Geography and Territorial Spatial Arrangement

University of Sistan and Baluchestan

Association of Geography and Planning of Border Areas of Iran

Print ISSN: 2345 - 2277 Online ISSN: 2783 - 5278

Determining the Suitable Areas of Light Livestock Breeding Activity With an Experimental Approach (Case Study: Razavi Khorasan Province)

Sara Parsapour [1], **Ali Firuz Zare** [2]✉, **Maryam Rasoulzadeh** [3], **Ali Rahnama** [4]

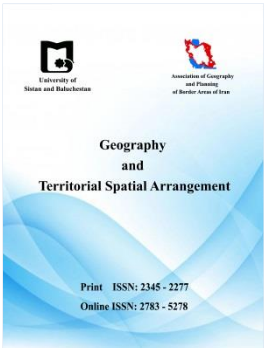
1. Researcher of Tourism Research Institute, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
   E-mail: Sa.parsa2941@gmail.com
2. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,Iran.
   ✉ E-mail: firooz@um.ac.ir
3. Researcher of Tourism Research Institute, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
   E-mail: mrasoulzadeh@gmail.com
4. Researcher of Tourism Research Institute, Iranian Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR), Mashhad, Iran.
   E-mail: ali.rahnama65@gmail.com

How to Cite: Parsapour, S; Firuz Zare, A; Rasoulzadeh, M; & Rahnama, A. (2025). Determining the Suitable Areas of Light Livestock Breeding Activity With an Experimental Approach (Case Study: Razavi Khorasan Province). *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 15 (56), 1-6.

DOI: http://dx.doi.org/ 10.22111/GAIJ.2025.49656.3227

Article type:
Research Article

Received:
28/08/2024
Received in revised form:
18/02/2025
Accepted:
12/05/2025
Publisher online:
15/05/2025



Keywords:
Land Use, Grazing, Ecological Power, Fuzzy Topsis.

ABSTRACT

The purpose of determining suitable activity territories is that each territory, according to its merits and advantages and within the framework of macro-territorial policies, plays a specialized role in several fields of economic activities and interacts with other regions based on that. Therefore, in this study, it has been tried to use three groups of indicators, including climate (rainfall and percentage of evaporation and transpiration to total annual precipitation), water (renewable water status per capita) and livestock-pasture (the ratio of existing livestock to permitted livestock and capacity Pasture ecology) to determine suitable areas for pasture and light livestock breeding in Razavi Khorasan. For this purpose, their data for 33 cities of the province were prepared and prioritized with the help of one of the multi-criteria decision-making methods, i.e. Fuzzy TOPSIS, and then based on that, the suitable territories for the development of light livestock activities were determined by the cities. In terms of the type of goal, the current research is among applied researches and in terms of the type of method, it is classified as descriptive-survey research. The studied statistical population included 20 experts in the fields of agriculture, grazing and light livestock breeding in Razavi Khorasan province in 1401. The results of the study showed that the cities of Chenaran, Khoshab, Torbat Heydarieh, Saleh Abad, Kohsorkh, Sarkhs and Qochan are suitable areas for the continuation of light livestock breeding in the province. Therefore, in order to continue this activity in the coming years, although it is a necessary condition to reduce the number of livestock within the permissible limits and to carry out grazing projects to improve and strengthen the pastures, taking into account the water that can be programmed for agriculture, but the sufficient condition is to reduce the dependence of livestock on pastures. It happens only through breeding and moving from traditional animal husbandry to industrial animal husbandry. As a result, even though the cost of maintaining light livestock in an industrial way is high, but the condition of the pastures, water and climate of the province makes the ranchers inevitably move towards industrial livestock farming.

 Publisher: University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

Introduction

To achieve sustainable development, production activities must align with the land's capabilities. Determining suitable areas for each activity using ecological and economic indicators enables smart resource utilization. Assessing environmental capacity is crucial, as mismanaged activities lead to degradation. Small ruminants (sheep and goats) play a key role in food security, contributing 35.5% of Iran's red meat production. Khorasan Razavi Province accounts for 18.5% of national small ruminant meat output but faces pasture degradation due to overgrazing. This study employed climatic (precipitation, evapotranspiration), water (per capita renewable water), and rangeland (livestock carrying capacity, ecological potential) criteria. Using the Fuzzy TOPSIS method, researchers prioritized suitable zones for small ruminant husbandry across the province's 33 counties. The findings provide guidance for sustainable livestock development based on regional ecological capacity.

