



Agricultural Land Suitability Assessment Using the LESA Model: A New Approach to Sustainable Land Management in West Golestan

Hassan Ahmadi¹ , Elnaz Kor² , Chooghi Bairam Komaki³

1. (Corresponding Author) Department of Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Email: ahmadi@modares.ac.ir

2. Department of Geography, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Email: aynazkor78@gmail.com

3. Department of Desert Areas Management, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Email: komaki@gau.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

6 June 2025

Revised:

5 September 2025

Accepted:

9 October 2025

Available online:

11 November 2025

Keywords:

Land Evaluation,
Site Assessment,
LESA,
Sustainable Management,
Drylands.

ABSTRACT

In arid and semi-arid regions, the availability of land suitable for sustainable agriculture is often limited by both physical and socio-economic constraints. this study evaluates the agricultural land suitability of the western region of golestan province through the application of the land evaluation and site assessment (LESA) model, integrating geographic information system (GIS) data with local knowledge. the LESA model comprises two principal components: land evaluation (LE), which encompasses soil properties such as salinity, texture, drainage, and topography; and site assessment (SA), which accounts for spatial attributes including proximity to roads, urban centers, water resources, and land-use compatibility. the criteria were weighted using the analytic hierarchy process (AHP) in conjunction with expert judgments from 15 local specialists, maintaining a consistency ratio (CR) of less than 0.1. the final land suitability map was generated using GIS-based tools such as the raster calculator and weighted overlay analysis. the results indicate that only 10.23% of the study area is free from significant agricultural constraints, whereas over 53% of the land is classified as marginally stable or unsuitable for cultivation. comparison with the FAO land classification framework demonstrated that the LESA model yields higher accuracy, primarily because it incorporates socio-economic variables such as accessibility and land-use interaction. field validation and spatial accuracy assessment, based on the kappa index ($k = 0.81$), confirmed the robustness and reliability of the LESA model. the findings suggest that the participatory and location-specific design of the LESA model provides a more accurate and context-sensitive framework for identifying suitable agricultural lands than conventional evaluation systems. the model can support land-use planners in promoting sustainable land management, particularly in semi-arid regions experiencing intensified pressure on arable resources. future research should aim to enhance the LESA model through the integration of artificial intelligence algorithms and extend its application to other arid and semi-arid regions of iran, thereby improving decision-making processes in land-use planning and natural resource management.

Citation: Ahmadi, H., Kor, E., & Bairam Komaki, Ch. (2025). Agricultural Land Suitability Assessment Using the LESA Model: A New Approach to Sustainable Land Management in West Golestan. *Geographical planning of space quarterly journal*, 15 (3), 161-181.

<http://doi.org/10.30488/gps.2025.517439.3840>



© The Author(s)

Publisher: Golestan University Press

This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

In the contemporary era, growing global food demand driven by rapid population growth has made the optimal and sustainable utilization of land both essential and unavoidable. One effective approach to achieving this objective is the evaluation of land suitability for dominant agricultural production systems in each region. Accordingly, this study aims to assess the agricultural land suitability of the western part of Golestan Province (Turkmen City) and to determine the stability or instability of these lands using the Land Evaluation and Site Assessment (LESA) model.

In land-use planning, ensuring the compatibility of existing land uses with current exploitation patterns represents a fundamental consideration. Land suitability refers to the degree of correspondence between land characteristics and its intended type of use. To this end, the combined Land Evaluation (LE) and Site Assessment (SA) components of the LESA framework were employed to evaluate land suitability in the cities of "Bandar Torkaman" and "Gomishan," located in the western part of Golestan Province. However, given the inherent limitations of each individual method, their integration is often necessary to achieve more accurate and comprehensive results. The LESA model represents an integrated system that combines these two approaches, producing more precise evaluations of land performance through the incorporation of spatial and locational information. Therefore, this study applies the LESA model to determine the stability or instability of agricultural lands and, based on these findings, to propose strategies for optimizing and improving land management in the western region of Golestan Province.

Methodology

In this study, the LESA method was employed to estimate agricultural land suitability in selected areas of "Bandar Torkaman" and "Gomishan," located in the western part of Golestan Province. To achieve this objective, the LE component was applied to assess the intrinsic suitability of soils for agricultural production, while the SA component was used to examine the broader spatial suitability of the area for agricultural land use.

Accordingly, the integrated LESA framework serves as an analytical tool that provides a systematic and objective basis for determining and ranking agricultural land suitability. By incorporating both soil-related and spatial factors, it enables the classification of regional lands according to their relative suitability priorities. The model quantifies land suitability and ranking through a weighted evaluation of multiple criteria, with factor weights derived from the judgments of experienced technical experts. In this study, the LESA model was applied to achieve a more precise determination of agricultural land suitability across the western region of Golestan Province.

Results and Discussion

Among the primary constraints identified in the study area are soil salinity and inadequate drainage, both of which represent major challenges for agricultural development in the region. Analysis of the final land capability map for "Bandar Torkaman" and "Gomishan" revealed that approximately 35.88% of the area faces severe agricultural constraints, primarily related to soil salinity and poor drainage. The results further indicate that only 10.23% of the land in the study area is suitable for agriculture without significant limitations, whereas the majority of the land (53.25%) is subject to moderate or unstable constraints.

Given these conditions, both cities exhibit substantial limitations that necessitate targeted surveys and applied research to evaluate the suitability of land for cultivating diverse agricultural crops. These findings highlight the need for improved soil management strategies and the implementation of adaptive agricultural practices to enhance the productive capacity and sustainability of the region's arable lands.

Conclusion

The results demonstrate that the LESA system provides greater accuracy than conventional methods in evaluating land performance across different regions, primarily because its calculations incorporate spatial and locational knowledge. Based on the results, it can be concluded that integrating the LE and SA components within the LESA framework enables a more accurate identification of suitable areas for agricultural development.

across diverse regions. The application of the LESA system facilitates optimal land utilization and supports the advancement of sustainable agricultural practices in the region.

Funding

This research was supported by Tarbiat Modares University's Vice Chancellor for Education and Research, and geospatial data were freely obtained from Google Earth Engine.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.





ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی با استفاده از مدل LESA رویکردی نوین در مدیریت پایدار اراضی غرب گلستان

حسن احمدی^۱ ✉، الناز کر^۲ , چوقی بایرام کمکی^۳ 

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: ahmadi@modares.ac.ir

۲- گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: aynazkor78@gmail.com

۳- گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران. رایانامه: komaki@gau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۷ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰ واژگان کلیدی: تناسب اراضی، ارزشیابی مکان، LESA، مدیریت پایدار، مناطق خشک.	در مناطق خشک و نیمه خشک، دسترسی به اراضی کشاورزی پایدار با محدودیت‌های فیزیکی و اجتماعی-اقتصادی روبرو است. این مطالعه با هدف ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی در غرب استان گلستان با استفاده از مدل LESA (ارزشیابی اراضی و ارزشیابی مکان) انجام شد. این مدل تلفیقی از داده‌های GIS و دانش محلی است. مدل LESA از دو مؤلفه اصلی تشکیل شده است: ارزشیابی اراضی (LE) شامل خصوصیات خاک مانند شوری، بافت، زهکشی و توپوگرافی؛ ارزشیابی مکان (SA) عوامل مکانی مانند فاصله از جاده‌ها، مناطق شهری، منابع آبی و سازگاری کاربری زمین. وزن دهی معیارها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و نظر ۱۵ کارشناس محلی انجام شد، به گونه‌ای که نرخ سازگاری (CR) زیر ۰.۱ بود. نقشه نهایی تناسب اراضی با ابزارهای GIS از جمله ماشین حساب رستری و لایه گذاری وزنی تهیه شد. نتایج نشان داد تنها ۱۰/۲۳٪ از منطقه محدودیت قابل توجهی برای کشاورزی ندارد، درحالی که بیش از ۵۳٪ از اراضی به عنوان ناپایدار یا ناسازگار طبقه‌بندی شدند. مقایسه با سیستم طبقه‌بندی اراضی FAO نشان داد که LESA به دلیل در نظر گرفتن عوامل اجتماعی-اقتصادی (مانند دسترسی و تعامل کاربری‌ها) دقت بیشتری دارد. اعتبارسنجی میدانی و ارزشیابی دقت مکانی با شاخص کاپا ($K=0/81$) قابلیت اطمینان مدل LESA را تأیید کرد. یافته‌ها نشان می‌دهند که مدل LESA با رویکرد مشارکتی و مبتنی بر موقعیت مکانی، روشی دقیق‌تر نسبت به سیستم‌های سنتی برای شناسایی اراضی کشاورزی مناسب ارائه می‌دهد. این مدل می‌تواند به برنامه‌ریزان در دستیابی به مدیریت پایدار اراضی، به ویژه در مناطق نیمه خشک با فشار روزافزون بر اراضی زراعی، کمک کند. پیشنهاد می‌شود مدل LESA با الگوریتم‌های هوش مصنوعی به روزرسانی شود و کاربرد آن به سایر مناطق خشک و نیمه خشک ایران گسترش یابد تا تصمیم‌گیری در زمینه‌های برنامه‌ریزی کاربری اراضی و مدیریت منابع طبیعی را بهبود بخشد.

استناد: احمدی، حسن؛ کر، الناز و بایرام کمکی، چوقی. (۱۴۰۴). ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی با استفاده از مدل LESA رویکردی نوین در مدیریت پایدار اراضی غرب گلستان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۵ (۳)، ۱۶۱-۱۸۱.

<http://doi.org/10.30488/gps.2025.502595.3820>



مقدمه

رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی طی دهه‌های اخیر فشار بی‌سابقه‌ای بر منابع پایه زمین و خاک وارد کرده است. هم‌زمان، مطالعات موردی متعدد در کشور، تبدیل اراضی کشاورزی به کاربری‌های شهری و افت کیفیت/کمیت اراضی قابل کشت را گزارش کرده‌اند؛ برای نمونه، در استان گلستان بین سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۳ جمعیت از ۱۶ به ۲ میلیون نفر افزایش یافته و هم‌زمان اراضی زراعی ۱۰۵٪ کاهش یافته است که نشان‌دهنده فشار جدی بر منابع کشاورزی است (مرکز آمار ایران، سرشماری‌های ۱۳۸۵-۱۴۰۳؛ بای و همکاران ۱۳۹۱: ۲۰). چنین شرایطی، ارزیابی تناسب اراضی با تکیه بر داده‌های مکانی و مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، ابزار کلیدی برنامه‌ریزی پایدار به شمار می‌آید. چارچوب کلاسیک (FAO (1976) با وجود کارآمدی و مقبولیت جهانی، عمدتاً بر عوامل بایوفیزیکی تکیه دارد و به عوامل نهادی-اجتماعی و اقتصادی محلی کمتر می‌پردازد (Luan et al., 2021: 1)؛ Ramya & Devadas, 2019: 117872؛ تومانیان و همکاران، ۱۴۰۰: ۴۲؛ موضوعی که در ادبیات روش‌شناختی نیز به‌عنوان محدودیت مطرح شده است. برای پر کردن این شکاف، شاخص (LESA (Land Evaluation and Site Assessment) با تفکیک دو مؤلفه «ارزیابی زمین» (LE) و «ارزیابی مکان» (SA) توسعه یافته است تا مؤلفه‌های مکانی-زیستی و موقعیت‌های دسترسی/اجتماعی را به‌صورت هم‌زمان وزن دهد و قابلیت تبیین تصمیم‌پذیرتری برای مدیران محلی فراهم می‌کند (Qian et al., 2021: 117872؛ Akbari et al., 2022).

ارزیابی تناسب کاربری زمین، میزان انطباق ویژگی‌های اراضی با نیازهای محصولات را مشخص می‌کند و ابزاری برای تعیین کاربری‌های جایگزین با در نظر گرفتن معیارهای محیطی، اجتماعی و اقتصادی است (Jafari & Zaredar, 2010: 442)؛ Marraccini et al., 2020: 330؛ اخوان و همکاران، ۱۴۰۲: ۴۵). در این دیدگاه، تناسب اراضی تابعی از نیاز محصول و ویژگی‌های زمین است (Rossiter, 1996: 165؛ Jahanshiri et al., 2020: 2؛ Brink & Young, 1977: 11). آمایش سرزمین نیز به‌عنوان یک رویکرد جامع در برنامه‌ریزی فضایی، تعادل میان انسان، مکان و فعالیت را دنبال می‌کند (اسکندری، ۱۳۹۰: ۹؛ Bennett, Wallace & Williamson, 2006: 19؛ Bennett, 2007: 89؛ توکلی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۴۵؛ عمو و حاتمی‌نژاد، ۱۳۹۷: ۱؛ ابراهیمی، ۱۳۹۵: ۱۲۶). این رویکرد علاوه بر بهره‌وری منابع طبیعی، در جهت توسعه پایدار به ابعاد اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست‌محیطی نیز توجه دارد (تقی زاده دیو او روشناس، ۱۳۹۸: ۱۵۸).

