌های زیاد در این منطقه از نشانه‌های مهم کوهستانی بودن این منطقه محسوب می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی و محیطی که این منطقه دارد می‌تواند برای کشت انواع محصولات مطلوب و برای جامعه

تجربه کشاورزان انجام می‌شود و تاکنون استعدادهای و توان واقعی محیطی آن به‌طور جامع مورد بررسی قرار نگرفته است. حتی در صورت انجام مطالعات پیشین، این پژوهش‌ها عمدتاً به صورت پراکنده و غیرنظام‌مند بوده‌اند.

با توجه به تنوع شرایط محیطی در منطقه، به نظر می‌رسد ظرفیت‌های بالقوه‌ای برای بهبود کشاورزی و افزایش درآمد وجود دارد. این پژوهش با هدف شناسایی توان‌های محیطی شهرستان ایذه، به ارزیابی قابلیت‌های این منطقه برای کشت کلزا پرداخته است. بنابراین، تمرکز بر استعدادهای مختلف محیطی امری ضروری است؛ زیرا استفاده نادرست از زمین می‌تواند منابع طبیعی منطقه را در معرض خطر قرار دهد. کلزا یکی از محصولات کشاورزی مهم است که به شرایط خاص محیطی وابسته است. از این‌رو، در این پژوهش تلاش شده است تا با بهره‌گیری از معیارهای محیطی نظیر خاک، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، فرسایش و سایر عوامل تأثیرگذار، پهنه‌های مستعد کشت کلزا شناسایی شوند. به این منظور، از مدل‌های تصمیم‌گیری مکانی در محیط GIS شامل فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و مدل وزن‌دهی (IO) استفاده شده است. در نهایت، منطقه مورد مطالعه از نظر برنامه‌ریزی آمایشی و فضایی با استفاده از این دو روش ارزیابی و مقایسه شده است تا مناسب‌ترین پهنه‌ها برای کشت کلزا تعیین شوند.

۲. روش تحقیق

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و توسعه‌ای، و به لحاظ ماهیت و روش توصیفی - تحلیلی و ژرفانگر می‌باشد. به منظور پهنه‌بندی منطقه ایذه به لحاظ نواحی مستعد کشت کلزا با روش AHP ابتدا لایه‌های مورد نظر رقومی شد. سپس بر اساس شرایط

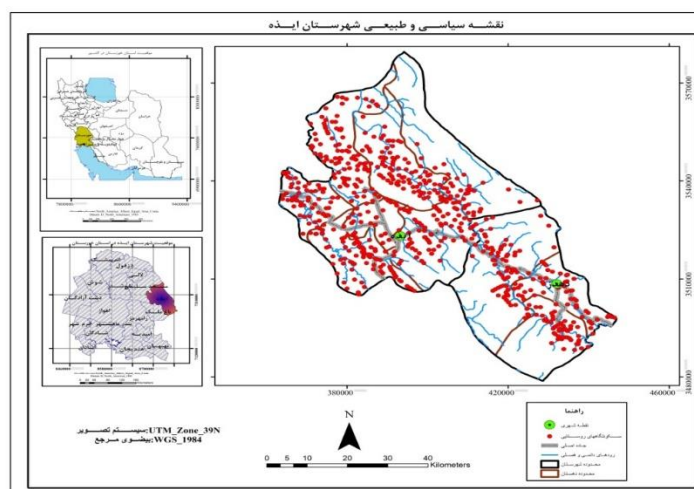
۱. معرفی محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه یعنی شهرستان ایذه در استان خوزستان، در ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و ۲۲ ثانیه پهنای شمالی و ۴۹ درجه و ۵۲ دقیقه و ۱۶ ثانیه درازای خاوری نسبت به گرینویچ واقع شده است. این منطقه از لحاظ جغرافیایی، جز مناطق کوهستانی و در دامنه کوه

^۲ - نرم افزار طراحی شده توسط ال-ساعتی جهت مقایسه زوجی

^۱ - منظور از معیارهای محیطی در اینجا، معیارهایی غیر از شرایط اقلیمی می‌باشد. یعنی اینکه عواملی مانند دما، بارش و... در این موضوع مدنظر قرار نگرفته‌اند و شرایط و عوامل سطح زمین مدنظر می‌باشند.

کشاورز و مشاغل وابسته به آن مفید و موثر واقع شود. بطور کلی تعداد کشاورزان بر اساس آمار موجود ۱۷۵۰۰ نفر می‌باشد که در سال ۱۳۸۷ در حدود ۵۲۸ نفر اشتغال‌زایی شده است. همچنین اراضی قابل کشت ۵۴۳۴۲ هکتار می‌باشد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

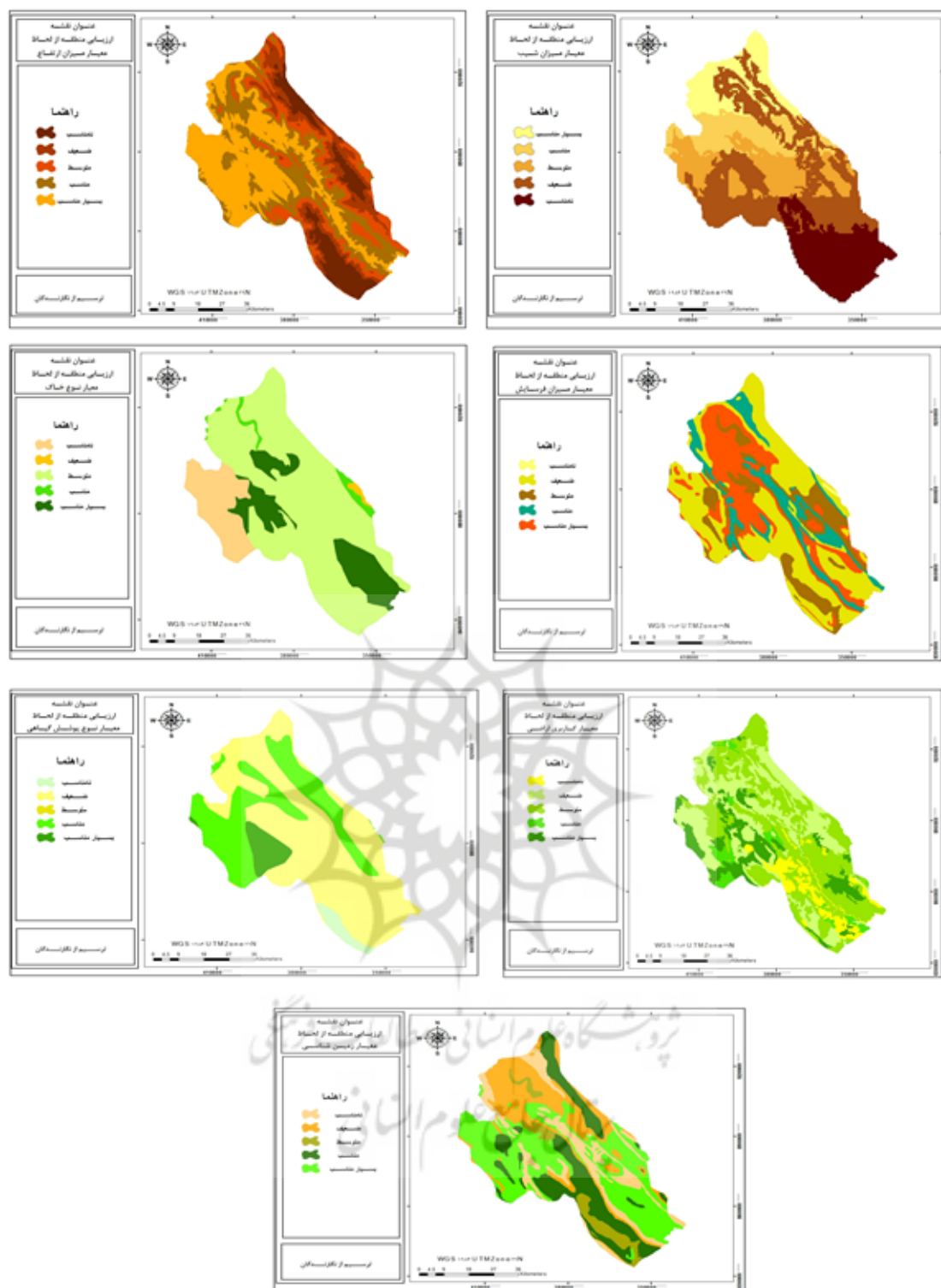
منبع: بازترسیم بر اساس داده‌های سازمان نقشه‌برداری، ۱۴۰۳