Study Area

Khorasan Razavi Province is located in northeast of Iran. It shares borders with North Khorasan Province, South Khorasan Province, Semnan Province, as well as the countries of Afghanistan and Turkmenistan. The province covers an area of 117,769 square kilometers (7% of Iran's total area), and according to the 2016 census, its population was approximately 6,434,501. Around 49.2% of the province consists of mountainous regions, while the rest is made up of plains. Khorasan Razavi is divided into 34 counties, 82 districts, 179 rural districts, and 96 cities.

Material and Methods

This study presents an applied descriptive-survey research aimed at identifying suitable areas for rangeland management and small livestock farming in Razavi Khorasan Province. The statistical population consisted of 20 experts in agriculture, rangeland management, and animal husbandry. The fuzzy Delphi method was employed to identify and screen key influential factors.

Four main indicators were identified:

1) Climate: Ratio of evapotranspiration to annual precipitation
2) Water: Renewable water resources per capita
3) Livestock: Ratio of existing livestock to permitted capacity
4) Ecological potential of rangelands

The ecological potential of rangelands was evaluated using Multi-Criteria Evaluation (MCE) combining AHP and GIS techniques. Subsequently, the fuzzy TOPSIS method was applied to prioritize 33 counties in the province based on these indicators. This involved creating and normalizing a fuzzy decision matrix, calculating distances from positive and negative ideal solutions, and final ranking using the Closeness Coefficient. Results demonstrated that climatic and water resource indicators played decisive roles in identifying suitable areas. The ecological potential assessment classified counties into five suitability levels. By integrating fuzzy methods and multi-criteria decision-making techniques, this research provides a scientific framework for sustainable rangeland management and livestock development planning.

Result and Discussion

In Khorasan Razavi Province, assessing land suitability for activities such as small livestock farming is essential. After evaluation, four key indicators (ecological capacity, renewable water, evaporation-to-precipitation ratio, and livestock-to-permitted livestock ratio) were confirmed. The results show that in most counties, livestock numbers exceed pasture capacity (average ratio of 2.18), particularly in Joghatai, Khalilabad, and Zaveh. This situation leads to pasture degradation and a decline in vegetation and soil quality. Only Bajestan and Gonabad are in better condition. Continuing this trend will further strain natural resources.

Using the AHP method and GIS, the factors influencing rangeland suitability in Razavi Khorasan Province were weighted. The most important criteria included rangeland density (0.237), rangeland quality (0.193), erosion (0.111), and distance from water sources (0.107). The results showed that only 38.4 hectares of rangelands had high suitability and 58.1 hectares had moderate suitability, while 934.8 hectares were unsuitable. Factors such as low rainfall (150-186 mm), severe erosion, shallow soil depth, and sparse vegetation cover—particularly in southern and western counties (e.g., Khaf, Bajestan, and Gonabad)—contributed to their low suitability. In contrast, northern and central counties (e.g., Quchan, Mashhad, and Chenaran) were more suitable due to better water access and vegetation. Additionally, the presence of 30 wind erosion hotspots, especially in the west and southwest, further reduced rangeland suitability in those areas.