مطالعات متعددی بر مزایای مدل LESA تأکید کرده‌اند کیان^۱ و همکاران (۲۰۲۱: ۱۴-۱۵) در چین، LESA را ابزاری کارآمد برای حفاظت از اراضی دانستند. در ایران نیز اکبری و همکاران (۲۰۲۲: ۴۰۴) و لئون^۲ و همکاران (۲۰۲۱: ۱-۱۳) نشان دادند که ادغام LESA و GIS موجب افزایش دقت شناسایی اراضی مستعد در خاک‌های آهکی و کلسیمی می‌شود. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی پایداری اراضی کشاورزی در شهرستان‌های گمیشان و بندر ترکمن استان گلستان با استفاده از دو رویکرد LESA و FAO است. نوآوری تحقیق در ترکیب LESA و GIS همراه با بهره‌گیری از دانش بومی و مشارکت ذی‌نفعان محلی (PGIS) است که علاوه بر شناسایی قابلیت‌های اراضی، پذیرش نتایج را افزایش داده و الگویی بومی برای مدیریت پایدار اراضی در مناطق نیمه‌خشک ارائه می‌دهد (کفایتی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۵).

1. Qian

2. Luan

مبانی نظری

ارزیابی تناسب اراضی یکی از ارکان برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت پایدار منابع طبیعی است. در این فرآیند، هدف اصلی تعیین میزان انطباق ویژگی‌های زمین با نیازهای کاربری‌های مختلف (به‌ویژه کشاورزی) است تا از طریق آن بتوان بهره‌برداری پایدار و متوازن از منابع را تضمین کرد (Kennedy et al., 2016: 223). در این فرآیند، مشارکت کارشناسان و کشاورزان محلی اهمیت ویژه‌ای دارد (Adolph et al., 2023: 556). آمایش سرزمین نیز به‌عنوان رویکردی چند سطحی، تعامل میان انسان، مکان و فعالیت را در استفاده از اراضی بهبود می‌بخشد (مهری و سلمان‌ماهینی، ۱۳۹۵: ۷۳) و بر حفظ محیط‌زیست و بهره‌وری منابع تأکید دارد (امیدی‌پور، ۱۳۹۶: ۴؛ شورای عالی آمایش سرزمین، ۱۳۹۹: ۹؛ علی‌خواه اصل و رضاپور اندیلی، ۱۴۰۰: ۴۷).

در ایران، پس از بحران کم‌آبی، تغییر کاربری‌های نامتناسب به معضل جدی تبدیل شده است (دورودیان و دورودیان، ۱۳۹۶: ۸۹). از این‌رو، برنامه‌ریزی مبتنی بر تناسب اراضی برای توسعه پایدار کشاورزی و حفاظت محیط‌زیست ضروری است (صفری‌پور و ناصری، ۱۳۹۷: ۱۱۵). استفاده از رویکردهای مشارکتی ذی‌نفعان می‌تواند عملکرد ارزیابی و پایش را بهبود بخشد (رستمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۸۴). تجربه کشاورزان محلی در ارزیابی زمین نیز اهمیت دارد (Löbmann; Kennedy et al., 2016: 299). (et al., 2022: 2).

مدل‌ها و چارچوب‌های نظری در موارد کاربری اراضی به شرح ذیل است:

مدل FAO: مبتنی بر عوامل فیزیکی خاک و اقلیم بوده و طبقه‌بندی عملی از مشخصه‌های اراضی (محدودیت شوری، خصوصیات خاک، توپوگرافی و زهکشی) ارائه می‌دهد؛ اما نادیده گرفتن عوامل اقتصادی و اجتماعی و نیاز به داده‌های میدانی گسترده از محدودیت‌های آن است (Liu et al., 2024: 12; Verón et al., 2006: 757; Rossiter, 1996: 165).

توسعه پایدار: طبق گزارش برونتلند (۱۹۸۷)، باید نیازهای نسل حاضر را بدون تهدید نسل‌های آینده برآورده ساخت. این دیدگاه در کشاورزی به حفاظت خاک و منابع آب منجر می‌شود (Holden et al., 2014: 135; Hajian & Jangchi Kashani, 2021: 19). نظریه سامانه‌های اجتماعی-بوم‌شناختی (SES): چارچوبی برای تحلیل تعاملات پویا بین انسان و محیط‌زیست ارائه می‌دهد که با رویکرد LESA همخوانی دارد (Ostrom, 2009: 419). یعنی این مدل نیز بر تعامل پویا بین انسان و محیط‌زیست تأکید دارد. این نظریه چارچوبی تحلیلی برای شناسایی پیوند متقابل بین کاربری زمین، نهادهای محلی، و خدمات اکوسیستمی فراهم می‌کند. ارتباط این چارچوب با LESA در این است که شاخص‌های «ارزیابی مکان» (SA) دقیقاً متکی بر همین روابط اجتماعی-بوم‌شناختی هستند (مانند نزدیکی به بازار، جاده، یا ریسک توسعه شهری).

GIS و فناوری‌های مکانی: امکان تحلیل داده‌های چندبعدی و تهیه نقشه‌های دقیق تناسب را فراهم می‌کنند (Wang et al., 2024: 3; Luan et al., 2021). همچنین، تصاویر ماهواره‌ای (از قبیل لندست و سنتینل) پایش تغییرات کاربری زمین را تسهیل می‌کنند (Phiri & Morgenroth, 2017: 17).

مدل LESA: ترکیبی از داده‌های فیزیکی (خاک، توپوگرافی) و اجتماعی (زیرساخت، بازار) است و نسبت به مدل‌های سنتی دقت بالاتری دارد (Rossiter, 1996: 165; Zhai et al., 2025: 1). با وجود مزایا، استفاده از سیستم‌های امتیازدهی ذهنی می‌تواند خطا ایجاد کند (Steiner et al., 1987: 183). لذا پیشنهاد می‌شود LESA به کمک یادگیری ماشین و داده‌های مکانی باکیفیت بهبود یابد (Esmaeili et al., 2021: 163).

در مجموع، انتخاب مدل LESA در این پژوهش به دلیل انعکاس شرایط محلی، وزن دهی ترکیبی، و ادغام با GIS نسبت به مدل‌های سنتی مانند FAO برتری دارد، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک که پایداری کشاورزی به عوامل اقتصادی-اجتماعی وابسته است.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع کاربردی و با رویکرد توصیفی-تحلیلی است و با ترکیب مدل LESA و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی پرداخته است. محدوده مطالعه شامل شهرستان‌های بندر ترکمن و گمیشان در غرب استان گلستان است که اقلیم نیمه‌خشک، خاک‌های شور و تنوع کاربری کشاورزی آن، شرایط خاصی برای تحلیل تناسب اراضی فراهم می‌سازد. هدف اصلی، پایداری و بهینه‌سازی کاربری اراضی کشاورزی از طریق مطابقت وضعیت موجود با مدل LESA است. در این چارچوب، جنبه‌های فیزیکی (خاک، مدیریت، دسترسی به بازار، نیروی کار) و عوامل اقتصادی-اجتماعی به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته می‌شوند؛ درحالی‌که عوامل فیزیکی غالباً ثابت هستند، متغیرهای اقتصادی-اجتماعی پویایی زیادی دارند و نقش مهمی در تغییرات کاربری زمین ایفا می‌کنند.

مدل LESA شامل دو بخش است: ارزیابی اراضی (LE) بر مبنای ویژگی‌های خاک و ارزشیابی مکان (SA) بر اساس شاخص‌های غیرخاکی مؤثر بر تولید کشاورزی. این مدل به دلیل انعطاف‌پذیری در تطبیق با شرایط محلی و امکان وزن دهی بر اساس نظر کارشناسان و ذی‌نفعان، نسبت به مدل‌های کلاسیک مزیت دارد (Akbari et al., 2022: 404). به بیان دیگر، LESA یک ابزار مشارکتی محسوب می‌شود، زیرا نتایج آن تنها در صورتی پذیرفتنی است که با دیدگاه‌های کشاورزان و تصمیم‌گیران محلی هم‌خوانی داشته باشد.

برای پیاده‌سازی یک سیستم LESA در سطح محلی، مراحل اجرایی پیشنهادی (Pease & Coughlin, 2011) دنبال شده است که شامل:

۱. تعریف اهداف و معیارهای ارزیابی،
 ۲. تعیین وزن شاخص‌ها با مشارکت کارشناسان،
 ۳. ترکیب داده‌های مکانی در GIS،
 ۴. محاسبه شاخص LESA و طبقه‌بندی اراضی بر اساس اولویت کشاورزی
- تمام محاسبات در سامانه اطلاعات جغرافیایی (نرم‌افزار ArcGIS 10.4) اجرا شد تا شفافیت و درک نتایج برای ذی‌نفعان تضمین شود. سامانه LESA ابزاری تحلیلی است که به مقامات محلی و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا بر اساس داده‌های مکانی و منابع محلی، درباره استفاده بهینه از زمین تصمیم‌گیری کنند.
- بخش LE در LESA به رتبه‌بندی کیفیت‌های مبتنی بر خاک اختصاص دارد که می‌تواند شامل طبقه‌بندی قابلیت اراضی، پتانسیل خاک و بهره‌وری کشاورزی باشد. یکی از اهداف اصلی این بخش، پیش‌بینی اثر تغییر کاربری و مدیریت اراضی بر بهره‌وری آینده است (Ferguson & Bowen, 1991: 689).
- بخش SA شامل عوامل غیرخاکی مرتبط با کشاورزی (مانند دسترسی به زیرساخت و بازار)، فشارهای توسعه و ارزش‌های عمومی یک مکان است. به هر عامل متناسب با شرایط محلی امتیاز داده می‌شود و سپس با ارزش‌های بخش LE ترکیب می‌شود تا شاخص نهایی تناسب اراضی به دست آید. هرچه این شاخص بالاتر باشد، زمین برای کشاورزی مناسب‌تر است (جدول ۱).
- سیستم LESA علاوه بر شناسایی و حفاظت اراضی کشاورزی مهم، مبنایی برای سیاست‌های توسعه پایدار فراهم می‌کند. همچنین مشارکت گروه‌های محلی در طراحی و اجرای این مدل، به اعتبار و پذیرش نتایج آن در سطح جامعه می‌افزاید.

جدول ۱. امتیازدهی معیارهای ارزش گذاری محل SA در سیستم ارزیابی LESA

ردیف	معیار ارزیابی محل SA	حداکثر امتیاز	ردیف	معیار ارزیابی محل SA	حداکثر امتیاز
۱	کاربری اراضی در محل	۲۰	۷	کاربری اراضی با مدیریت برنامه ریزی محل پیشنهاد شده	۲۰
۲	مجاورت کاربری اراضی	۲۰	۸	قابلیت محل پیشنهاد شده با کاربری های پیرامون	۲۰
۳	خصوصیات عمومی سطح در دو کیلومتری محل	۲۰	۹	محل های پیشنهاد شده دیگر در اراضی کم محصول	۱۰
۴	نزدیکی به شهر	۲۰	۱۰	دسترسی به سیستم آبرسانی مرکزی	۱۰
۵	کاربری منطقه ای محل پیشنهاد شده	۲۰	۱۱	دسترسی به سیستم زباله	۱۰
۶	کاربری منطقه ای اراضی مجاور محل پیشنهاد شده	۲۰	۱۲	دسترسی به حمل و نقل جاده ای	۱۰
جمع مقدار ارزیابی					
۲۰۰					

(Pease & Coughlin, 2011:230)

سیستم طبقه بندی اراضی آبیاری توسط کارشناسان فائو به ریاست ماهر و با همکاری متخصصان ایرانی در سال ۱۹۵۴ تدوین شد. هدف اصلی این سیستم، تعیین تناسب اراضی برای کشت آبی از طریق شناسایی محدودیت های موجود و خطرات تخریب است. در این چارچوب چهار گروه معیار شامل خصوصیات خاک S: بافت، سنگریزه و نفوذپذیری، محدودیت های شوری و قلیایی A: ناهمواری و فرسایش، T: شیب، توپوگرافی و رسوب و محدودیت های زهکشی W: سطح ایستایی، خطر سیلاب و ماندابی بودن در نظر گرفته می شود (جدول ۲). این طبقه بندی مبتنی بر وضعیت فعلی اراضی بوده و قابلیت پیش بینی عملکرد آینده تحت طرح های کشاورزی را ندارد، اما مبنای مناسبی برای ارزیابی های بعدی فراهم می کند. در این سیستم، کلاس I اراضی بدون محدودیت قابل کشت، کلاس II اراضی با محدودیت های جزئی، کلاس III اراضی با قابلیت متوسط، کلاس IV اراضی با قابلیت محدود، کلاس V اراضی با قابلیت نامشخص و کلاس VI اراضی غیر قابل کشت را شامل می شود که اصلاح آن ها از نظر فنی یا اقتصادی امکان پذیر نیست. علاوه بر این، محدودیت های خاص هر قطعه زمین با افزودن حروف (S, A, T, W) در کنار شماره کلاس مشخص می گردد.