۳. یافته‌های پژوهش

تهیه نقشه‌های پایه و اعمال وزن روی طبقات آن‌ها

در ابتدا ارزش‌گذاری و مقایسه زوجی درون هر یک از هفت معیار ذکرشده، بر اساس اطلاعات و طبقات موجود در آنان صورت گرفته و ارزش هریک از طبقات مشخص گردید. بگونه‌ای که طبقاتی که دارای وضعیت بهتری از لحاظ کشت کلزا می‌باشند ارزش بیشتر و طبقات با اهمیت پایین‌تر، ارزش

کمتری را کسب نمودند. در این مرحله، ابتدا نقشه مربوط به معیار تهیه شد. سپس با استفاده از نظر کارشناسان، طبقات (اطلاعات) آن‌ها مورد مقایسه زوجی قرار گرفته و اهمیت آن‌ها مشخص شد. در حقیقت طبقات پراهمیت و کم اهمیت برای کشت کلزا مشخص شد. در ادامه وزن‌های به دست آمده، روی هر یک از نقشه‌ها اعمال و نقشه وزندهی شده مربوط به هر معیار محیطی تهیه شد. نقشه‌های استخراج شده بر اساس ارزش‌گذاری، در ادامه نشان داده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲. نقشه‌ها به ترتیب از راست به چپ: مدل ارتفاعی-میزان شیب-میزان فرسایش-وضعیت خاک-کاربری اراضی-پوشش گیاهی زمین-خصوصیات زمین‌شناسی

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها

هفت معیار مورد بررسی انجام گرفت. توضیح اینکه بر اساس نظر کارشناسان، همانند ارزش‌گذاری بین گزینه‌ها هر معیار، در این مرحله نیز ارزش‌گذاری بین هفت معیار انجام می‌گیرد.

پس از انجام ارزش‌گذاری درون هر یک از معیارها (مقایسه زوجی بین طبقات هر لایه)، در این مرحله مقایسه زوجی بین

این محاسبه در ماتریس مقایسه زوجی ۷*۷ انجام می‌شود و معیارها نسبت به همدیگر مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. جدول (۱) نحوه مقایسه زوجی معیارهای محیطی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. ماتریس مقایسه زوجی بین معیارها

معیار	خاک	کاربری اراضی	زمین شناسی	پوشش	میزان شیب	میزان	میزان ارتفاع
خاک	۱	۶	۷	۸	۶	۶	۷
کاربری اراضی	۰/۱۷	۱	۵	۴	۵	۴	۵
زمین شناسی	۰/۱۴	۰/۲	۱	۲	۴	۳	۳
پوشش گیاهی	۰/۱۲	۰/۲۵	۰/۵	۱	۵	۴	۴
میزان شیب	۰/۱۷	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲	۱	۵	۴
میزان فرسایش	۰/۱۷	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۲	۱	۳
میزان ارتفاع	۰/۱۴	۰/۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۳۳	۱
جمع	۱/۹۱	۸/۱	۱۴/۴۱	۱۵/۷۸	۲۱/۴۵	۲۳/۳۳	۲۷

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

محاسبه وزن نسبی معیارها

مرحله بعدی، محاسبه وزن معیارها است. در این مرحله محاسبه وزن معیارهای پژوهش انجام شده است، تا از این طریق وزن نهایی هر کدام از معیارها بدست آید. برای محاسبه وزن معیارها، ابتدا اعداد متعلق به هر ستون با یکدیگر جمع شده، سپس هر عضو ماتریس به جمع عوامل تقسیم می‌شود که حاصل آن

وجود آمدن اعداد به صورت نرمال شده می‌باشد. در انتها هر معیار بصورت سطری جمع آن ذکر شده است که مجموع آن-ها ۶/۷۷ می‌باشد. ذکر این نکته مهم است که جمع ستونی هر کدام از معیارها باید ۱ شود که به همین صورت نیز می‌باشد. این مرحله در جدول شماره (۲) گنجانده شده است.

جدول ۲. ماتریس وزن نسبی معیارها

معیار	خاک	کاربری اراضی	زمین شناسی	پوشش گیاهی	میزان شیب	میزان فرسایش	میزان ارتفاع	جمع سطری
خاک	۰/۵۲	۰/۷۴	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۵	۳/۰۱
کاربری اراضی	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۸	۱/۳۷
زمین شناسی	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۶۸
پوشش گیاهی	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۴	۰/۷۲
میزان شیب	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۵۱
میزان فرسایش	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۳۰۹
میزان ارتفاع	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۷۵
جمع	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۶/۷۷

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

وزن نهایی معیارها

برای اینکه ارزش و تاثیر گذاری هر معیار نسبت به دیگر معیارها در مورد کشت کلزا در منطقه مورد مطالعه مشخص گردد، باید وزن نهایی هر معیار که از مجموع عدد ۱ م‌شد محاسبه گردد. برای این مرحله میانگین سطری معیارها محاسبه شده، و جمع هر کدام از معیارها بر عدد ۷، که تعداد آن‌ها می‌باشد

تقسیم شده است. در نهایت عدد حاصله، ارزش و در واقع رتبه تاثیر گذاری هر معیار را در کشت محصول مورد نظر مشخص می‌نماید. براساس ارزش محاسبه شده، معیار خاک با ارزش ۰/۴۷ دارای بیشترین اهمیت و معیار ارتفاع با ارزش ۰/۰۲ دارای کمترین اهمیت و تاثیر گذاری در بین هفت معیار محیطی مورد بررسی برای کشت کلزا در منطقه بوده است.