Climate change has the greatest impact on rangelands, leading to biodiversity loss in high-altitude areas and degradation in lowland regions. Two key climate indicators affecting rangelands are:
1. Precipitation: Annual rainfall in Khorasan Razavi Province has decreased by 18.38 mm per decade, particularly in the southern and northern regions. Reduced rainfall lowers forage production and rangeland density.
2. Evapotranspiration (PET): PET in the province ranges between 41.8–54.8 mm, increasing from north to south, indicating higher aridity in southern areas.
3-Renewable Water Resources: The province faces absolute water scarcity. Some counties (e.g., Kalat, Jovein) fare better, while others (e.g., Mashhad, Sabzevar) suffer severe shortages. Water availability is critical for sustainable livestock grazing and rangeland management.
Based on the fuzzy TOPSIS method, the counties of Razavi Khorasan Province were prioritized in terms of suitability for light livestock breeding as follows:
Suitable Areas: Chenaran, Khoshab, Torbat-e Heydarieh, Salehabad, Kuhsorkh, Sarakhs, and Quchan.
Areas with Limitations: Eastern Dargaz, northern and northwestern Kalat, Torqabeh-Shandiz, Fariman, Firuzeh, Golbahar, Mashhad, Neyshabur, Sheshtamad, and Mahvelat.
Areas Requiring Rapid Improvement: Zaveh, Joghatai, Joveyn, Torbat-e Jam, Khalilabad, Davarzan, Sabzevar, Roshtkhar, Bajestan, Gonabad, Bardaskan, Zaveh, Bakharz, Taybad, Khaf, and Kashmar. In these regions, replacing traditional livestock farming with industrial methods, breed improvement, and rangeland management projects are essential to enhance pasture conditions.

Conclusion

This study evaluates suitable areas for rangeland management and small livestock farming in Razavi Khorasan Province based on ecological indicators such as water resources, temperature, precipitation, evaporation, drought conditions, and current livestock numbers. Findings indicate that the western, southeastern, and southwestern regions of the province—including counties like Khalilabad, Sabzevar, Gonabad, and Khaf—are highly vulnerable due to decreased rainfall, sparse vegetation cover, rising temperatures, and severe soil erosion. As a result, reduced livestock activity in these areas is inevitable. In contrast, counties such as Chenaran, Quchan, and Torbat-e Heydarieh offer more favorable conditions for livestock farming due to higher precipitation levels, moderately dense rangelands, and lower erosion rates. However, these regions also face growing threats from rising temperatures, water scarcity, and excessive livestock numbers. To sustain rangeland-based livestock farming, essential measures include reducing herd sizes to permitted levels, implementing rangeland restoration programs, and decreasing reliance on natural pastures through breed improvement and a shift toward industrial livestock production—despite higher costs. Additionally, controlled grazing and strict monitoring of rangeland permits are critical to preventing further degradation of vegetation cover. Ultimately, transitioning from traditional to industrial livestock farming and adopting sustainable rangeland management practices are vital for the sector's long-term viability.

Key words: Land Use, Grazing, Ecological Power, Fuzzy Topsis.

References

Abbaszadeh Tehrani, N., Jaan Alipour, M., & Sargolzaei Aval, B. (2023). Ecological potential assessment of Sistan Plain by integrating Makhdoom's multi-factor model with remote sensing and GIS technologies. Environmental Research Journal, 14 (28):159-179 .*(In Persian)*

https://www.iraneiap.ir/article_191708.html

Ashrafzadeh, M., Niknahad Gharehmakher, H., Ahmadi Mirghaed, F., & Jafari, S. (2016). Ecological capability assessment of Baluchi rangelands in Lar County for rangeland development. Iranian Journal of Range and Desert Research, 23 (3): 636-644. *(In Persian)*

https://ijrdr.areeo.ac.ir/article_107626.html

Bahrami, M., Sarmadian, F., & Pazira, E. (2023). Ecological potential assessment of agriculture in Alborz province using GIS and AHP. Journal of Crop Science of Iran, 54 (2): 165-179. *(In Persian)*

https://ijfcs.ut.ac.ir/article_90355.html

Chen,. CT. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems 2000; 114: 1-9.

https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1

Dadashi Rudbari, A. A., Falah Ghalhari, G. A., Karami, M., & Baaqideh, M. (2016). Analysis of precipitation changes in the Haraz watershed using statistical methods and spectral analysis. Hydrogeomorphology Journal, 7: 59-86 .*(In Persian)*

https://gps.gu.ac.ir/article_148630.html

Ejtemaei, B., & Keshavarz, M. (2022). Ecological capability assessment of Firuzabad county for the continuation and expansion of agricultural and rangeland activities. Journal of Geography and Development, 69:128-151. *(In Persian)*