جدول ۲. درجات زیر کلاس های قابلیت اراضی برای آبیاری نشریه ۲۰۵ در مدل LESA

نام زیر کلاس	عدد و نماد زیر کلاس	درجه زیر کلاس ها	نام زیر کلاس	عدد و نماد زیر کلاس	درجه زیر کلاس ها
کلاس ۱ بدون محدودیت	I	۱۰۰	کلاس ۳ با محدودیت خاک، زهکشی و توپوگرافی	IIIs, w, t	۴۰
کلاس ۲ با محدودیت خاک یا شوری	IIa یا IIc	۹۰	کلاس ۴ با محدودیت خاک یا شوری	IVa یا IVs	۳۰
کلاس ۲ با محدودیت شوری و زهکشی یا خاک و زهکشی	IIc, w یا IIa, w	۸۰	کلاس ۴ با محدودیت خاک (و یا شوری) و زهکشی	IVs, w یا IVa, w	۲۰
کلاس ۲ با محدودیت خاک، زهکشی و توپوگرافی (و یا زهکشی)	IIa, s, w یا IIc, w, t	۷۰	کلاس ۵	V	۱۰
کلاس ۳ با محدودیت شوری یا زهکشی یا خاک	IIIa یا IIIw یا IIIs	۶۰	کلاس ۶	VI	۰
کلاس ۳ با محدودیت خاک و زهکشی یا شوری و زهکشی	IIIa, w یا IIIs, w	۵۰			

داده های پژوهش به دو بخش تقسیم می شوند:

داده های فیزیکی: شامل لایه های خاک شناسی، شیب، بافت خاک، زهکشی، اطلاعات شوری و نقشه های توپوگرافی که از منابع رسمی سازمان آب و خاک، مرکز تحقیقات کشاورزی و تصاویر ماهواره ای استخراج شده اند.

داده‌های اجتماعی-مکانی: شامل دسترسی به جاده، فاصله از شهر، کاربری اراضی، نزدیکی به زیرساخت‌ها و اطلاعات منطقه بندی شهری.

۲- تعریف شاخص‌ها و وزن دهی: در گام بعدی، ۱۲ شاخص در دو زیرسیستم LESA تعریف شدند:

LE (ارزیابی اراضی): شوری خاک، بافت خاک، زهکشی، قابلیت خاک برای زراعت (جدول ۲).

SA (ارزشیابی مکان): فاصله تا جاده، مجاورت با کاربری‌های شهری، نزدیکی به منابع آبی، قابلیت جایگزینی زمین، و... (جدول ۱) معیارها بر اساس مرور منابع (Akbari et al., 2022; Pease & Coughlin, 2011) و مشورت با ۱۵ کارشناس محلی (کشاورزی، منابع طبیعی، برنامه‌ریزی منطقه‌ای) تعیین شد.

• معیارهایی مانند «فاصله از جاده» به این دلیل انتخاب شدند که دسترسی بهتر به بازار، کاهش هزینه حمل‌ونقل و تسهیل خدمات‌رسانی کشاورزی را فراهم می‌کند.

• معیار «مجاورت با کاربری‌های شهری» نشان‌دهنده ریسک تغییر کاربری زمین در آینده است.

• معیار «زهکشی» و «شوری» به‌عنوان مهم‌ترین محدودیت‌های فیزیکی در منطقه شناخته شدند.

وزن دهی شاخص‌ها با استفاده از روش مقایسات زوجی (AHP) و نظرسنجی از ۱۵ کارشناس محلی انجام شد. نرخ سازگاری در مقایسات زوجی زیر ۰.۱ بوده که نشان‌دهنده قابل قبول بودن ماتریس‌ها است.

برای ترکیب شاخص‌ها در مدل LESA (ارزیابی اراضی و ارزشیابی مکان)، امتیاز کلی هر واحد اراضی بر اساس تلفیق دو مؤلفه ارزیابی اراضی (LE) و ارزشیابی مکان (SA) محاسبه می‌شود. فرمول کلی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$LESA = \sum_{i=1}^n S_i W_i$$

که در آن، S_i : امتیاز اختصاص یافته به معیار i -ام (بر مقیاس ۰-۱۰۰)؛ W_i : وزن نسبی معیار i -ام (بر مقیاس ۰-۱)؛ n : تعداد کل معیارهای ارزیابی موردنظر است. این رابطه با در نظر گرفتن ماهیت چندمعیاره مدل LESA، امکان تلفیق داده‌های فیزیکی (مانند خصوصیات خاک) و عوامل مکانی (مانند دسترسی به زیرساخت‌ها) را فراهم می‌کند. تمام محاسبات در محیط ArcGIS 10.x با ابزار Raster Calculator و Weight Overlay انجام شد.

برای تعیین آستانه‌های امتیاز برای طبقه‌بندی اراضی، پس از محاسبه امتیاز LESA برای هر واحد اراضی، این مقادیر برای طبقه‌بندی اراضی به سه دسته کاربردی تقسیم می‌شوند:

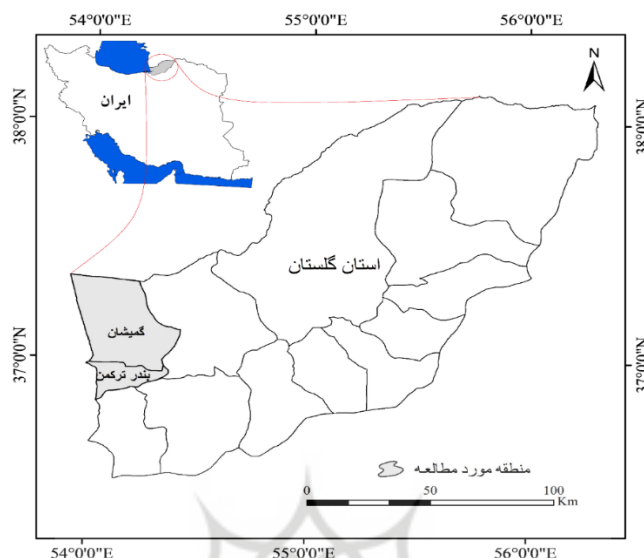
- منطقه مناسب: امتیاز بیش از ۸۰: اراضی بدون محدودیت قابل ملاحظه برای کاربری کشاورزی.
- منطقه تا حدودی سازگار: امتیاز بین ۵۰-۸۰: اراضی با محدودیت‌های جزئی که نیازمند مدیریت ویژه هستند.
- منطقه ناسازگار: امتیاز کمتر از ۵۰: اراضی با محدودیت‌های شدید که کاربری کشاورزی در آن‌ها غیرممکن یا غیراقتصادی است.

این آستانه‌ها با توجه به نظر کارشناسان مجرب و اعتبارسنجی میدانی تعیین می‌شوند. به‌عنوان مثال، در مطالعات قبلی، معیارهایی مانند عمق خاک، زهکشی، و فاصله از مناطق مسکونی به‌طور مستقل ارزیابی شده و وزن‌های نسبی آن‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی محاسبه شده است.

محدوده مورد مطالعه

شهرستان‌های بندر ترکمن و گمیشان به‌عنوان منطقه مطالعاتی در غرب استان گلستان قرار دارند (شکل ۱) و بیشترین اراضی کشاورزی در این مناطق مربوط به کشت دیم غلات است. در سال‌های اخیر، کشت پنبه به دلیل خشک‌سالی‌ها و محدودیت‌های اعمال شده کاهش یافته و جای خود را به کشت کلزا داده است. از طرفی، اراضی زراعی به باغاتی مانند انار، زیتون و هلو

تبدیل شده‌اند. برنامه‌ریزی آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب‌وخاک می‌تواند به بهترین کاربری این مناطق کمک کند و ایجاد منابع درآمدی متنوع‌تر برای مردم این مناطق را فراهم آورد. اراضی زراعی شهرستان بندر ترکمن به نسبت شهرستان گمیشان وضعیت بهتری دارد که با توجه به وجود منابع آبی، کشت به‌صورت دیم بهترین گزینه است (نیازمرادی و کاظمی، ۱۳۹۳: ۶۷، Bay et al. 2012).



شکل ۱. موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

یافته‌ها

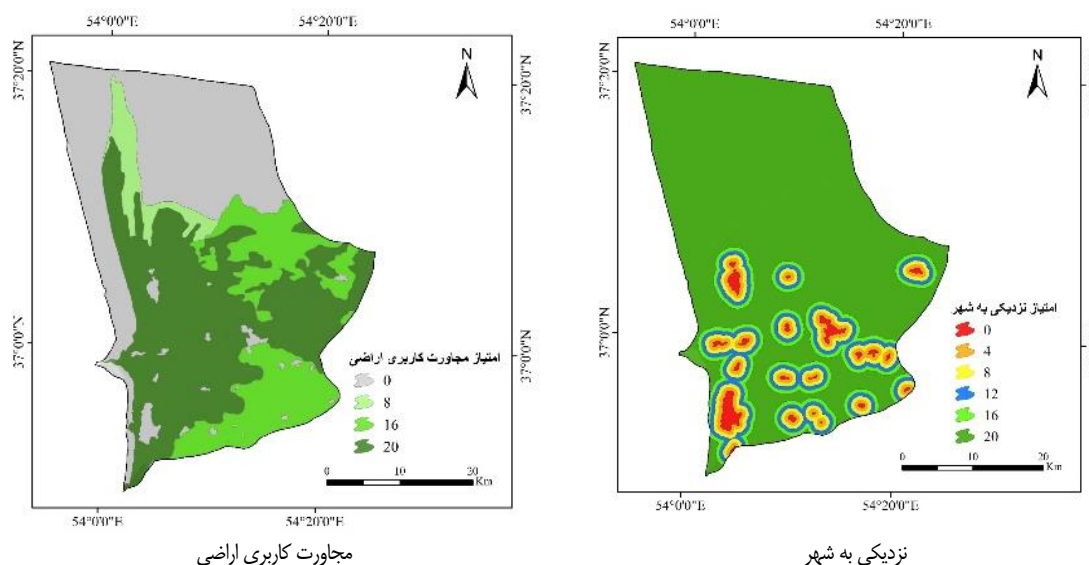
مدل LESA برای توسعه یک روش کلی برای اتخاذ طبقه‌بندی قابلیت اراضی با توجه به شرایط محلی با در نظر گرفتن اطلاعات، تجربیات و دانش یک کمیته محلی طراحی می‌شود (Pease & Coughlin, 2011). در پژوهش حاضر از دانش و تجربیات ۱۵ نفر از کارشناسان کشاورزی محلی در قالب کمیته محلی استفاده شد. کارشناسان محلی پتانسیل‌ها و محدودیت‌های تولید کشاورزی را برای سالیان متمادی مورد بررسی قرار داده‌اند. اطلاعات، تجربیات و دانش اعضای کمیته محلی برای انتخاب، وزن دهی و مقیاس بندی عوامل مختلف استفاده شد.

معیار نزدیکی به شهر: به‌طور کلی هرچه اراضی کشاورزی به شهر نزدیک‌تر باشند و در فاصله کمتر از دو کیلومتر از شهر قرار گرفته باشند ممکن است برای توسعه شهری مورد استفاده قرار گیرند.