دیگر پارامترها از اهمیت بیشتر تا کمتر به ترتیب معیار کاربری اراضی (۰/۱۹)، پوشش گیاهی (۰/۱۰)، زمین شناسی (۰/۰۹)، اولویت بندی می شوند. میزان شیب (۰/۰۷)، میزان فرسایش (۰/۰۴) و ارتفاع (۰/۰۲)

جدول ۳. وزن نهایی معیارها (اولویت بندی و تاثیر گذاری معیارها بر اساس رتبه)

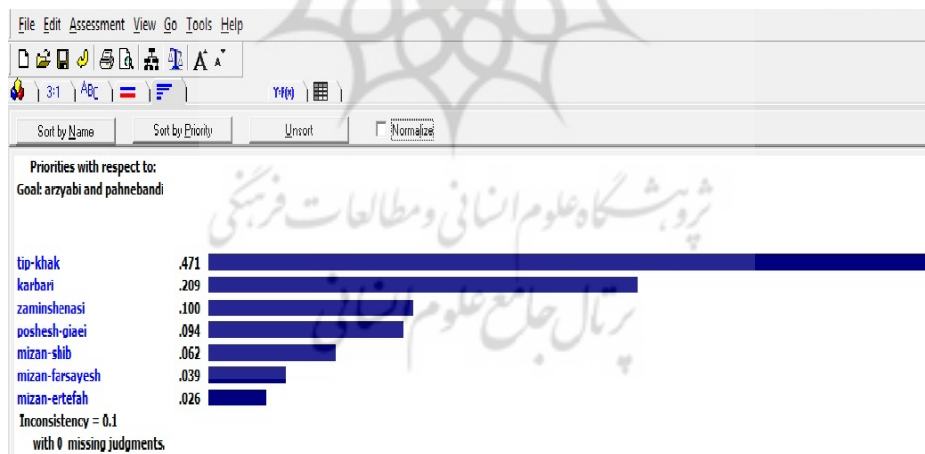
معیار	خاک	کاربری اراضی	پوشش گیاهی	زمین شناسی	میزان شیب	میزان فرسایش	میزان ارتفاع
وزن نهایی	۰/۴۷	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۲
رتبه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

ها نیز این گونه عمل می گردد. پس از محاسبه بردار ثبات برای تکمیل، به محاسبه در ضریب دیگر با عنوان لاندا (λ) و شاخص پایداری (CI) نیاز است. ضریب (λ) به عنوان میانگین بردار پایداری است و به این صورت محاسبه می شود؛ از تقسیم شاخص سازگاری به شاخص تصادفی، ضریب سازگاری حاصل می شود. ارزش سازگاری تصادفی بر اساس تعداد معیارهای مورد مقایسه تغییر می یابد. چنانکه نسبت پایداری معیارها مساوی یا کمتر $CR < 0.1$ بوده، سطح قابل قبولی از ثبات و ارزش گذاری را در مقایسه زوجی نشان می دهد (شکل ۳).

بررسی سازگاری در ارزش گذاری ها

بررسی سازگاری در ارزش گذاری معیارها، قبل از بکارگیری وزن نهایی بدست آمده در نقشه ها، نیز یک ضرورت اساسی است. در این قسمت که با عنوان مرحله اول در نظر گرفته می شود، برای هر یک از معیارها با تعیین بردار مجموع وزن دار با ضرب کردن وزن نسبی در اولین معیار به اولین ستون آرایه، مقایسه زوجی اصلی محاسبه می شود. سپس ستون وزن نسبی معیار دوم در ستون دوم و الی آخر و سرانجام در مرحله دوم، مجموع مرحله اول در هر ردیف تقسیم بر عددی می شود که در همان ردیف ضریب عدد ۱ می باشد. برای هر یک از گزینه



شکل ۳. بررسی سازگاری مقایسه معیارها بر اساس نرم افزار Expert Choice

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

در این بخش برای اینکه میزان صحت نتایج بدست آمده حاصل از تحلیل ها و وزن های داده شده به معیارها مشخص گردد، از ضریب کاپا^۱ برای این موضوع استفاده شده است. ضریب کاپا چگونگی وضعیت دو متغیر دوتایی توسط دو

آنالیز صحت و توافق نتایج از طریق ضریب کاپا

^۱ - Cohen's Kappa Value

توزیع نیز محاسبه می‌شود (با ضرب و تقسیم) و در حقیقت اینجا با این کار داریم که اگر توزیع شانس بود چه مقادیری را انتظار (Expect) داشتیم (P_E). در آخر هم این مقادیر از هم کم می‌شود.

مقدار Kappa می‌تواند در نهایت یک باشد که دلیل یک توافق کامل بین مقادیر دو متغیر است که این توافق شانس نیست. از طرفی این مقدار صفر و یا حتی منفی هم می‌تواند باشد. صفر بودنش به این معنی است که احتمال تصادفی بودن این توافق‌ها با احتمال غیر تصادفی بودنشان برابر است و زیر صفر بودنش دلیل این است که این توافق بیشتر احتمال دارد که بخاطر شانس باشد. در برنامه‌های آماری برای هر مورد محاسبه کاپا یک p value هم ذکر می‌شود. لازم است که این p value معنی‌دار باشد در غیر اینصورت مقدار شاخص کاپا هر مقدار هم که باشد باز ارزشی ندارد. معنی‌دار شدن یا نشدن این p value هم بیش از هر چیزی به حجم نمونه مطالعه بستگی دارد که انحراف معیار شاخص کاپا را تعیین می‌کند. در تفسیر عدد کاپا باید توجه داشت که بیشترین مقدار آن ۱ است. مقادیر از ۰/۸ تا ۱ را به عنوان توافق یا سازگاری عالی و مقادیر بین ۰/۶ تا ۰/۸ را توافق قابل قبول و ۰/۴ تا ۰/۶ را متوسط می‌دانیم و زیر ۰/۴ عملاً بی‌ارزش است. توجه کنید که این‌ها به شرط معنی‌دار بودن p -value است.

نتایج بدست آمده در زمینه محاسبه ضریب کاپا در جدول (۴) بیان شده است که برای محاسبه آن از نقشه پهنه‌بندی نهایی و نقاط تصادفی برداشت شده در نرم افزار گوگل ارث استفاده شده است. به این ترتیب که میزان تطبیق ۵ کلاسه موجود در نقشه نهایی که دارای وزن می‌باشد با نقاط برداشت شده مقایسه گردیده و سپس میزان سازگاری این دو متغیر مشخص گردید. ذکر این نکته مهم است که برای محاسبه این ضریب از نرم افزار SPSS که یک نرم‌افزار غیر مکانی است، استفاده شده است. همانطور که در جدول مشاهده می‌شود بر اساس مقایسه نقشه نهایی و نقاط برداشت شده، میزان سازگاری ۰/۶۷ می‌باشد و این یعنی قرار گیری بین طبقه ۰/۶ تا ۰/۸ است، که میزان سازگاری آن قابل قبول و مناسب می‌باشد.