10.22111/GDIJ.2022.7278

Faraji, A., & Sahneh, F. (2020). Ecological potential assessment of Golestan Province for agricultural land-use development with a land-use planning approach. Land Use Planning Journal, 16 (2): 253-274 .*(In Persian)*

https://jtcp.ut.ac.ir/article_76159.html

Ghadiri Masoum, M., & Hajipour, M. (2017). Ecological land-use planning for sustainable agricultural development: A case study of pistachio cultivation in Nehbandan County. Geographical Spatial Planning Quarterly, 6 (22): 109-124 .*(In Persian)*

https://gps.gu.ac.ir/article_44773.html

Govindan K, Shaligram PP, Sasi K. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider, Resources, Conservation and Recycling 2009; 54 :28–36.

https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.004

Hatami Kahkesh, I., Dashti, S., & Attar Roshan, S. (2018). Comparing the efficiency of Makhdoom's ecological model and FAO for estimating ecological potential of agricultural and rangeland use (Case study: Abhar Khuzestan watershed). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28 (3): 67-78. *(In Persian)*

https://journals.tabrizu.ac.ir/article_8057.html

Hejazi, S. A., Haghi, Y., Tilkoo Beygeh Jan, F., & Nasiri, S. (2024). Ecological potential assessment of agriculture in Dehgolan county with a land-use planning approach. Journal of Geography and Human Relationships, 6 (4): 1064-1081. *(In Persian)*

https://www.gahr.ir/article_197871.html#:~:text=10.22034/GAHR.2023.425856.1989

Hejazi, S. A., Haghi, Y., Tilkoo Beygeh Jan, F., & Nasiri, S. (2024). Ecological potential assessment of agriculture in Dehgolan County with a land-use planning approach. Journal of Geography and Human Relationships, 6 (4): 1064-1081 .*(In Persian)*

http://georesearch.ir/browse.php?a_id=227&sid=1&slc_lang=fa

Jieying, Ch.; Xiaohui, H.; Chuanf ,Z. (2023), Spatial and temporal variation and driving factors of ecological carrying capacity in the Pan-Pearl River Basin, China, Ecological Indicators, Volume 151, July 2023, 110318.

https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110318

Kashefi Doost, D., Ebrahimzadeh, E., & Mousavi, M. N. (2022). Ecological potential assessment of agriculture with a regional planning and development approach: A case study of West Azerbaijan Province. Geographical Spatial Planning Quarterly, 11 (42): 75-89. *(In Persian)*

https://gps.gu.ac.ir/article_148630.html

Khalifeh, M., Alikhah Asl, M., & Rezvani, M. (2018). Land capability assessment for agricultural and rangeland development using the Analytic Hierarchy Process (AHP) (Case study: Gazderaz-Lavr-e Sāheli watershed, Bushehr Province). Geographical Research Quarterly, 33 (1): 110-123.. *(In Persian)*

10.22059/ijaedr.2018.259880.668614

Khalili, S., Soltani Nejad, H., & Tavakoli Nia, J. (2019). Ecological potential assessment of agriculture in Estahban County. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development, 50 (2): 265-280. *(In Persian)* https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_5353.html

Moein al-Dini, M., Khorasani, N., Danekar, A., & Darvisefat, A. A. (2016). Landfill site selection in Karaj using Fuzzy AHP-TOPSIS (Case study: Karaj City). Iranian Journal of Natural Resources, 64 (2): 155-167 . *(In Persian)*

https://jne.ut.ac.ir/article_29357.html

Nezami, A., Pourrashno, F., & Mir, A. (2018). Ranking and comparison of counties in Lorestan Province in the health sector using the TOPSIS method. Scientific-Research Quarterly of Lorestan University of Medical Sciences, 20 (2): 22-31 .*(In Persian)*

https://yafte.lums.ac.ir/article-1-2584-fa.html

Rahman Abadi, H., Hosseinzadeh, M. M., & Mirbagheri, B. (2021). Spatial planning and management of Kangavar County for agricultural and rangeland uses. Land Use Planning Journal, 13 (1): 115-140 .*(In Persian)*