مجاورت کاربری اراضی: موقعیت نسبی یک زمین با استفاده کشاورزی فعلی از یک قطعه زمین، شاخص مهمی از قابلیت زیست کشاورزی یک مکان است (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳. امتیازدهی و مساحت معیارهای ارزش‌گذاری نزدیکی به شهر و مجاورت کاربری اراضی

نزدیکی به شهر	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت	مجاورت کاربری اراضی	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت
بیش از دو کیلومتر	۲۰	۷۴/۷۹	همه طرف‌ها برای زراعت استفاده می‌کنند	۲۰	۴۰/۵۳
دو کیلومتر یا کمتر	۱۶	۶/۹۹	سه طرف برای زراعت استفاده می‌کنند	۱۶	۱۸/۹۲
۱/۵ کیلومتر یا کمتر	۱۲	۶/۶۷	دو طرف برای کشاورزی استفاده می‌کنند	۱۲	
یک کیلومتر یا کمتر	۸	۵/۶۳	یک‌طرف برای زراعت استفاده می‌کند	۸	۴/۵۶
۵۰۰ متر یا کمتر	۴	۴/۱۲	همه اضلاع برای غیر زراعت استفاده می‌کنند	۰	۳۵/۹۹
مجاورت شهر	۰	۱/۷۶			



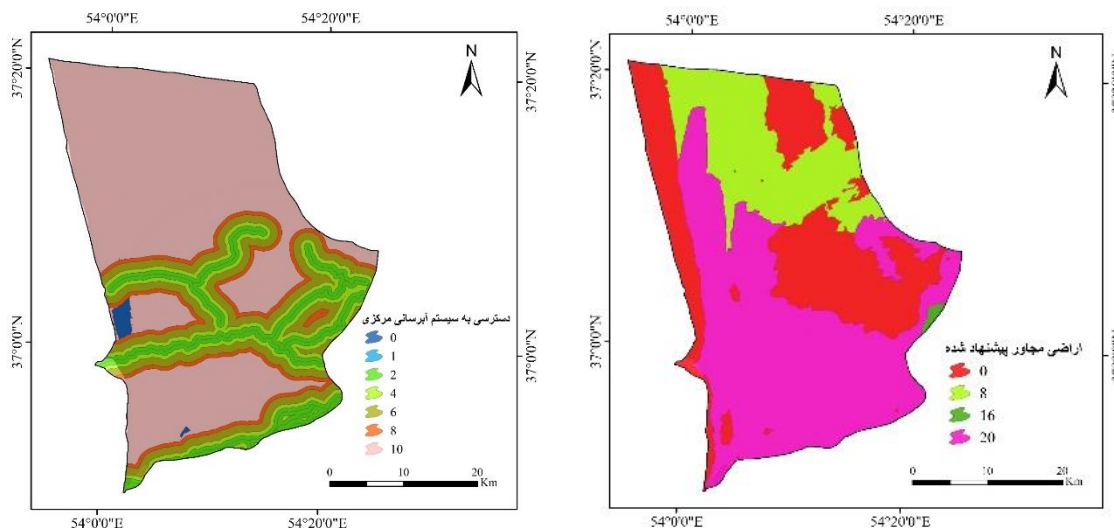
شکل ۲. امتیازدهی و مساحت معیارهای ارزش گذاری نزدیکی به شهر و مجاورت کاربری اراضی

کاربری منطقه‌ای اراضی مجاور محل پیشنهادشده: پهنه‌بندی مناطق مجاور نشان‌دهنده تغییر ماهیت عمومی کشاورزی منطقه است (جدول ۴ و شکل ۳).

معیار دسترسی به سیستم آبرسانی مرکزی: وجود یک سیستم آبرسانی مرکزی می‌تواند باعث رشد و کاهش قابلیت حیات یک مکان کشاورزی برای استفاده طولانی‌مدت شود. هنگامی که یک سیستم آب مرکزی به یک منطقه کشاورزی گسترش می‌یابد، پتانسیل توسعه زمین‌های مجاور افزایش می‌یابد (جدول ۴ و شکل ۳).

جدول ۴. امتیازدهی معیارهای ارزش گذاری کاربری منطقه‌ای اراضی مجاور محل پیشنهادشده و دسترسی به سیستم آبرسانی مرکزی

کاربری منطقه‌ای اراضی مجاور محل پیشنهادشده	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت	دسترسی به سیستم آبرسانی مرکزی	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت
هیچ مقررات منطقه بندی در حال اجرا نیست	۲۰	۳۰/۹	بیش از ۲/۵ کیلومتر	۱۰	۶۲/۵۴
همه طرف‌ها برای استفاده کشاورزی منطقه بندی شده‌اند	۲۰	۳۰/۹	۲/۵ - ۱/۵	۸	۵/۸
سه طرف پهنه‌بندی شده برای استفاده کشاورزی	۱۶	۲۱/۰۹	۱/۵ - ۱	۶	۱۳/۱۷
دو طرف پهنه‌بندی شده برای استفاده کشاورزی	۱۲	۱۶/۰۵	۱ - ۰/۵	۴	۸/۰۵
یک طرف پهنه‌بندی برای استفاده کشاورزی	۸	۰/۳۵	کمتر از ۰/۵	۲	۹/۵۶
همه ضلع‌ها برای استفاده غیر کشاورزی منطقه بندی شده‌اند	۰	۴۷/۶۴	در مجاورت سیستم آبرسانی	۱	۰/۱



شکل ۳. امتیازدهی معیارهای ارزش‌گذاری کاربری منطقه‌ای اراضی مجاور محل پیشنهاد شده و دسترسی به سیستم آبرسانی مرکزی

معیار دسترسی به سیستم زباله در محل: در دسترس بودن یک سیستم فاضلاب مرکزی برای یک مکان باعث رشد و کاهش قابلیت حیات یک مکان برای استفاده طولانی‌مدت برای کاربری کشاورزی می‌شود. سیستم‌های فاضلاب مرکزی به‌طور کلی به مناطقی که در مجاورت توسعه موجود هستند گسترش می‌یابد. توسعه فشرده و پیوسته به توسعه‌ای که از زمین‌های کشاورزی توسعه‌نیافته جهش می‌کند، ارجحیت دارد (جدول ۵ و شکل ۴).

معیار حمل‌ونقل در محل: نوع جاده‌ای که دسترسی به یک مکان را فراهم می‌کند، عامل اصلی در تعیین تناسب کاربری پیشنهادی می‌باشد؛ جاده خاکی مسیر ارتباطی مناسب‌تری برای دسترسی به زمین کشاورزی است تا دسترسی به یک بخش مسکونی. به همین منوال، جاده شوسه (آسفالته) برای دسترسی به مناطق توسعه‌یافته با تراکم بالا، مانند کاربری‌های صنعتی، مجتمع‌ها، مناطق تجاری و مناطق مسکونی مناسب‌تر هستند (جدول ۵ و شکل ۴).

جدول ۵. امتیازدهی معیارهای ارزش‌گذاری دسترسی به سیستم آبرسانی مرکزی، فاصله دسترسی به سیستم زباله در محل و نوع حمل‌ونقل در محل

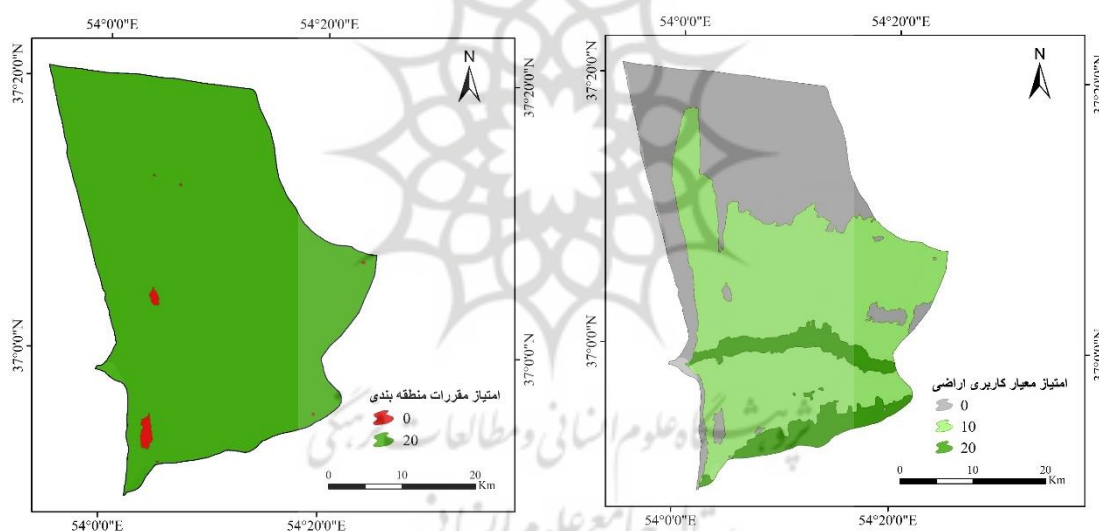
فاصله دسترسی به سیستم زباله در محل	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت	نوع حمل‌ونقل در محل	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت
بیش از ۲/۵ کیلومتر	۱۰	۹۹	راه خاکی	۱۰	۲۹/۸
۲/۵ - ۱/۵	۸	۱	جاده شوسه (شنی)	۸	
۱/۵ - ۱	۶		جاده آسفالته	۶	۷۰/۲
۱ - ۰/۵	۴		جاده اصلی دوبانده	۴	
کمتر از ۰/۵	۲				
مجاور محل دفن زباله	۱		جاده اصلی چهار بانده	۰	
در محل دفن زباله	۰				

معیار کاربری اراضی در محل: استفاده کشاورزی فعلی از یک قطعه زمین، شاخص مهمی از قابلیت زیست کشاورزی یک مکان است. زمین‌های کشاورزی شامل زمین‌های زراعی، علوفه و مرتع است. باغ‌ها و جنگل‌ها؛ اراضی کوچک‌تر از زمین برای آبی‌پروری استفاده می‌شوند. مزرعه‌ها، زمین‌هایی که ساختمان‌های مزرعه در آن واقع شده‌اند و خوراک دام، خندق‌های زهکشی، منابع آب، زمین در برنامه‌های کنار گذاشته‌شده توسط دولت و تأسیسات تجاری مرتبط با کشاورزی. امتیاز با نسبت درصد زمین در هر کاربری در مکان تعیین می‌شود (جدول ۶ و شکل ۵).

کاربری منطقه‌ای محل پیشنهادشده: قوانین منطقه بندی ابزارهای مهمی هستند که دولت‌های محلی برای تنظیم کاربری اراضی و همچنین اجرای طرح‌های جامع کاربری زمین از آن‌ها استفاده می‌کنند. در هر منطقه منطقه بندی بر اساس شایستگی‌های آن برای استفاده پیشنهادی و برای کاهش تضاد بین کاربری‌های ناسازگار ایجاد می‌شود. عدم وجود مقررات منطقه بندی، حفاظت از زمین‌های کشاورزی را ضروری‌تر می‌کند (جدول ۶ و شکل ۵).

جدول ۶. امتیازدهی و مساحت معیارهای ارزش‌گذاری نوع کاربری اراضی در محل و کاربری منطقه‌ای محل پیشنهادشده

نوع کاربری اراضی در محل	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت	کاربری منطقه‌ای محل پیشنهادشده	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت
کشاورزی	۲۰	۸/۸	هیچ مقررات منطقه‌ای وجود ندارد	۲۰	
کشاورزی رهاشده و اراضی مرتعی بدون مدیریت	۱۰	۵۳/۴۸	منطقه مصارف کشاورزی	۲۰	۹۹/۴۵
کاربری غیر کشاورزی	۰	۳۷/۷	منطقه مصارف غیر کشاورزی	۰	۰/۵۴



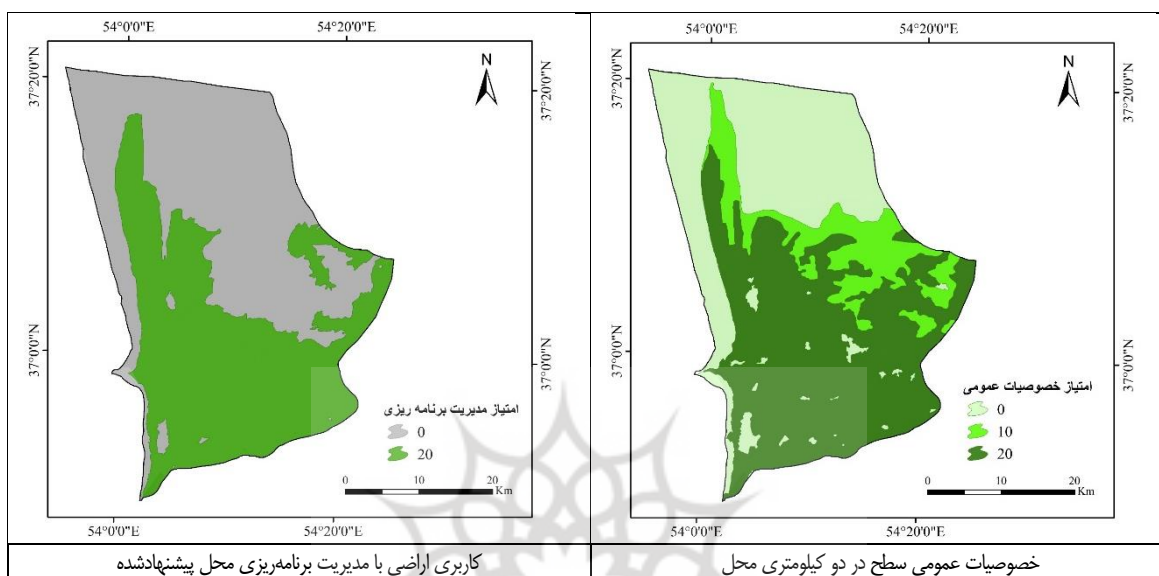
شکل ۵. امتیازدهی و مساحت معیارهای ارزش‌گذاری نوع کاربری اراضی در محل و کاربری منطقه‌ای محل پیشنهادشده

خصوصیات عمومی سطح در دو کیلومتری محل: ویژگی کلی یک منطقه در تصمیم‌گیری در مورد استفاده از زمین مهم است. مناطق تحت تسلط کاربری‌های کشاورزی عموماً برای مقاصد کشاورزی مناسب‌تر هستند. از آنجایی که شهرستان بندر ترکمن و گمیشان از منطقه دو کیلومتری به عنوان مرز قضایی برای برنامه‌ریزی شهرداری استفاده می‌کند، منطقه دو کیلومتری مورد توجه به عنوان یک واحد معقول و قابل مدیریت برای تجزیه و تحلیل کاربری زمین و ویژگی‌های کلی منطقه انتخاب شد (جدول ۷ و شکل ۶).