شخص برای اندازه‌گیری یک معیار که بکار رفته را نشان دهد. در پژوهش حاضر باید داده‌های دنیای واقعی با نتایج بدست آمده (نقشه‌ها) مقایسه گردد. با توجه به این که پژوهش مورد مطالعه در محدوده شهرستان انجام گرفته و اطلاعات کافی نیز در مورد پهنه بندی کشت کلزا در منطقه موجود نمی‌باشد؛ لذا برای انجام این بخش مشکلات زیادی وجود داشته است، این در حالی است که برای انجام ارزیابی و مشخص کردن درستی نتایج در این مطالعه الزاماً باید داده‌های مبنایی را در اختیار داشته باشیم. بنابراین در این پژوهش ۴۸ نقطه که برگرفته از نرم افزار google earth بوده، داده‌های مبنایی را تشکیل می‌دهد. نقاط بصورت تصادفی در کاربری‌های مختلف اعم از کشاورزی، اراضی بایر، تپه‌ها، شوره‌زارها و... برداشت شده است، که برای وزن‌دهی یا طبقه‌بندی این نقاط از نظر کارشناسان، وضعیت کنونی کشت کلزا و همچنین آشنایی نگارنده با منطقه مورد مطالعه استفاده شده است.

همانطور که گفته شده از ضریب کاپا به عنوان یک شاخص سازگار بین دو متغیر استفاده می‌شود، که چگونگی این سازگاری را در زمینه یک معیار نشان می‌دهد. برای محاسبه کاپا که کوهن نیز نامیده می‌شود ابتدا نیاز به محاسبه میزان سازگاری مشاهده شده می‌باشد.

$$p_e = k = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e} \quad \text{فرمول (۱)}$$

صورت کسر $p_0 = p_{11} + p_{22}$ نشانگر اختلاف بین احتمال موفقیت مشاهده شده و احتمال موفقیت تحت شرایط بدترین حالت ممکن می‌باشد. مقدار ماکزیمم کاپا زمانی اتفاق می‌افتد که میزان سازگاری مشاهده شده کاهش یابد و صورت کسر هم کاهش می‌یابد. کاپا گاهی اوقات ممکن است منفی نیز باشد که این حالت به ندرت اتفاق می‌افتد. در چنین حالتی بایستی مقدار کاپا طوری تفسیر شود که هیچ گونه سازگاری موثری بین دو تخمین وجود نداشته باشد. فرمول ضریب کاپا به این صورت است که در درجه اول مجموع تعداد خانه‌های قطر جدول به تعداد کل نمونه‌ها تقسیم می‌شود و به اصطلاح بر روی مقادیر موجود (observe) کار می‌شود (P_o). سپس احتمال شانس بودن این

جدول ۴. میزان صحت و توافق نتایج بدست آمده از طریق محاسبه ضریب کاپا

میزان سازگاری	حدود توافق مقایسه بین دو ارزش مورد نظر	میزان خطا انحراف معیار بین دو ارزش مورد نظر	میزان ارزش	نوع محاسبه
۰/۶۷۱	۵/۱۷۰	۰/۰۸۷	۰/۳۷۱	اندازه گیری میزان توافق کاپا
			۴۸	تعداد نقاط انتخاب شده

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

نتایج بر اساس الگوریتم همپوشانی weighted sum

در این مرحله وزن‌های نهایی بدست آمده برای هر معیار، به وسیله تابع weighted sum بر روی هر معیار اعمال و به همراه ارزش‌گذاری‌های درونی آن‌ها، عمل همپوشانی لایه‌ها انجام گرفت. نتیجه این عملیات در نهایت استخراج نقشه نهایی پژوهش می‌باشد که در آن پهنه‌های کشت کلز از بسیار مناسب تا نامناسب در منطقه مشخص شد. نقشه نهایی و تحلیل نتایج آن در ادامه ارائه شده است.

ارزیابی پهنه اول: این طبقه که بسیار مناسب برای کشت کلزا می‌باشد. با رنگ سبز تیره در قسمت مرکزی منطقه یعنی دشت ایذه و حواشی شهر ایذه، شمال و همچنین قسمت جنوب شرقی شهرستان واقع شده است. این پهنه از کل مساحت شهرستان (۳۷۳۴۵۶/۹ هکتار)، مساحتی برابر با ۲۹۰۱۸/۵۵ معادل ۷/۷ درصد را در بر می‌گیرد، که برای کشت کلزا بسیار مناسب و دارای قابلیت مساعدی بر اساس پارامترهای بکارگرفته شده و مورد نیاز برای کشت کلزا است. نکته دیگر اینکه بر اساس نقشه نهایی تراکم روستاهای شهرستان در این پهنه نیز خود گواهی بر شرایط مناسب کشاورزی است. علاوه بر این دسترسی سکونتگاه‌های انسانی در مجاورت جاده ارتباطی اصلی در این پهنه، نیز می‌تواند در اقتصادی بودن این محصول و بازار مناسب آن برای مردم منطقه موثر باشد.

پهنه دوم: این پهنه سرزمینی مساحتی برابر با ۴۰۴۶۱/۱۹۱ هکتار را به خود اختصاص داده است. این پهنه از لحاظ درصدی پهنه ای معادل ۱۰/۸ درصد می‌باشد، که بعد از طبقه قبلی دارای شرایط مناسبی برای کشت کلزا است. این ناحیه در نقشه با رنگ سبز روشن در مجاورت پهنه اول، در قسمت

مرکزی منطقه یعنی دشت ایذه و حواشی شهر ایذه، شمال و همچنین قسمت جنوب شرقی شهرستان مشخص شده است. این طبقه نسبت به طبقه قبلی از شرایط لازم برای کشت کلزا کمی دورتر شده است؛ چرا که عوامل مساعدتر در پهنه اول قرار داشته است و این عوامل در پهنه دوم کمی کاهش پیدا کرده اند. در این گروه نیز تراکم نواحی روستایی به وضوح و کامل قابل مشاهده است که نشانگر محیط مساعد می‌باشد. همچنین در این پهنه دسترسی به جاده ارتباطی عامل مهم دیگری است که نباید نادیده گرفته شود.

طبقه سوم: پهنه سوم منطقه که دارای پتانسیل و قابلیت متوسط برای کشت کلزا می‌باشد، مساحتی حدود ۸۵۱۵۲/۴۲ هکتار از مساحت منطقه را در بر گرفته است که تقریباً ۲۲/۸ درصد مساحت منطقه است. پراکنش فضایی این اراضی نشان می‌دهد که بخش اعظم آن‌ها در مناطق کوهپایه‌ها با فرسایش متوسط به بالا، شیب نامساعد، پوشش سنگلاخی قرار گرفته است. نواحی موجود در این طبقه با رنگ متمایل به خاکی در قسمت‌های مختلف شمالی، شرقی و جنوب شرقی پراکنده شده است. در این طبقه از لحاظ عوامل هفت گانه شرایط نامساعدتر می‌شود. چنانکه بعضی از پهنه‌ها، خالی از سکونتگاه انسانی می‌باشد که دسترسی انسانی به این پهنه با توجه به کوهستانی بودن منطقه، در این موضوع تاثیرگذار می‌باشد. با برنامه‌ریزی بهتر می‌توان بخش اعظمی از این پهنه را به پهنه مناسب تبدیل کرد.