10.22059/jtcp.2020.297699.670085

Salas Lopez, R., Gomez Fernandez, D., Silva Lopez, J.O., Rojas Briceno, N.B., Oliva, M., Terrones Murga, Barrena Gurbillón, M.Á (2020). Land Suitability for Coffee (Coffea arabica) growing in Amazonas, Peru: Integrated use of AHP, GIS and RS. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(11), 673.

https://doi.org/10.3390/ijgi9110673

Villar-Rúa, S., Acuña-Alonso, C., and Álvarez, X. (2024). Estimation of the ecological integrity of the Guadiana River using Partial Least Squares Path Modelling and simulation scenarios. Science of The Total Environment, 954, 176305.

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176305

Wang, Y.,Yao, H., Murray, S. (2024), Balancing urbanization, agricultural production and ecological integrity: A cross-scale landscape functional and structural approach in China, Land Use Policy, Volume 141, June 2024, 107156.

https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107156

Yohannes, H. and Soromessa, T. (2018), Land Suitability assessment for major crops by using GIS – based multi – criteria approach in Andit Tid Watershed, Ethiopia.

https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1470481

Zeilouei, N., Majnoun, N., Jahansooz, M. R., & Makhdoom, M. (2019). Ecological potential assessment of Varamin County for agricultural development using the Iranian ecological model. Journal of Crop Science of Iran, 50 (2): 117-132 .*(In Persian)*

https://ijfcs.ut.ac.ir/article_72328.html

Zhang Ze; Baoqing Hu; Haihong Qiu (2023), Spatial and temporal variation and prediction of ecological carrying capacity based on machine learning and PLUS model, Ecological Indicators, Volume 154, October 2023, 110611.

https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110611

جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای
شاپا چاپی: ۲۲۷۷-۲۳۴۵ شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۵۲۷۸
دانشگاه سیستان و بلوچستان
انجمن علمی جغرافیا و برنامه ریزی مناطق مرزی ایران

تعیین قلمروهای مناسب فعالیت پرورش دام سبک با رویکرد آمایشی (نمونهٔ موردی: استان خراسان رضوی)

سارا پارساپور [۱]، علی فیروز زارع [۲*]، مریم رسول زاده [۳]، علی رهنما [۴]

مقاله پژوهشی

جغرافیا و آمایش شهری–منطقه‌ای
پاییز ۱۴۰۴، سال ۱۵، شمارهٔ ۵۶
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۲
انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹
صفحات : ۲۸-۱

چکیده

هدف از تعیین قلمروهای مناسب فعالیتی آن است که هر قلمرو با توجه به شایستگی‌ها و مزیت‌های خود و در چهارچوب سیاست‌های کلان سرزمینی، در چند رشته از فعالیت‌های اقتصادی نقش تخصصی ایفا نماید و بر اساس آن با سایر مناطق تعامل برقرار کند؛ لذا در این مطالعه سعی شده است با استفاده از سه گروه شاخص شامل: اقلیم (بارش و درصد تبخیر و تعرق به مجموع بارش سالانه)، آب (وضعیت سرانهٔ آب تجدیدشونده) و دام- مرتع (نسبت دام موجود به دام مجاز و توان اکولوژی مرتع) به تعیین قلمروهای مناسب مرتع‌داری و پرورش دام سبک در خراسان رضوی پرداخته شود. برای این منظور، داده‌های آن‌ها برای ۳۳ شهرستان استان تهیه و به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره یعنی «تاپسیس فازی»، اولویت‌بندی شد و سپس بر اساس آن، قلمروهای مناسب توسعهٔ فعالیت دام سبک، به تفکیک شهرستان‌ها، تعیین شد. پژوهش حاضر به لحاظ نوع هدف در میان پژوهش‌های کاربردی و به لحاظ نوع روش در طبقه‌بندی تحقیقات توصیفی-پیمایشی قرار می‌گیرد. جامعهٔ آماری مورد بررسی شامل ۲۰ نفر از خبرگان و کارشناسان در حوزه‌های‌کشاورزی، مرتع‌داری و پرورش دام سبک در استان خراسان رضوی در سال ۱۴۰۱ بوده است. نتایج مطالعه نشان‌داد که شهرستان‌های: چناران، خوشاب، تربت حیدریه، صالح‌آباد، کوه‌سرخ، سرخس و قوچان قلمروهای مناسب برای تداوم فعالیت پرورش دام سبک در استان هستند؛ لذا در راستای تداوم این فعالیت در سال‌های آتی اگرچه شرط لازم با درنظرگرفتن آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی، کاهش تعداد دام در حد مجاز و انجام طرح‌های مرتع‌داری جهت بهبود و تقویت مراتع می‌باشد ولی شرط کافی کاهش وابستگی دام به مرتع است که تنها از طریق اصلاح نژاد و حرکت از دامداری سنتی به سمت دامداری صنعتی به‌وقوع می‌پیوندد. در نتیجه با وجود این‌که هزینهٔ نگهداری دام سبک به شیوهٔ صنعتی بالاست ولی وضعیت مراتع، آب و اقلیم استان دامداران را ناگزیر به حرکت به‌سوی دامداری صنعتی می‌نماید.