کاربری اراضی با مدیریت برنامه‌ریزی محل پیشنهادشده: تمامی پروژه‌ها باید با طرح جامع کاربری اراضی قابل اجرا سازگار باشند عدم اجرای طرح جامع کاربری اراضی باعث در معرض توسعه پراکنده و تکه‌تکه شدن اراضی می‌شود (جدول ۷ و شکل ۶).

جدول ۷. امتیازدهی و مساحت معیارهای ارزش گذاری خصوصیات عمومی سطح در دو کیلومتری محل و کاربری اراضی با مدیریت برنامه ریزی محل پیشنهادشده

خصوصیات عمومی سطح در دو کیلومتری محل	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت	کاربری اراضی با مدیریت برنامه ریزی محل پیشنهادشده	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت
کشاورزی	۲۰	۵۰/۰۲	عدم اجرای طرح جامع	۲۰	۴۸/۶۵
استفاده کشاورزی و غیر کشاورزی (۵۰/۵۰)	۱۰	۱۳/۹۸	برنامه ریزی شده برای مصارف کشاورزی	۲۰	۵۱/۳۴
مخلوط	۰	۳۵/۹۹	برنامه ریزی شده برای مصارف غیر کشاورزی	۰	۰

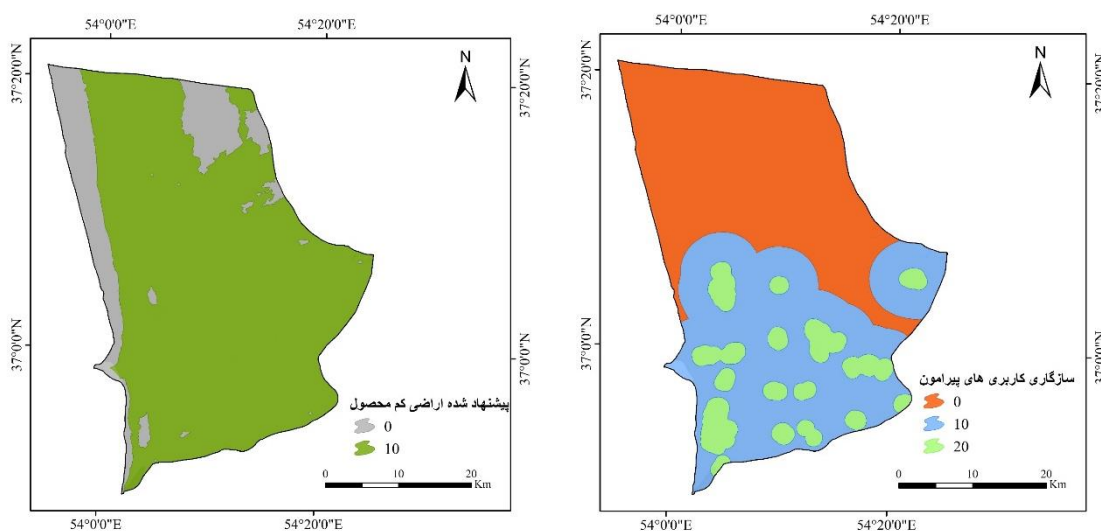
**شکل ۶.** امتیازدهی و مساحت معیارهای ارزش گذاری خصوصیات عمومی سطح در دو کیلومتری محل و کاربری اراضی با مدیریت برنامه ریزی محل پیشنهادشده

قابلیت محل پیشنهادشده با کاربری های پیرامون: زمانی که زمین های کشاورزی و غیر کشاورزی باهم ترکیب می شوند مشکلاتی به وجود می آید. با این حال، توسعه مناطق مسکونی در زمین های پنج هکتاری واقع در مجاورت کشاورزی سنتی سازگارتر است ولی برخی درگیری ها به دلیل این ترکیب به وجود می آید. اماکن فروش بذر، کود، ادوات کشاورزی و ... با کشاورزی سازگار در نظر گرفته می شوند (جدول ۸ و شکل ۷).

محل های پیشنهادشده دیگر در اراضی کم محصول: در نظر گرفتن مکان های جایگزین برای پروژه ها، بدین معنی بوده که تلاش ها برای مکان یابی پروژه ها در زمین های کشاورزی کم مولد انجام گیرد. لذا می توان مکان های مناسب جایگزینی را پیدا کرد که از زمین هایی با تولید کمتر تشکیل شده است و جایگزین سایر کاربری ها گردند که منجر به تولید بیشتر می شوند. اگر بیش از یک مکان جایگزین پیشنهاد شود، مکان ها نسبت به یکدیگر امتیاز خواهند گرفت. در بررسی این پارامتر در شهرستان های بندر ترکمن و گمیشان، اراضی باتلاقی و مرداب ها و همچنین اراضی ساحلی که قابلیت کشاورزی نداشته به عنوان کم بازده ترین زمین جایگزین انتخاب شدند (جدول ۸ و شکل ۷).

جدول ۸. امتیازدهی معیارهای ارزش گذاری قابلیت محل پیشنهادشده با کاربری های پیرامون و محل های پیشنهادشده دیگر در اراضی کم محصول

قابلیت محل پیشنهادشده با کاربری های پیرامون	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت	محل های پیشنهادشده دیگر در اراضی کم محصول	مقدار ارزش ارزیابی	% مساحت
سازگار	۲۰	۱۱/۵۳	پربارترین مکان جایگزین	۱۰	۸۴/۴
تا حدودی سازگار	۱۰	۳۹/۷۷	تنها مکان پیشنهادی	۱۰	۱۵/۵۹
ناسازگار	۰	۴۸/۶۹	کم بازده ترین مکان جایگزین	۰	۰



شکل ۷. امتیازدهی معیارهای ارزش گذاری قابلیت محل پیشنهاد شده با کاربری های پیرامون (سمت چپ) و محل های پیشنهاد شده دیگر در اراضی کم محصول (سمت راست)

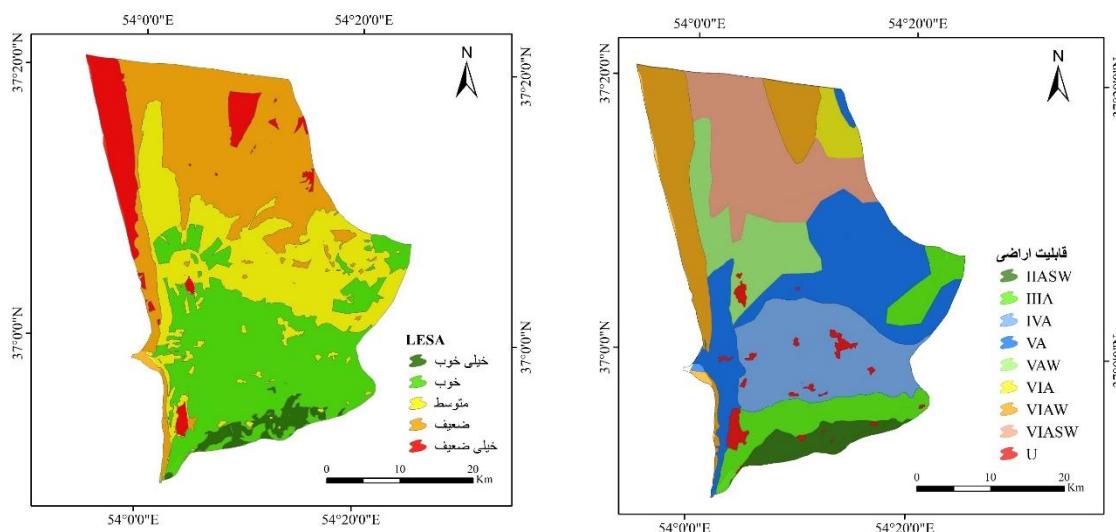
قابلیت اراضی LE: برای دستیابی به کشاورزی پایدار مشخص کردن تناسب اراضی برای کاربری های مختلف امری الزامی است (تومانیان و زین الدینی میمند، ۱۴۰۱: ۳۷). ارزش اراضی برای بسیاری از کاربری ها به طور مستقیم به خصوصیات خاک آن ها بستگی دارد و این خصوصیات از طریق مطالعات خاکشناسی مشخص می شوند (شاگری و همکاران، ۱۳۸۶: ۳۵). در استان گلستان به خاطر رشد روزافزون جمعیت و توسعه شهرها از امکان گسترش سطح زیر کشت به مرور زمان کاسته می شود و در نتیجه نیاز شدیدی به استفاده بهینه از اراضی موجود احساس می شود. کشاورزی پایدار در صورتی تحقق می یابد که اراضی برحسب تناسب برای انواع مختلف کاربری ها طبقه بندی شوند

از محدودیت های موجود در منطقه مورد مطالعه می توان به محدودیت خاک، شوری و زهکشی خاک اشاره نمود که از موارد اساسی در کشاورزی منطقه می باشد. با بررسی نقشه نهایی قابلیت اراضی شهرستان بندر ترکمن و گمیشان مشخص گردید که ۳۵/۸۸ درصد از مساحت و اراضی این دو شهرستان دارای محدودیت شدید به لحاظ کشاورزی (شوری و خاک) می باشد (جدول ۹). با نگاه کلی به شکل ۸ و نقشه حاصله که بیانگر قابلیت اراضی این دو شهرستان می باشد می توان نتیجه گرفت که تقریباً اراضی بدون محدودیت جهت کشاورزی در این منطقه وجود ندارد و این دو شهرستان دارای محدودیت های قابل توجهی می باشند که نیازمند اجرای طرح های آمایشی و تحقیق مناسب ارزیابی تناسب اراضی برای کشت انواع محصولات کشاورزی می باشد.

جدول ۹. درجات زیر کلاس های قابلیت اراضی برای آبیاری

نام زیر کلاس	عدد و نماد زیر کلاس	درجه زیر کلاس ها	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
کلاس ۱ بدون محدودیت	I	۱۰۰	.	.
کلاس ۲ با محدودیت خاک یا شوری	IIa یا IIb	۹۰	.	.
کلاس ۲ با محدودیت شوری و زهکشی یا خاک و زهکشی	IIb,w یا IIa,w	۸۰	.	.
کلاس ۲ با محدودیت خاک، زهکشی و توپوگرافی (و یا زهکشی)	IIb,w,t یا IIa,s,w	۷۰	۶۱۶۴/۲۷	۴/۰۱
کلاس ۳ با محدودیت شوری یا زهکشی یا خاک	IIIa یا IIIw یا IIIb	۶۰	۱۵۷۹۹/۳۸	۱۰/۲۹
کلاس ۳ با محدودیت خاک و زهکشی یا شوری و زهکشی	IIIb,w یا IIIa,w	۵۰	.	.
کلاس ۳ با محدودیت خاک، زهکشی و توپوگرافی	IIIb,w,t	۴۰	.	.
کلاس ۴ با محدودیت خاک یا شوری	Iva یا IVb	۳۰	۲۶۵۶۸/۹۵	۱۷/۳۱
کلاس ۴ با محدودیت خاک (و یا شوری) و زهکشی	IVa,w یا IVb,w	۲۰	.	.