طبقه چهارم: گروه یا طبقه چهارم نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه، طبقه نامناسب برای کشت کلزا می‌باشد. این پهنه با وجود وضعیت اقلیمی مناسب، اما در اراضی با شیب تند،

پوشش با جنگل‌های متراکم بلوط، افزایش ارتفاع، نبود خاک و اراضی متراکم متناسب برای کشت کلزا مطابق با شرایط مورد نیاز و... قرار دارد. از این رو امتیازدهی در نقشه‌های مختلف برای این منطقه معمولاً کمترین امتیازات بوده است. کل مساحت این پهنه یا طبقه ۱۴۷۶۰۱/۰۰ هکتار یعنی ۳۹/۵ درصد به صورت پراکنده است. همچنین این پهنه دارای شرایط کوهستانی نیز می‌باشد که دسترسی به بعضی از قسمت‌های آن برای کشت، نیازمند صرف منابع مالی و اقتصادی زیادی است.

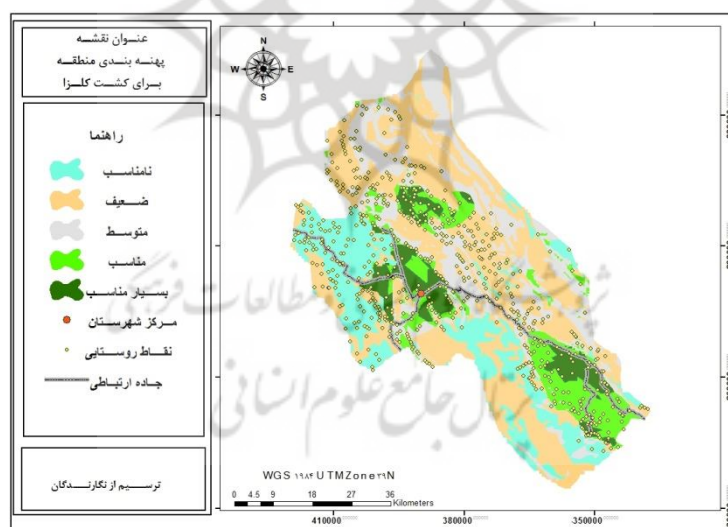
طبقه پنجم: طبقه آخر تقسیم‌بندی نقشه نهایی پژوهش، پهنه بسیار نامناسب شهرستان ایزه برای کشت کلزا می‌باشد. از

لحاظ مدل ارتفاعی دارای کوه‌ها با ارتفاع زیاد، شیب تند، پوشش صخره‌ای، اراضی ناهموار و تپه‌ای، فرسایش با کلاسه بندی بالای ۲۰ درصد و... می‌باشد. این پهنه با مساحت ۷۱۲۲۳/۷۵ هکتار یعنی ۱۹/۰۷ درصد از کل مساحت شهرستان است. در این ناحیه پراکندگی و کاهش نواحی سکونتگاهی در بعضی از مناطق مشاهد می‌شود. در نقشه ارائه شده این ناحیه با رنگ آبی روشن در قسمت‌های غرب و جنوب غرب شهرستان ایزه مکان‌یابی شده است. جدول شماره (۵) وضعیت نواحی مستعد برای کشت کلزا در شهرستان ایزه را در ۵ کلاس نشان می‌دهد

جدول ۵. وضعیت پهنه‌ها در شهرستان ایزه برای کشت کلزا بر اساس روش AHP

پهنه	بسیار مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب	بسیار نامناسب
مساحت (هکتار)	۲۹۰۱۸/۵۵	۴۰۴۶۱/۱۹	۸۵۱۵۲/۴۲	۱۴۷۶۰۱/۰۰	۷۱۲۲۳/۷۵
مساحت به درصد	۷/۷	۱۰/۸	۲۲/۸	۳۹/۵	۱۹/۰۷

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳



شکل ۴. پهنه‌بندی کشت کلزا بر اساس معیارهای محیطی در شهرستان ایزه بر اساس مدل تصمیم‌گیری مکانی (AHP)

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

در یک بازه مشخص، تعیین می‌شوند. در روش اول نقشه‌های ورودی فاکتورها، همانند روش بولین بصورت باینری هستند. در این روش هر نقشه فاکتور یک عامل وزنی منفرد دارد و برای ترکیب با نقشه‌های دیگر، فقط در عامل وزنی خودش ضرب می‌شود. اهمیت کلاس‌های مختلف موجود در یک نقشه فاکتور، در روش اول یکسان در نظر گرفته می‌شود.

نتایج مدل وزن‌دهی (IO)

انجام مدل همپوشانی شاخص به دو روش امکان‌پذیر است. در هر دو روش ابتدا به تمامی فاکتورهای مؤثر، بر اساس اهمیت نسبی و با توجه به نظرات کارشناسی، وزنی اختصاص داده می‌شود. این وزن‌ها بصورت اعداد صحیح مثبت یا اعداد حقیقی

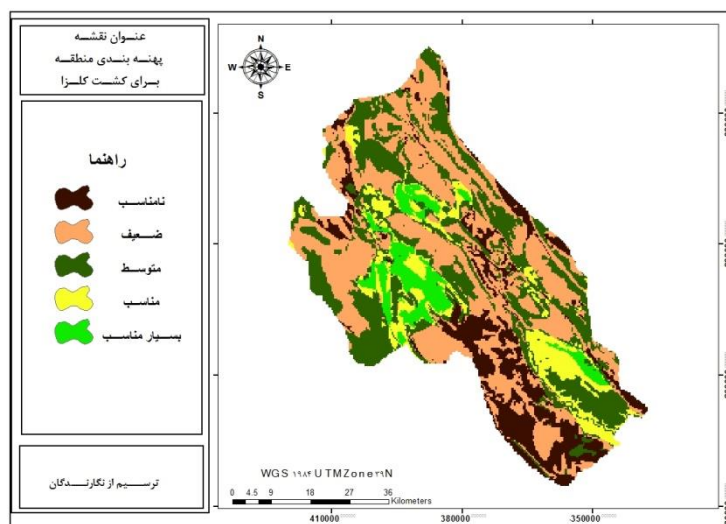
روش دوم انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به روش اول دارد. در این روش علاوه بر اینکه به هر یک از نقشه‌های ورودی وزنی اختصاص می‌یابد، به هر یک از کلاس‌ها و واحدهای مکانی موجود در هر نقشه فاکتور نیز، بر اساس اهمیت نسبی و نظرات کارشناسی وزنی اختصاص داده می‌شود. به عبارتی طبقات مختلف در یک نقشه واحد، دارای وزن‌های متفاوت هستند. در این مدل نیز تمامی هفت لایه مورد بررسی، بعد از آماده و استانداردسازی، توسط کارشناسان مرتبط با موضوع ارزش‌گذاری گردیدند. توضیح اینکه عمل ارزش‌گذاری لایه‌های کمی مانند ارتفاع و درصد شیب از طریق تابع Reclassify انجام گرفت. دیگر لایه‌ها یعنی خاک، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و درصد فرسایش از طریق ایجاد فیلد جدید اطلاعاتی در بانک داده آنان، و سپس تبدیل به لایه رستری بر اساس ارزش‌گذاری اعمال شده بر روی آن‌ها، به یک لایه اطلاعاتی کمی و وزن‌دهی شده تبدیل گردید. در واقع مطابق عمل وزن‌دهی در مدل (IO)، درون هر لایه ارزش‌گذاری طبقات نسبت به همدیگر انجام گرفت. در نهایت عمل همپوشانی بر روی هفت معیار صورت گرفت. در ادامه با توجه