واژه‌های کلیدی:
آمایش سرزمین، مرتع‌داری، توان اکولوژیک، تاپسیس فازی.

مقدمه

دستیابی به توسعهٔ متوازن و پایدار، بایستی همراه با توجه به آمایش سرزمین باشد. در این راستا، برای هر فعالیت تولیدی می‌توان قلمروهایی را که برای توسعه مناسب است تعیین نمود تا بتواند هماهنگ با سایر بخش‌ها در راستای متوازن‌نمودن توسعه، حرکت نماید. برای تعیین قلمروها مناسب، از شاخص‌های متعددی استفاده می‌شود که بتواند سنجش مناسبی از فعالیت را تبیین نماید و در عین حال به رشد تولید کمک کند. در واقع تعیین قلمروهای مناسب جهت فعالیت‌های تولیدی، سببِ بهره‌برداری مناسب و هوشمندانه‌ای خواهد شد (وانگ [۱] و همکاران، ۲۰۲۴). تعیین قلمروهای مناسب، فرآیندی است که درآن رابطهٔ بین انسان با طبیعت و سایر عناصر فضا، به‌گونه‌ای انجام می‌شود که توسعهٔ پایدار را رقم‌بزند و هماهنگ با منابع و منطبق بر توان منطقه بوده و حفاظت از

[1]. wang

۱- پژوهشگر گروه اقتصاد گردشگری پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد ، ایران. Sa.parsa2941@gmail.com
۲- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ، ایران. (نویسنده مسئول) firooz@um.ac.ir
۳- پژوهشگر گروه اقتصاد گردشگری پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران. mrasoulzadeh@gmail.com
۴- پژوهشگر گروه اقتصاد گردشگری پژوهشکده گردشگری جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران. ali.rahnama65@gmail.com