۳۲/۴۵	۴۹۸۱۲/۹۸	۱۰	V	کلاس ۵
۳۵/۸۸	۵۵۰۷۰/۷۱	۰	VI	کلاس ۶



شکل ۸. امتیازدهی معیارهای ارزش‌گذاری کلاس‌های قابلیت اراضی برای آبیاری نشریه ۲۰۵ (سمت چپ) و ارزیابی تناسب اراضی LESA (سمت راست)

ارزیابی تناسب اراضی LESA شهرستان‌های بندر ترکمن و گمیشان به روش ادغام سیستمی نقشه‌ها برای کاربری‌های کلان انجام گردید. کاربری‌های کلان شامل مرتع، زراعت دیم و آبی، کاربری شهری و مسکونی، آبی‌پروری، دریاچه سد و مخزن آبی، اراضی ساحلی و تالاب هستند. برای این کاربری‌ها و بر اساس داده‌های پایه تهیه‌شده مدل مناسب جهت این شهرستان‌ها تدوین گردید و نتیجه ارزیابی‌ها به صورت درصد مساحت برای غرب استان گلستان تهیه شد (جدول ۹ و ۱۰ و شکل ۸). بر اساس مقایسه مکانی قابلیت اراضی FAO و آمایش LESA می‌توان گفت تمامی روش‌های برآورد ارزیابی اراضی دارای نقاط قوت و ضعف هستند. یکی از مواردی موردنظر دخیل بودن نظر کارشناس در امتیازدهی عوامل مؤثر بر فرایند ارزیابی اراضی می‌باشد که باعث بروز خطا در امتیازدهی می‌شود. در اینجا برای مقایسه دو روش قابلیت اراضی FAO و آمایش LESA از روش روی هم‌گذاری استفاده که نتایج آن در جدول ۱۰ نمایش داده شده است (اعداد برحسب مساحت کل منطقه برآورد شده است).

جدول ۱۰. مقایسه مکانی قابلیت اراضی FAO و آمایش LESA

کلاس	آمایش LESA					قابلیت اراضی FAO
	۵	۴	۳	۲	۱	
۱	۲/۴۴	۱/۵۹	۰/۰۵	۰	۰	۱
۲	۰/۲۸	۹/۳۳	۰/۸۶	۰	۰	۲
۳	۰	۱۶/۰۶	۱/۵۵	۰	۰	۳
۴	۰	۵/۱۹	۲۱/۸۷	۵/۹۶	۰	۴
۵	۰	۰	۱/۷۷	۲۵/۲۵	۷/۸۵	۵

برای ارزیابی میزان اعتبار، دقت و کارایی مدل LESA در این پژوهش، از ترکیبی از اعتبارسنجی ساختاری، میدانی و مقایسه‌ای استفاده شده است.

۱- اعتبارسنجی محتوایی: برای تعیین شاخص‌های مؤلفه‌های LE و SA، نظرات ۱۵ نفر از کارشناسان محلی و دانشگاهی، به‌عنوان خبرگان (قضات کنندگان)، با استفاده از روش دلفی دومرحله‌ای گردآوری شد. میزان توافق بین کارشناسان با استفاده از

شاخص CVR (Content Validity Ratio) بررسی شد. مقدار CVR برای اغلب شاخص‌ها بیش از مقدار بحرانی جدول لاوشه Lauché (۰.۴۹ برای ۱۵ نفر) بود. به‌طور متوسط ۱۳ نفر از ۱۵ خبره آن را «ضروری» تشخیص داده‌اند که مقدار CVR حدود ۰/۷۳ برآورد شده است که نشان‌دهنده اعتبار محتوای شاخص‌ها است.

۲- سازگاری در وزن دهی معیارها: وزن دهی معیارها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد. نرخ ناسازگاری برای ماتریس‌های زوجی در همه موارد کمتر از ۰.۱ گزارش شد ($CR = 0.07$)، که نشان‌دهنده قابل‌اعتماد بودن ماتریس وزن دهی است. (Saaty, 1980)

۳- اعتبارسنجی مکانی: نتایج مدل LESA با داده‌های بازدید میدانی از ۲۰ نقطه تصادفی در منطقه مقایسه شد. انطباق نتایج نقشه تناسب اراضی با مشاهدات میدانی با استفاده از شاخص Kappa برابر با ۰.۸۱ محاسبه شد که بیانگر توافق بسیار خوب است.

۴- مقایسه با مدل مرجع (FAO): برای بررسی دقت نسبی، خروجی مدل LESA با طبقه‌بندی قابلیت اراضی به روش FAO مقایسه شد. میزان انطباق مساحتی دو مدل با استفاده از روش روی هم‌گذاری نقشه‌ها در محیط GIS انجام شد. ضریب تطابق فضایی بین دو مدل برابر با ۷۲.۶ درصد گزارش شد، اما مدل LESA مناطق مستعدتری را از نظر اجتماعی-اقتصادی شناسایی کرد.

بحث

سیستم مدیریت زراعی در ایران به خاطر توسعه مکانی کشاورزی از طریق بهبود فناوری آبیاری، استفاده از کود آلی و معدنی، کنترل بیوشیمیایی آفات و دست‌کاری ژنتیکی گیاهان به نفع سود اقتصادی تغییر کرده است، البته این امر باعث افزایش وسعت کشت متراکم شده است. منابع اراضی در ایران با فعالیت شدید کشاورزی باعث افزایش تخریب زیست‌محیطی مانند فرسایش خاک و شور شدگی اراضی شده است. چالش‌های فوق نگرانی عمیقی را برای تصمیم‌گیران ایجاد کرده است، از این‌رو، ایجاد و توسعه روشی جامع و دقیق برای تعیین تناسب کلاس‌های قابلیت اراضی برای محصولات زراعی در شرایط خشک ایران از اهمیت حیاتی برخوردار است.

بررسی موقعیت مکانی واحد ارزیابی اراضی در محدوده مورد مطالعه نشان داده است که الگوی پراکنش تراکم پهنه واحد ارزیابی اراضی بر اساس موقعیت جغرافیای منطقه در شکل ۸ دال بر است که این نتیجه خروجی مدل تا حدودی با طبیعت منطقه همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که در مناطق کم‌بهره و شور در منطقه شمالی مورد مطالعه، پهنه‌های با استعداد اراضی ضعیف قرار گرفته است. ولی در بخش جنوبی منطقه با وفور منابع اراضی بهتر (نزدیکی به گرگان‌رود و کوهپایه‌ای)، اراضی با استعداد خیلی خوب را نمایش می‌دهد که این نتیجه با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (Akbari et al, 2019; Akbari et al. 2022; Esmaili et al. 2021). مطابق تراکم پهنه‌ها در منطقه، مجموع اراضی با ارزش استعداد اراضی خوب بیش از ۳۱/۵۶ درصد است که بیشترین پهنه مساحت کلاس را نشان می‌دهد.

بررسی موقعیت مکانی واحد ارزیابی اراضی در رابطه عوامل محیطی نشان داده است که از نظر عامل توپوگرافی از نظر اهمیت پراکنش مناطق بر میزان تراکم پهنه‌ها تأثیر بیشتری دارد که ارتباط وقوع عامل شوری در مناطق کم ارتفاع و اراضی پست باعث کاهش استعداد اراضی می‌شود؛ به عبارت دیگر، با توجه فیزیوگرافی منطقه گلستان و قرارگیری مناطق کم استعداد از لحاظ ارزیابی اراضی در مناطق با شیب کم خطر ماندایی بیشتر است و در شمال استان گلستان تالاب‌ها و مناطق شور اکثراً برهم منطبق هستند لذا اثر این دو تا حدودی در وقوع اراضی کم بازده مشابه است که کلاس‌های پرخطر در فواصل نزدیک به این مناطق قرار دارد. لذا اراضی پست شور به عنوان یک منطقه کم مستعد به شمار می‌رود.

رابطه ارزیابی اراضی با عوارض انسان ساخت فاصله از مناطق مسکونی و جاده دال بر این است در این پژوهش، با استفاده از یک مدل ترکیب ارزیابی اراضی LE و ارزشیابی مکان LA، اقدام به تخمین تناسب اراضی برای بخشی از اراضی شهرستان بندر ترکمن و گمیشان در غرب استان گلستان گردید. ارزیابی‌های انجام شده نشان داد که میزان قابلیت تخمین زده شده بر اساس LESA فقط ۱۰/۲۳ درصد اراضی محدودیتی در عملکرد گزارش شده ندارد و بقیه مناطق تا حدودی با یکی از محدودیت‌ها درگیر است. به طوری که حدود ۵۳/۲۵ درصد اراضی از اراضی ناپایدار محسوب می‌گردد.

سامانه LESA نتیجه دقیق تر و درستی را به ما می‌دهد؛ این موضوع شاید به خاطر این است که در این سامانه، محاسبات و نتایج با بر اساس دانش مکان صورت می‌پذیرد و نهایتاً مناسب‌ترین اراضی آن منطقه انتخاب می‌شود؛ اما در ارزیابی قابلیت اراضی (FAO) به علت عدم امکان ورود مسائل اجتماعی و اقتصادی همیشه زیر سؤال بود و اینکه عملکرد اراضی با افزودن دانش مکان ارزیابی اراضی بر اساس پارامترهای مهم محلی منجر به نتیجه مطلوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

سیستم مدیریت زراعی در ایران به طور گسترده با توسعه فناوری‌های آبیاری، استفاده از کودهای آلی و معدنی، کنترل بیولوژیک آفات و دست‌کاری ژنتیکی گیاهان دچار تغییر شده و باعث افزایش تبدیل مناطق مرتعی به اراضی زراعی یا مسکونی شده است. با توجه به اینکه هدف این مطالعه ارزیابی قابلیت اراضی است که در صورت مدیریت نامناسب مشکلاتی مانند تخریب اراضی را در پی خواهد داشت.

در این مطالعه از سامانه LESA و معیارهای قابلیت اراضی (FAO) استفاده شده است که علی‌رغم مزایا و معایب، سامانه LESA نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهد. در این مقاله روش طبقه‌بندی قابلیت اراضی به نام LESA با توجه به شرایط محلی و با استفاده از دانش و تجربه کمیته محلی برای شناسایی ارزش نسبی منابع زمین برای محصولات کشاورزی طراحی شده است. مطالعه‌ای که در اینجا بررسی شده است، به ارزیابی اراضی در یک منطقه خاص می‌پردازد که در این مطالعه معیارهای مناسب از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، نظر کارشناسان مجرب و مطالعات قبلی مشخص شده‌اند. این معیارها و اقدامات به دو بخش کلی ارزیابی اراضی LE و ارزشیابی مکان LA تقسیم شده‌اند که نتایج آن به صورت نقشه ارائه شده است. سپس، بررسی موقعیت مکانی واحد ارزیابی اراضی در محدوده مورد مطالعه و ارتباط آن با عوامل محیطی از جمله توپوگرافی، شوری، فاصله از مناطق مسکونی و جاده بررسی شده است.

نتایج این پژوهش نشان داد که مدل LESA، به عنوان یک ابزار تحلیلی ترکیبی، در ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی عملکرد قابل قبولی داشته و در مقایسه با مدل سنتی FAO، دقت بالاتری در شناسایی اراضی مستعد دارد. تنها ۱۰/۲۳ درصد از اراضی منطقه بدون محدودیت شناسایی شدند و ۵۳/۲۵ درصد دارای شرایط ناپایدار بودند که نشان‌دهنده لزوم بازنگری در سیاست‌های بهره‌برداری و کاربری زمین است. نتایج نشان می‌دهد که مناطق شمالی مورد مطالعه به علت محدودیت‌های خطرناک از قبیل محدودیت زهکشی و شوری خاک دارای آسیب‌پذیری بالاتری هستند و ارزش تناسب آن‌ها برای کشاورزی کمتر است. همچنین، نتایج حاصله بر اساس تحلیل رابطه عوامل محیطی با ارزیابی اراضی می‌توان گفت که در مدل معیارهای اجتماعی و اقتصادی به ویژه ای به صورت مکانی، نشان داده است به طوری که معیار فاصله از مناطق مسکونی و جاده به عنوان یک منبع خطر برای انواع کاربری زمین و عامل به هم خوردن حالت طبیعی زمین‌ها معرفی شده است. همچنین، این یافته‌ها با مقایسه مدل LESA با مدل FAO تأیید شدند، که در آن مدل LESA به دلیل در نظر گرفتن عوامل اجتماعی و اقتصادی محلی (مانند دسترسی به زیرساخت‌ها و تعامل با کاربری‌های پیرامون)، دقت بیشتری در شناسایی اراضی مناسب داشت.