به شرح مراحل مختلف مدل وزن‌دهی درون لایه‌ها، فقط به ارائه نتیجه در قالب نقشه نهایی اکتفا می‌شود. در این مدل ۶/۳ درصد از منطقه برای کشت کلزا دارای شرایط مناسبی می‌باشد. که تقریباً با معادل آن در روش AHP یعنی ۷/۷ درصد برابری می‌کند. همچنین بیش از ۳۷۴۵۶/۳۶ هکتار از منطقه بر اساس این روش دارای وضعیت مناسبی است. ۱۱۰۷۵۴/۳۴ هکتار از مساحت شهرستان ایزه برای کشت کلزا دارای شرایط متوسطی می‌باشد. این پهنه‌ها معمولاً دارای خاک با محدودیت، شیب متوسط به بالا، ارتفاع متوسط و... می‌باشد. همچنین بیش از ۱۴۵۳۰۸/۱۷ هکتار از منطقه دارای وضعیت ضعیف (نامناسب) و ۵۶۴۰۵/۲۶ هکتار معادل ۱۵/۱ درصد نیز دارای شرایط بسیار نامناسبی برای کشت کلزا هستند. بر اساس این روش ۱۶ درصد از منطقه دارای شرایط مناسب، ۲۹/۶ درصد شرایط متوسط و بیش از ۵۴ درصد از منطقه نیز دارای وضعیت نامناسب برای کشت کلزا بوده است. ذکر این نکته مهم است که از لحاظ مقایسه پهنه‌ها، تقریباً پنج پهنه در دو نقشه دارای وضعیت همپوشانی هستند و در مکان‌های مشترک با کمی کاهش و افزایش مساحت مشخص شده‌اند.

جدول ۶. وضعیت پهنه‌ها در شهرستان ایزه برای کشت کلزا بر اساس روش IO

پهنه	بسیار مناسب	مناسب	متوسط	نامناسب	بسیار نامناسب
مساحت (هکتار)	۲۳۶۰۴/۴۰	۳۷۴۵۶/۳۶	۱۱۰۷۵۴/۳۴	۱۴۵۳۰۸/۱۷	۵۶۴۰۵/۲۶
مساحت به درصد	۶/۳	۱۰/۲	۲۹/۶	۳۸/۹	۱۵/۱

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳



نقشه ۵. پهنه‌بندی کشت کلزا بر اساس معیارهای محیطی در شهرستان ایزده بر اساس مدل وزن‌دهی (IO)

منبع: نگارنده، ۱۴۰۳

۴. بحث و نتیجه‌گیری

پهنه‌بندی و به عبارت دیگر یافتن مکان‌های پهنه و مناسب جهت کشت محصولات کشاورزی، امروزه با توجه به پیشرفت‌های بشری و نیازهای آن، امری ضروری است. کشت هر محصول به یک شرایط خاص محیطی وابسته است که میزان کیفیت و کمیت عوامل لازم در هر منطقه در بکارگیری و کشت آن موثر می‌باشند. یکی از برنامه‌های امروزه در بخش کشاورزی توان‌سنجی و ارزیابی پهنه‌های سرزمینی به کمک تکنیک‌های به روز همانند، سیستم اطلاعات جغرافیایی و قابلیت‌های مربوط به آن است. در این تحقیق به کمک این سیستم و به روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی، مبتنی بر وزن و ارزش‌گذاری، هفت لایه خصوصیات خاک، کاربری اراضی، خصوصیات زمین‌شناسی، شیب، فرسایش، ارتفاع و پوش گیاهی زمین در شهرستان ایزده با هدف مشخص کردن پهنه‌های مناسب جهت کشت این محصول و ارزیابی آن انجام گرفت. در تمامی لایه‌ها ارزش‌گذاری‌ها گزینه‌ها و معیارها بر اساس نظر کارشناسان موضوع انجام گرفت. پس از ارزش‌گذاری پهنه‌های مستعد در هر معیار با توجه به خصوصیات کیفی و کمی، مشخص گردید. سپس پس از طی مراحل مختلف پایدارسازی و صحت‌نمایش همپوشانی لایه‌ها انجام گرفت و در نهایت نقشه نهایی که نشانگر مناطق مستعد و نامطلوب برای کشت کلزا می‌باشد، تعیین گردید.

تبیین و تحلیل نتایج نشان می‌دهد که بر اساس مدل AHP، از کل مساحت منطقه ۲۹۰۱۸/۵۵ هکتار یعنی ۷/۷ درصد دارای یک شرایط بسیار مناسبی، از لحاظ معیارهای هفتگانه مورد بررسی است. بگونه‌ای که به عنوان نمونه این پهنه دارای شیب کم، ارتفاع مناسب، فرسایش زیر ۵ درصد، کاربری اراضی با کشت مناسب، خاک عمیق و با بافت مناسب و... می‌باشد. در روش IO، پهنه اول ۲۳۶۰۴/۴۰ هکتار (۶/۳ درصد) از منطقه را تحت پوشش قرار می‌دهد. اختلاف این پهنه در دو نقشه در یک درصد می‌باشد. پهنه دوم در روش اول، با مساحت ۴۰۴۰۶۱/۱۹ هکتار در رتبه دوم اولویت‌بندی قرار می‌گیرد. شرایط ذکر شده در پهنه اول در این پهنه نیز وجود دارد، که البته کمی ضعیف‌تر می‌شود. ولی با این وجود برای کشت کلزا مطلوب می‌باشد. این پهنه در مجاورت پهنه دوم قرار می‌گیرد. این پهنه در روش IO، ۳۷۴۵۶/۳۶ هکتار بوده و این دو پهنه تقریباً همانند هم می‌باشند.

سه پهنه دیگر که شرایط متوسط و نامناسب و بسیار نامناسبی را دارا هستند، به ترتیب در روش AHP، ۸۵۱۵۲/۴۲ هکتار، ۱۴۷۶۰۱/۰۰ هکتار و ۷۱۲۲۳/۷۵ هکتار از مساحت منطقه را در بر می‌گیرند. شرایط محیطی بررسی شده در این سه پهنه نسبت به دو پهنه اول و دوم به ترتیب ضعیف‌تر می‌شود. این پهنه‌ها دارای خاک با عمق کم و بافت نامناسب و سنگلاخی، کاربری نامناسب، پوشش گیاهی درختی و کوهستانی، ارتفاع

دارد؛ در پژوهش حاضر پهنه‌های مستعد کشت کلز با استفاده از دو روش مدل تصمیم‌گیری مکانی (AHP) و وزن-دهی (OI) مشخص و کارایی آن‌ها با هم مقایسه شد. نتیجه از اثربخشی این مدل‌ها در تعیین پهنه‌های مستعد کشت کلز اشاره دارد و لذا نتایج پژوهش توسط تحقیقات ذکر شده تایید شد. از محدودیت‌های پژوهش نیز می‌توان به کمبود داده‌های مکانی مناسب، تغییرات شدید اقلیمی و تاثیرگذاری روی نتایج، تغییرات شدید برخی کاربری‌ها و همچنین عدم دسترسی به آمار بلندمدت اشاره نمود.

با توجه به نتایج چند پیشنهاد ارائه می‌شود. ۱- پیشنهاد می‌شود که از نقشه پیشنهاد شده در جهت کشت کلز مطابق با شرایط محیطی حاکم در هر یک از پهنه‌ها در شهرستان ایذه اقدام شود. ۲- با توجه به نتیجه پژوهش، کشت کلز در پهنه‌های پیشنهادی، یک کشت جایگزین مناسب بجای گندم و جو است. ۳- پیشنهاد می‌شود که با توجه به اهمیت دو معیار کاربری و خاک در کشت کلز بر اساس نتایج پژوهش، نسبت به تعیین حریم و محدوده برای کشت کلز بر اساس این دو معیار اقدام جدی انجام شود. ۴- پیشنهاد می‌شود که در منطقه پیرامون شهر ایذه و به عبارت دیگر دشت ایذه، به صورت نظارت شده اقدام به کشت کلز جهت تشویق کشاورزان شود.

زیاد و عدم دسترسی، شیب زیاد و نامناسب، ساختار سنگ شناسی و ساختار ضعیف جهت کشت کلز می‌باشند. در روش وزن دهی (IO)، همچنین بیش از ۳۷۴۵۶/۳۶ هکتار از منطقه بر اساس این روش دارای وضعیت مناسبی است. ۱۱۰۷۵۴/۳ هکتار از مساحت شهرستان ایذه برای کشت کلز دارای شرایط متوسطی می‌باشد که این روش تقریباً ۷ درصد، مساحت بیشتری از روش اول را شامل می‌شود. همچنین بیش از ۱۴۵۳۰۸/۱۷ هکتار از منطقه دارای وضعیت نامناسب و ۵۶۴۰۵/۲۶ هکتار نیز دارای شرایط بسیار نامناسبی برای کشت کلز می‌باشد. مقایسه روش IO با روش AHP نشان می‌دهد که در هر دو روش، پهنه مناسب شرایط کسانی داشته و در پهنه نامناسب، روش IO، ۴ درصد مساحت بیشتری را شامل می‌شود. این پهنه‌ها معمولاً دارای خاک با محدودیت، شیب متوسط به بالا، ارتفاع متوسط و... می‌باشد.

بر اساس روش AHP، ۱۸/۵ درصد از منطقه برای کشت کلز وضعیت مناسبی را دارا بوده، بگونه‌ای که توان بالایی را از لحاظ معیارهای هفت گانه تحقیق برخوردار است. این وضعیت در روش IO، ۱۶/۳ درصد می‌باشد. همچنین ۵۸/۵ درصد دارای شرایط نامطلوب و با محدودیت در معیارهای بررسی شده برای کشت کلز در منطقه مورد مطالعه بر اساس روش AHP می‌باشند. این مقدار در روش وزن‌دهی، ۵۴ درصد است. بطور کلی دو روش دارای نقاط اشتراک زیادی در ارزیابی کشت کلز در منطقه مورد مطالعه هستند. هر دو روش تقریباً نتایجی یکسانی را در میزان مساحت و موقعیت جغرافیایی پهنه‌ها، دارا هستند. ذکر این نکته مهم است که از لحاظ مقایسه پهنه‌ها، تقریباً پنج پهنه در دو نقشه دارای وضعیت همپوشانی هستند و در مکان‌های مشترک با کمی کاهش و افزایش مساحت مشخص شده‌اند. بر این اساس ارزیابی کشت کلز، به نظر می‌رسد که هر دو روش (AHP) و الگوریتم (IO)، دارای نتایج یکسانی هستند و می‌توان از هر دو روش استفاده نمود. نتایج این پژوهش در زمینه کارایی و اثربخشی مدل‌های استفاده شده شامل AHP و OI و ترکیب آن‌ها با GIS، با نتایج پژوهش‌های Tadesse & Negese (2020)، Mandal et al (2020)، Singha et al (2020)، Moradi et al (2019)، Sobhani & Nasiri (2022) همخوانی

فهرست منابع

- Abdo, H. G., Vishwakarma, D. K., Alsafadi, K., Bindajam, A. A., Mallick, J., Mallick, S. K., ... & Hysa, A. (2024). GIS-based multi-criteria decision making for delineation of potential groundwater recharge zones for sustainable resource management in the Eastern Mediterranean: A case study. *Applied Water Science*, 14(7), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su16156590>
- Afshari, H. (2008). Important diseases of rapeseed. Tehran, Agricultural Education Publication. (In Persian).
- Alijani, B., Dostan, R. (2005). Determining potential areas for barberry cultivation in South Khorasan province in GIS, *Journal of Geography and Regional Development*, 8(1), 14-33. doi.org/10.22067/geography.v5i8.4215 (In Persian).
- Asgari, H., Moradi Dalini, A. (2006). Evaluation of yield, components and vegetative characteristics of rapeseed cultivars in different planting dates in Hajiabad region of Hormozgan. *Seedling and Seed Journal*, 3(1), 419-430. [doi: 10.22092/spij.2017.110739](https://doi.org/10.22092/spij.2017.110739) (In Persian).
- Budak, M., Kılıç, M., Günel, H., Çelik, İ., & Sırrı, M. (2024). Land suitability assessment for rapeseed potential cultivation in upper Tigris basin of Türkiye comparing fuzzy and boolean logic. *Industrial Crops and Products*, 208, 49-64. doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117806
- FalSulayman, M., Hajipour, M., Sadeghi, H. (2012). Comparison of the efficiency of multi-indicator decision making methods AHP and TOPSIS in order to determine the areas prone to pistachio crop cultivation in Mukhtaran plain of Birjand city in the geographic information system environment. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 13(31), 133-155. <http://jgs.khu.ac.ir/article-fa.html> (In Persian).
- Farajzadeh, M., Teklo Begash, A. (2004). Agroclimatic zoning of Hamedan province using geographic information system with emphasis on wheat, *Journal of Geographical Research*, 41(2), 93-105. https://journals.ut.ac.ir/article_12819.html (In Persian).
- Habibie, M. I., Noguchi, R., Shusuke, M., & Ahamed, T. (2021). Land suitability analysis for maize production in Indonesia using satellite remote sensing and GIS-based multicriteria decision support system. *GeoJournal*, 86, 777-807. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10708-019-10091-5>
- Hejazi, A. (1999). Cultivation of rapeseed, planting, growing and harvesting. Tehran: Rozeneh Publishing House. (In Persian).
- Hinz, R., Sulser, T. B., Hüfner, R., Mason-D'Croz, D., Dunston, S., Nautiyal, S., ... & Schaldach, R. (2020). Agricultural development and land use change in India: A scenario analysis of trade-offs between UN Sustainable Development Goals (SDGs). *Earth's Future*, 8(2), 1-18. <https://doi.org/10.1029/2019EF001287>
- Jat, M. L., Chakraborty, D., Ladha, J. K., Rana, D. S., Gathala, M. K., McDonald, A., & Gerard, B. (2020). Conservation agriculture for sustainable intensification in South Asia. *Nature Sustainability*, 3(4), 336-343. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0500-2>
- Javan, F., & Ghanipour Tafreshi, M. (2016). Evaluation and optimal site selection of public parking using AHP model in Rasht city. *Human Settlements Planning Studies*, 11(35), 117-130. (In Persian).
- Kaur, T., Devi, R., Kour, D., Yadav, A., Yadav, A. N., Dikilitas, M., ... & Saxena, A. K. (2021). Plant growth promoting soil microbiomes and their potential implications for agricultural and environmental sustainability. *Biologia*, 76(9), 2687-2709. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11756-021-00806-w>
- Kazemi Pusht Masari, H., Tahmasabi, Z., Kamkar, B., Shatai Joybari, S., Sadeghi, S. (2013). Agro-ecological zoning of agricultural lands in Golestan province for rapeseed cultivation using geographic information system (GIS) and hierarchical analysis process, *Journal of crop production*, 5(1), 123-139. https://ejcp.gau.ac.ir/article_880.html (In Persian).
- KC, K. B., Montocchio, D., Berg, A., Fraser, E. D., Daneshfar, B., & Champagne, C. (2020). How climatic and sociotechnical factors influence crop production: a case study of canola production. *SN Applied Sciences*, 2, 1-9. DOI: [10.1007/s42452-020-03824-6](https://doi.org/10.1007/s42452-020-03824-6)
- Khan, N., Ray, R. L., Sargani, G. R., Ihtisham, M., Khayyam, M., & Ismail, S. (2021). Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to