تحلیل منطقی نتایج و ارتباط با واقعیت‌های منطقه نشان داده است با توجه به بازدید میدانی، الگوی پراکنش اراضی شناسایی شده توسط مدل LESA با شرایط جغرافیایی منطقه هم‌خوانی دارد. تحلیل مکانی مدل نیز نشان داد که در مناطق شمالی، به دلیل ارتفاع کم و تراکم بالای نمک، اراضی ناسازگار گسترش بیشتری دارند. در مقابل، اراضی جنوبی که در نزدیکی رودخانه گرگان‌رود و منابع آبی قرار دارند، تناسب بیشتری برای کشت دارند. همچنین، شاخص‌هایی نظیر فاصله از شهر و نوع جاده دسترسی نیز به‌عنوان عوامل بحرانی در تصمیم‌گیری برای کاربری کشاورزی ظاهر شدند. این یافته با مطالعات قبلی (Akbari et al., 2019; Esmaeili et al., 2021) نیز سازگار است. نکته حائز اهمیت نقش دانش محلی در ارزیابی اراضی است: وزن دهی معیارهای LESA با استناد به نظر کارشناسان و کشاورزان محلی، دقت نتایج را افزایش داد. این رویکرد مشارکتی (PGIS) باعث شد تا نتایج نه‌تنها از دید علمی، بلکه از دید جامعه محلی نیز پذیرفته شوند؛ بنابراین، این مطالعه نتایج مهمی در خصوص ارزیابی اراضی در یک منطقه خاص ارائه داده است که می‌تواند به مدیریت بهتر منابع طبیعی و توسعه پایدار در این منطقه کمک کند. همچنین، روش‌های مورد استفاده در این مطالعه، می‌تواند به‌عنوان الگویی برای ارزیابی اراضی مناطق مشابه مورد استفاده قرار گیرد. با این حال، لازم به ذکر است که این مطالعه ممکن است محدودیت‌هایی داشته باشد و برای بررسی ارزیابی اراضی در مناطق دیگر، نیاز به مطالعات بیشتری دارد. با وجود این وضعیت اراضی زراعی شهرستان‌های بندر ترکمن و گمیشان به‌طور معناداری با مدل LESA سازگار است و سامانه پیشنهادی با ترکیب ارزیابی اراضی LE و ارزشیابی مکان LA، اطلاعات دقیقی را برای مدیران و برنامه ریزان در اختیار قرار می‌دهد، اما برخی داده‌های زمینی نیازمند اندازه‌گیری میدانی هستند و فن‌های پژوهش نیز برای بهبود مدیریت پایدار منابع اراضی و آب ضروری مفید است (Gessesse et al, 2023:235). هرچند در این پژوهش حاضر سعی بر این است راه‌حل معقول و راه گشا برای این مسئله پیدا شود تا از بروز چنین مسائلی از قبیل تخریب اراضی بر حذر نمود؛ با پیشرفت علم و فناوری در استفاده اراضی و افزایش آگاهی عمومی در جوامع می‌توان روش مناسب‌تری یافت. در حوزه علم علوم مکانی مثل جغرافیا که استفاده از تحلیل مکانی در GIS در حوزه ارزیابی‌های اراضی نیز کارایی مناسب و بهینه‌ای را دارد؛ بنابراین، در این پروژه از آن بهره گرفته و توسط ابزار تحلیل مکانی، اراضی مناسب و بهینه را برای منطقه ارزیابی پیداشده است؛ آنچه پیشنهاد شد اراضی که در آن تخریب اراضی به حداقل می‌رسد و پایداری استفاده از آن حداکثر خواهد بود. به‌گونه‌ای که دیگر نیازی به نگرانی از تخریب اراضی و دیگر مسائل نبود و می‌توان گفت که از این طریق، به پایداری و ایمنی محیط‌زیست کمک می‌شود؛ اما از طرفی دیگر در این پژوهش از روش قبلی قابلیت اراضی (FAO) استفاده شده است؛ نوآوری این پژوهش در ترکیب مدل LESA با GIS و استفاده از دانش محلی در سطح مزرعه در منطقه‌ای نیمه‌خشک است که تاکنون در ایران کمتر مورد توجه بوده است. مدل LESA از پارامترها و متغیرهای محلی بهره می‌برد تا از نظر مکانی و فنی مسائل را مورد تحلیل و محاسبات قرار دهد (Pease & Coughlin 2011:15)؛ از مهم‌ترین دلایل برتری مدل LESA می‌توان به تلفیق عوامل فیزیکی با شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی محلی، استفاده از دانش بومی، و قابلیت پیاده‌سازی در محیط GIS اشاره کرد. این امر باعث شد نتایج مدل تا حد زیادی با واقعیت‌های فضایی منطقه منطبق باشد، به‌ویژه در مناطقی که محدودیت‌هایی همچون شوری خاک، زهکشی ضعیف، و فشارهای توسعه شهری وجود دارد. با وجود این که کلاس‌های قابلیت اراضی (FAO) به‌عنوان یک متغیر (ارزیابی اراضی LE) در مدل LESA در این پژوهش از این ابزار استفاده شده و برای درک اینکه تفاوت‌ها با افزودن متغیرهای مکان LA این دو مورد مقایسه قرار می‌گیرد. با مقایسه این دو ابزار متوجه می‌شویم که هر کدام از آن‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارند؛ اما در حالت کلی سامانه LESA نتیجه دقیق‌تر و درستی را به ما می‌دهد؛ این موضوع شاید به خاطر این است که در این سامانه، محاسبات و نتایج با بر اساس دانش مکان صورت می‌پذیرد و نهایتاً مناسب‌ترین اراضی آن منطقه انتخاب می‌شود؛ اما در ارزیابی قابلیت اراضی (FAO) به علت عدم امکان ورود مسائل اجتماعی و اقتصادی همیشه زیر سؤال بود و اینکه عملکرد اراضی با افزودن دانش مکان ارزیابی اراضی بر اساس پارامترهای مهم محلی منجر به نتیجه مطلوب می‌شود.

با وجود افزودن دانش مکانی هنوز هم مسائل مدیریت اراضی بخصوص مدیریت انسانی (بخصوص در سطح مزرعه) مورد اغماض قرار گرفته است. همچنین معیار اقلیمی (مثل بارش و دما) در این مدل ارزیابی به عنوان یک محدودیت اراضی مدنظر نبوده، چون هدف ارزیابی اراضی کشت آبی بوده با فرض وجود منبع آبیاری محدودیت به شمار نمی رود. پیام اصلی این پژوهش آن است که برای دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی، باید از مدل های تصمیم گیری چندمعیاره نظیر LESA استفاده شود که قابلیت بومی سازی و انعطاف پذیری بالا دارند. نتایج این تحقیق می تواند به عنوان الگویی برای سایر مناطق خشک و نیمه خشک کشور جهت بهینه سازی بهره برداری از اراضی کشاورزی و جلوگیری از تخریب خاک مورد استفاده قرار گیرد.

حامی مالی

این پژوهش از حمایت معاونت آموزشی و پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس در قالب پژوهانه کارشناسی ارشد دانشجویی برخوردار بوده است. همچنین لایه های اطلاعاتی (تصاویر ماهواره ای و کاربری اراضی) به طور رایگان از طریق Google Earth Engine تهیه شد.

سهم نویسندگان در پژوهش

حسن احمدی، نویسنده اول، (استاد راهنما): نظریه پردازی، پردازش و ارزیابی مدل، مسئول مکاتبات. چوقی بایرام کمکی نویسنده دوم (استاد مشاور): مشاوره در طراحی پژوهش و بازبینی علمی مقاله. الناز کر، نویسنده سوم (دانشجوی کارشناسی ارشد): جمع آوری داده ها، اجرای مدل، بازدید میدانی و نگارش پیش نویس اولیه مقاله. تمامی نویسندگان سهمی برابر دارند.

تضاد نافع

نویسندگان اعلام می دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از حمایت پژوهانه دانشجویی دانشگاه تربیت مدرس قدردانی می کنند. همچنین از همکاری ارزشمند اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، به ویژه در تأمین داده ها و اطلاعات میدانی، صمیمانه تشکر می شود. قدردانی ویژه نیز از همه همکارانی است که در فرایند ارزیابی و بازبینی علمی این پژوهش یاری رسان بودند.

منابع

- ابراهیمی، رضا. (۱۳۹۵) *تحلیل انتقادی و آسیب شناسی برنامه های آمایش (برنامه ریزی آمایش) در ایران*. تهران: الگوی پیشرفت (وابسته به مرکز الگوی اسلامی ایرانی پیشرفت).
- اخوان، سحر؛ جلالیان، احمد؛ تومانیان، نورایر و هنرجو، ناصر. (۱۴۰۲). کاربرد مدل تصمیم گیری چندمعیاره در ارزیابی تناسب اراضی. *آب و خاک*، ۳۷(۱)، ۴۵-۶۲. <https://doi.org/10.22067/jsw.2023.78892.1205>
- امیدی پور، مرتضی؛ نیسانی سامانی، نجمه؛ تومانیان، آرا و فرجی سبکبار، حسنعلی. (۱۳۹۶). توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم گیری مکانی (SDSS) با رویکردی آمایشی در تحلیل تناسب اراضی. *برنامه ریزی و آمایش فضا*، ۲۲(۲)، ۱-۲۲.
- اسکندری، حمید. (۱۳۹۰). *آمایش سرزمین از منظر پلانند غیرعامل*. تهران: بوستان حمید.
- بای، ناصر؛ منتظری، مجید؛ گندمکار، امیر و عطایی، هوشمند. (۱۳۹۱). مطالعه پتانسیل اراضی کشت گندم دیم در استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۲(۴)، ۱۹-۴۲.
- تقی زاده دیوا، سیدعلی و روشناس، ساسان. (۱۳۹۸). کاربرد روش جای پای اکولوژیک در ارزیابی پایداری زیست محیطی. مطالعه موردی: شهرستان گرگان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۹(۳۳)، ۱۵۷-۱۷۰. doi: 10.30488/gps.2019.100862

- توکلی، مرتضی؛ ابراهیمی، آرامو حمیدی تهرانی، سمیرا (۱۳۹۷) تحلیل الگوی منطقه بندی آمایش سرزمین در ایران از پسامشروطه تا به حال، *برنامه ریزی و آمایش فضا (مدرس علوم انسانی)*، ۲۲(۱)، ۱۴۳-۱۷۹.
- تومانیان، نورایر و زین الدینی میمند، علی. (۱۴۰۱). ارزیابی اراضی، ضرورت دستیابی به توسعه پایدار. *مدیریت اراضی*، ۱۰(۱)، ۳۷-۵۹. doi: 10.22092/lmj.2020.127278.200
- دورودیان، حمیدرضا و دورودیان، عاطفه. (۱۳۹۶). پیامدهای اجتماعی و بوم‌شناختی تغییر بی‌رویه کاربری اراضی کشاورزی. *نشریه علمی ترویجی مدیریت اراضی*، ۵(۲)، ۸۱-۹۷.
- رستمی، فرحناز؛ مرادی، خدیجه؛ گراوندی، شهپر؛ افشارزاده، نشمیل؛ قنبر علی، رضوان؛ زرافشانی، کیومرث و فرهادی، محمدرضا. (۱۳۹۲). ارزیابی مشارکتی طرح تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی دشت میان دربند شهرستان کرمانشاه از نگاه کشاورزان. *تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۴۴(۲)، ۲۸۳-۲۹۵. doi: 10.22059/ijaedr.2013.36725.
- شاکری، سیروس؛ پاشایی، عباس و مؤمنی، عزیز. (۱۳۸۶). مطالعه خاکشناسی نیمه تفصیلی به روش ژئوپدولوژیک برای بهینه‌سازی طبقه‌بندی تناسب اراضی در منطقه آق‌قلا. *علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۴(۵)، ۳۵-۴۵.
- شورایعالی آمایش سرزمین. (۱۳۹۹). *سند ملی آمایش سرزمین*، سازمان برنامه‌وبودجه کشور، دبیرخانه شورایعالی آمایش سرزمین، تهران. ص ۴۳.
- صفری پور، مهسا و ناصری، داریوش. (۱۳۹۸). ارزیابی تناسب اراضی برای استقرار کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری با روش ترکیب خطی وزن‌دار (مطالعه موردی: حوضه آبر چای استان اردبیل). *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۱(۸)، ۱۱۳-۱۲۳.
- علی‌خواه اصل، مرضیه و رضاپور اندییلی، نفیسه. (۱۴۰۰). ارزیابی قابلیت اراضی برای توسعه کشاورزی و مرتع‌داری (مطالعه موردی: حوضه آب خیز سد تاجیار استان آذربایجان شرقی). *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۳(۱۲)، ۴۵-۵۴.
- عمو، ابراهیم و حاتمی نژاد، حسین. (۱۳۹۷). آسیب‌شناسی و ارزیابی طرح‌های آمایش سرزمین در کشور ایران. *فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۹(۳۴)، ۲۷-۳۸. <https://doi.org/10.22516735.1398.9.34.3.8>
- کفایتی، نرگس؛ قربانی، خلیل و عبدالله زاده، غلامحسین. (۱۴۰۰). سطح‌بندی منطقه‌ای آسیب‌پذیری به خشک‌سالی در استان گلستان. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۸(۲)، ۱۵-۳۲.
- مرکز آمار ایران. (۱۳۸۵). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۸۵. تهران: مرکز آمار ایران.
- مرکز آمار ایران. (۱۴۰۳). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۴۰۳. تهران: مرکز آمار ایران.
- مهری، آزاده و سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۵) مروری بر مدل‌های آمایش سرزمین، *انسان و محیط‌زیست*، ۱۵(۱)، ۷۱-۹۲.
- نیازمرادی، مارال و کاظمی، حسین. (۱۳۹۳). امکان‌سنجی اجرای تناوب گندم - کلزا در اراضی کشاورزی شهرستان‌های بندر ترکمن و گمیشان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). *پژوهش در اکوسیستم‌های زراعی*، ۱(۴)، ۶۵-۸۲.