- sustainable agriculture. *Sustainability*, 13(9), 1-16. <https://doi.org/10.3390/su13094883>
- Kumar, A., Pramanik, M., Chaudhary, S., & Negi, M. S. (2021). Land evaluation for sustainable development of Himalayan agriculture using RS-GIS in conjunction with analytic hierarchy process and frequency ratio. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20(1), 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2020.10.001>
- Lashkari, H., Ki Khosravi, G. (2008), location of suitable places for pistachio cultivation in Sabzevar city by using geographic information system with Boolean models, attribution and pairwise comparison method, *Journal of Geography and Planning*, 27(2), 95-139. <https://ensani.ir/fa/article/217659> (In Persian).
- Lawal, A., Tijani, M. N., D'Alessio, M., & Maigari, A. S. (2021). Application of geographical information system to geoelectrical data for evaluation of the vulnerability of aquifers in parts of Bauchi, Northeastern Nigeria. *Environmental Earth Sciences*, 80, 1-18. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-020-09308-5>.
- Liyanaage, D. W., Bandara, M. S., & Konschuh, M. N. (2022). Main factors affecting nutrient and water use efficiencies in spring canola in North America: a review of literature and analysis. *Canadian Journal of Plant Science*, 102(4), 799-811. <https://doi.org/10.1139/cjps-2021-0210>
- Makowski, M (2002). Mlti object decision support including sensitivity analysis, Encylopedia of life support, OLSS publishers. <https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C09/E4-20-04-01.pdf>
- Mandal, V. P., Rehman, S., Ahmed, R., Masroor, M. D., Kumar, P., & Sajjad, H. (2020). Land suitability assessment for optimal cropping sequences in Katihar district of Bihar, India using GIS and AHP. *Spatial Information Research*, 28, 589-599. <https://link.springer.com/article/10.1007/s41324-020-00315-z>.
- Molina-Maturano, J., Speelman, S., & De Steur, H. (2020). Constraint-based innovations in agriculture and sustainable development: A scoping review. *Journal of Cleaner Production*, 246(10), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119001>
- Moradi, E., Mobser, H.R., Mehraban, A., Ganjali, H. (2019). Zoning of agricultural ecological capacity in the north and center of Sistan and Baluchistan province for rapeseed cultivation with GIS system, *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 30(1), 279-295. https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir/article_10424.html (In Persian).
- Panagos, P., Ballabio, C., Poesen, J., Lugato, E., Scarpa, S., Montanarella, L., & Borrelli, P. (2020). A soil erosion indicator for supporting agricultural, environmental and climate policies in the European Union. *Remote Sensing*, 12(9), 23-42. <https://doi.org/10.3390/rs12091365>.
- Raihan, A. (2024). A systematic review of geographic information systems (GIS) in agriculture for evidence-based decision making and sustainability. *Global Sustainability Research*, 3(1), 1-24. <https://doi.org/10.56556/gssr.v3i1>.
- Riahi, V., Javan, F., & Hojat, S. (2017). The analysis of the local-spatial development of agriculture in the rural settlements (Case study: Gil Dulab Rural District of Rezvanshahr County). *Journal of Geographical Engineering of Territory*, 1(1), 1-20. (In Persian).
- Ricardo, J. E., Rosado, Z. M. M., Pataron, E. K. C., & Vargas, V. Y. V. (2021). Measuring legal and socioeconomic effect of the declared debtors using the ahp technique in a neutrosophic framework. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44, 357-366. https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol44/iss1/39/.
- Riyahi, V., & Javan, F. (2018). Surveying and analyzing the role of geographical factors in the spatial distribution of rural areas in Zanjan County. *Geography and Planning*, 22(65), 183-203. (In Persian).
- Roshan Ali, M., Sobhani, B. (2017). Assessing the land suitability of Mazandaran province for rapeseed cultivation based on multi-criteria decision-making evaluation methods in the GIS environment, *Journal of Geography and Regional Urban Planning*, 8(27), 129-148. [doi: 10.22111/gaj.2018.4094](https://doi.org/10.22111/gaj.2018.4094) (In Persian).
- Ruknuddin Eftakhari, R., Portahari, M., Farajzadeh, M., Vakil Heydari, S. (2008). The

- role of empowerment in agricultural development, *Human Geography Research Journal*, 69(1), 87-103. https://journals.ut.ac.ir/article_24423.html (In Persian).
- Saaty, R.W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8).
- Sathiyamurthi, S., Saravanan, S., Karuppanan, S., Balakumbahan, R., Sivasakthi, M., Praveen Kumar, S., ... & Tariq, A. (2024). Agricultural land suitability of Manimutha Nadhi watershed using AHP and GIS techniques. *Discover Sustainability*, 5(1), 1-19. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-024-00471-4>.
- Scown, M. W., Brady, M. V., & Nicholas, K. A. (2020). Billions in misspent EU agricultural subsidies could support the sustainable development goals. *One Earth*, 3(2), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.07.011>.
- Singha, C., Swain, K. C., & Swain, S. K. (2020). Best crop rotation selection with GIS-AHP technique using soil nutrient variability. *Agriculture*, 10(6), 213. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060213>.
- Sobhani, B; Nasiri, F. (2022). Agro-ecological zoning of rapeseed cultivation in Ardabil plain. *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, 22(65), 61-78. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3157-fa.html> (In Persian).
- Srdjević, B. (2004). An Object Multi-Criteria Evaluation of Water Management Scenarios, *Water Resources Management Journal*, 18(2), 35-54. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:WARM.0000015348.88832.52>
- Tadesse, M., & Negese, A. (2020). Land suitability evaluation for sorghum crop by using GIS and AHP techniques in Agamsa sub-watershed, Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1743624. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311932.2020.1743624>.
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., ... & Phung, D. T. (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International journal of environmental research and public health*, 18(3), 31-49. doi: 10.3390/ijerph18031112.
- Yazdanpanah, H., Kamali, G.A., Hejazizadeh, Z., Ziyayan, P. (2007). Selection of suitable lands for almond cultivation in East Azerbaijan Province, *Journal of Geography and Development*, 4(8), 193-203. doi: 10.22111/gdij.2006.3792 (In Persian).