References

- Adolph, B., Jellason, N. P., Kwenye, J. M., Davies, J., Dray, A. G., Waeber, P. O., Jeary, K., & Franks, P. (2023). Exploring Farmers' Decisions on Agricultural Intensification and Cropland Expansion in Ethiopia, Ghana, and Zambia through Serious Gaming. *Land*, 12(3), 556. <https://doi.org/10.3390/land12030556>
- Akhavan, S., Jalalian, A., Toomanian, N., & Honarjoo, N. (2023). The Application of Multi-Criteria Decision-Making Model in Land Suitability Assessment. *Water and Soil*, 37(1), 45–62. <https://doi.org/10.22067/jsw.2023.78892.1205>. [In Persian].
- Akbari, M., Mohammad Tahmoures, A., Azma, A., Kiyanfar, R., & Farzad Tat Shahdost, M. (2022). Land capability assessment by combining LESA and GIS in a calcareous watershed, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(5), 404. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-09729-5>
- Akbari, M., Neamatollahi, E., & Neamatollahi, P. (2019). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 98, 587–598. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.035>

- Alikhah Asl, M., & Rezapoor Andabili, N. (2022). Evaluation of land capability for developing Agriculture and Range management (Case Study: Tajyar dam basin in East Azerbaijan Province). *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(12 (115)), 45–54. [In Persian].
- Amoo, E., & Hataminejad, H. (2019). The Pathology of Iranian Land Use Planning. *Journal of Regional Planning*, 9(34), 27–38. <https://doi.net/dor/20.1001.1.22516735.1398.9.34.3.8>. [In Persian].
- Bay, N., Montazeri, M., Gadnomkar, A., & Ataei, H. (2012). The Study of Potential of Dry Farming Wheat Cultivation in Golestan Province by Using Geographic Information System (GIS). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 2(4), 19–42. [In Persian].
- Bennett, R. (2007). *Property rights, restrictions and responsibilities: Their nature, design and management* (PhD Thesis). University of Melbourne, Department of Geomatics.
- Bennett, R., Wallace, J., & Williamson, I. (2006). Managing rights, restrictions and responsibilities affecting land. In *Combined 5th Trans Tasman Survey Conference & 2nd Queensland Spatial Industry Conference* (pp. 18–23). Citeseer.
- Doroudian, H., & Doroudian, A. (2018). Social and Ecological Impacts of Agricultural Land Use Change. *Land Management Journal*, 5(2), 81–97. <https://doi.org/10.22092/lmj.2018.115849>. [In Persian].
- Ebrahimi, R. (2016). *Critical Analysis and Pathology of Spatial Planning Programs (Spatial Planning Schemes) in Iran*. Progress Model (affiliated with the Center for Iranian-Islamic Progress Model), Tehran, p. 126. [In Persian].
- Esmaeili, E., Shabbazi, F., Sarmadian, F., Jafarzadeh, A. A., & Hayati, B. (2021). Land capability evaluation using NRCS agricultural land evaluation and site assessment (LESA) system in a semi-arid region of Iran. *Environmental Earth Sciences*, 80(4), 163. <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09468-y>
- Eskandari, H. (2011). *Land Use Planning from the Perspective of Passive Defense*. Tehran: Boustane-Hamid. [In Persian].
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. FAO Soils Bulletin: 32. ISBN 92-5-100111-1. Rome. <https://www.fao.org/3/x5310e/x5310e00.htm>
- Ferguson, C. A., & Bowen, R. L. (1991). Statistical evaluation of an agricultural land suitability model. *Environmental Management*, 15(5), 689–700. <https://doi.org/10.1007/BF02589627>
- Gessesse, B. D., Ali, A., & Regassa, A. (2023). Land Evaluation and Land Use Planning. In S. Beyene, A. Regassa, B. B. Mishra, & M. Haile (Eds.), *The Soils of Ethiopia* (pp. 235–255). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17012-6_10
- Hajian, M., & Jangchi Kashani, S. (2021). Evolution of the concept of sustainability. From Brundtland Report to sustainable development goals. In C. M. Hussain & J. F. Velasco-Muñoz (Eds.), *Sustainable Resource Management* (pp. 1–24). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824342-8.00018-3>
- Holden, E., Linnerud, K., & Banister, D. (2014). Sustainable development: Our Common Future revisited. *Global Environmental Change*, 26, 130–139. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.006>
- Jafari, S., & Zaredar, N. (2010). Land Suitability Analysis using Multi Attribute Decision Making Approach. *International Journal of Environmental Science and Development*, 1(5), 441–445. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2010.V1.85>
- Jahanshiri, E., Mohd Nizar, N. M., Tengku Mohd Suhairi, T. A. S., Gregory, P. J., Mohamed, A. S., Wimalasiri, E. M., Bispo, A., & Azam-Ali, S. N. (2020). A Land Evaluation Framework for Agricultural Diversification. *Sustainability*, 12(8), 3110. <https://doi.org/10.3390/su12083110>
- Kefayati, N., Ghorbani, K., & Abdollahzade, G. H. (2021). Regional leveling of drought vulnerability in Golestan province. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 8(2), 15–32. [In Persian].
- Kennedy, C. M., Hawthorne, P. L., Miteva, D. A., Baumgarten, L., Sochi, K., Matsumoto, M., Evans, J. S., Polasky, S., Hamel, P., Vieira, E. M., Devey, P. F., Sekercioglu, C. H., Davidson, A. D., Uhlhorn, E. M., & Kiesecker, J. (2016). Optimizing land use decision-making to sustain Brazilian agricultural profits, biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation*, 204, 221–230. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.039>
- Liu, Y., de Vries, W. T., Zhang, G., & Cui, X. (2024). From tradition to smart: A comprehensive review of the evolution and prospects of land use planning tools. *Heliyon*, 10(23), e40857. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40857>

- Löbmann, M. T., Maring, L., Prokop, G., Brils, J., Bender, J., Bispo, A., & Helming, K. (2022). Systems knowledge for sustainable soil and land management. *Science of the Total Environment*, 822, 153389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153389>
- Luan, C., Liu, R., & Peng, S. (2021). Land-use suitability assessment for urban development using a GIS-based soft computing approach: A case study of Ili Valley, China. *Ecological Indicators*, 123, 107333. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107333>
- Marraccini, E., Gotor, A. A., Scheurer, O., & Leclercq, C. (2020). An Innovative Land Suitability Method to Assess the Potential for the Introduction of a New Crop at a Regional Level. *Agronomy*, 10(3), 330. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030330>
- Mehri, A., and Salman-Mahini, A. (2016). A Review of Land Use Planning Models. *Human and Environment*, 15(1), 71–92. [In Persian].
- Niazmoradi, M., & Kazemi, H. (2015). Feasibility of wheat-canola rotation performance in agricultural lands of Bandar-Torkman and Gomishan townships using Geographic Information System (GIS). *Research in Crop Ecosystems*, 1(4), 65–82. [In Persian].
- Omidipoor, M., Nisani Samani, N., Tomanian, A., & Faraji Sabokbar, H. (2018). Developing a Spatial Decision Support System (SDSS) with Spatial Planning Approach in Land Suitability Analysis. *The Journal of Spatial Planning and Geomatics*, 22(2), 1–22. [In Persian].
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325(5939), 419–422.
- Pease, J. R., & Coughlin, R. E. (2011). *National agricultural land evaluation and site assessment (LESA) handbook*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service (NRCS), Washington, DC. Vol. 95, p. 240.
- Qian, F., Lal, R., & Wang, Q. (2021). Land evaluation and site assessment for the basic farmland protection in Lingyuan County, Northeast China. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128097. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128097>
- Ramya, S., & Devadas, V. (2019). Integration of GIS, AHP and TOPSIS in evaluating suitable locations for industrial development: A case of Tehri Garhwal district, Uttarakhand, India. *Journal of Cleaner Production*, 238, 117872. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117872>
- Rossiter, D. G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Geoderma*, 72(3), 165–190. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(96)00031-6)
- Rostami, F., Moradi, K., Gravandi, S., Afsharzadeh, N., Ghanbarali, R., Zarafshani, K., & Farhadi, M. R. (2013). Participatory Appraisal of Land fragmentation, renovation and development plane in Miandarband plain, Kermanshah Province on farmers view. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(2), 283–295. <https://doi.org/10.22059/ijaedr.2013.36725> . [In Persian].
- Safaripour, M., & Naseri, D. (2019). Ecological Land Capability Evaluation for Agriculture and Range Management Using WLC Method (Case study: Onarchay watershed, Ardabil province). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(8 (87)), 113–123. [In Persian].
- Shakeri, S., Pashaei, A., & Moameni, A. (2008). Semi-detailed soil survey for boosting land suitability classification in Aq Qaleh area, using a geopedologic approach. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(5), 35–45. [In Persian].
- Statistical Center of Iran. (2006). *Results of the 2006 National Population and Housing Census*. Tehran: Statistical Center of Iran. [In Persian].
- Statistical Center of Iran. (2024). *Results of the 2024 National Population and Housing Census*. Tehran: Statistical Center of Iran. [In Persian].
- Steiner, F., Dunford, R., & Dosdall, N. (1987). The use of the agricultural land evaluation and site assessment system in the United States. *Landscape and Urban Planning*, 14, 183–199. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(87\)90028-4](https://doi.org/10.1016/0169-2046(87)90028-4)
- Supreme Council of Spatial Planning. (2020). *National Spatial Planning Document*. Plan and Budget Organization of the Islamic Republic of Iran, Secretariat of the Supreme Council of Spatial Planning, Tehran, p. 43. [In Persian].
- Taghizadeh Diva, S. A., & Rooshenas, S. (2019). Application of Ecological Footprint Method in Environmental Sustainability Assessment (Case Study: Gorgan County). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 9(33), 157–170. <https://doi.org/10.30488/gps.2019.100862> [In Persian].

- Tavakoli, M., Ebrahimi, A., & Hamidi Tehrani, S. (2018). Analysis of Iran spatial planning zoning pattern from post-Constitutional Revolution till present. *The Journal of Spatial Planning and Geomatics*, 22(1), 85–123.. [In Persian].
- Toomanian, N., & Zeinadini Meimand, A. (2022). Land Assessment: The Prerequisite to Sustainable Development. *Land Management Journal*, 10(1), 37–59. <https://doi.org/10.22092/lmj.2020.127278.200> . [In Persian].
- Verón, S. R., Paruelo, J. M., & Oesterheld, M. (2006). Assessing desertification. *Journal of Arid Environments*, 66(4), 751–763. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2005.12.007>
- Wang, Y., Chen, H., & Wang, L. (2024). An evaluation of land-use capability using the LESA method coupled with geostatistics in a GIS environment. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 48, e0230062. <https://doi.org/10.36783/18069657rbs20230062>
- Zhai, X., Yi, M., An, Z., & Li, K. (2025). Evaluating land capability using site assessment and land evaluation model in GIS in a watershed scale. *Scientific Reports*, 15(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95586-7>