منابع را به‌دنبال داشته باشد (جیینگ[1] و همکاران، ۲۰۲۳). در واقع این ارزیابی گـامی مـؤثر جهـت بـه‌دسـت‌آوردن برنامه‌ای برای توسعهٔ پایدار اطلاق می‌شود و استراتژی اساسی برای استفاده از منابع تلقی مـی‌گـردد؛ لـذا آگـاهی از استعدادهاوتعیین‌پتانسیل‌هامی‌تواند راه‌گشای‌تهیه و اجرای طرح‌های‌کاربردی و عملی‌باشد (خلیفه‌وهمکاران، ۱۳۹۷).
اهمیت ارزیابی توان و ظرفیت تحملِ سرزمین تا جایی است که اگر سرزمین به‌صورت بالقوه فاقد توان مناسب بـرای کاربری خاص باشد، اجرای آن طرح نه‌تنها سبب بهبود وضعیت زیست‌محیطی منطقه نمی‌گردد بلکه تخریب بیشـتر محیط را به‌دنبال خواهد داشت (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۸). به همین دلیـل تعیـین قلمروهـای مناسـب بـه کمـک شاخص‌های مرتبط، یک استراتژی اساسی برای استفاده از سرزمین اسـت زیـرا بـا شناسـایی و ارزیـابی خصوصـیات اکولوژیکی منطقه و سایر موارد، توسعه‌ای همگام با طبیعت حاصل می‌شود (پورخبار و همکـاران، ۱۳۹۳). در بخـش کشاورزی نیز تعیین قلمروهای مناسب برای فعالیت‌هـای مختلـف آن، بـه معنـی تعیـین میـزان اسـتفادهٔ انسـان از سرزمین، برای انواع کاربری‌های کشاورزی می‌باشد (ژانگ[2] و همکاران، ۲۰۲۳).
بخش کشاورزی به‌ویژه موضوع دام و پرورش دام سبک، در حال حاضر نقش کلیدی در تأمین غـذا و امنیـت غـذایی ایفا می‌کند و تامین‌کنندهٔ پروتئین مورد نیاز انسان‌ها در جهان است. در ایران براساس آخرین آمار موجود، از مقـدار ۹۰۱ هزار تن تولید گوشت قرمز در سال ۱۴۰۱، مقدار ۳۲۰ هزار تن آن یعنی ۳۵.۵ درصد آن مربوط به دام سـبک (گوسفند و بره) بوده و بقیه به سایر دام‌ها تعلق‌دارد. استان خراسان رضوی یکی از مهمتـرین اسـتان‌هـای کشـور در تأمین گوشتِ دام سبک است به‌گونه‌ای که در سال ۱۴۰۰، تعداد گوسفند و برهٔ ذبح‌شده در کشتارگاه‌هـای کشـور و استان به‌ترتیب برابر ۱۲۵۴۳۳۷۵ و۱۸۷۸۵۰۰ لاشه بوده که وزنی برابـر ۲۳۸۱۳۴۸۵۶ و ۴۴۰۲۸۴۱۳ کیلـوگرم را به همراه داشته و سهم استان برابر ۱۸.۵ درصد در کل کشور است (سالنامهٔ آماری کشور و استان، ۱۴۰۰).
وابستگی حداقل ۳۰ درصدی دام سبک بـه مراتـع، حـاکی از اهمیـت زیـاد مراتـع در تغذیـهٔ دام مـی‌باشـد. حـدود ۶۷۰۹۷۳۲ هکتار مساحت اراضی مرتعی در استان خراسان رضوی (۶۶/۶ درصد مراتع کم‌تراکم، ۳۱/۲ درصد مراتـع نیمه‌متراکم) وجود دارد که تنها ۶ درصد از آن را مراتع متراکم تشکیل داده‌اند (مطالعات آمـایش سـرزمین، ۱۴۰۲). تعداد قابل توجه واحد دامی مازاد در استان خراسان رضوی، از علوفهٔ موجود در این مراتع که مـی‌بایسـت بـه‌عنـوان داشت یا تقویت بنیه و شادابی گیاهان برای تولید بذر به مصرف برسد، استفاده می‌نمایند؛ لذا هر سال با ایـن مقـدار فشار مضاعف چرای دام مازاد بر ظرفیت مرتع، از کیفیت و تراکم آن کاسته می‌شـود و در نهایـت منجـر بـه تشـدید تخریب پوشش گیاهی و خاک می‌گردد؛ از این‌رو تعیین قلمروهای مناسب جهـت توسـعهٔ فعالیـت‌هـای پـرورش دام سبک، بسیار ضروری است.
در این تحقیق، با نگاه آمایش سرزمین برای تعیین قلمروهای مناسب فعالیت پرورش دام سـبک دراسـتان خراسـان رضوی، معیارهایی بر اساس نظرات کارشناسان مرتبط انتخاب گردید که شامل سه دستهٔ اصلی «اقلیم، آب و مرتـع» است. در دستهٔ اقلیم، دو زیرشـاخص «بـارش و درصـد تبخیـر و تعـرق بـه مجمـوع بـارش سـالانه»، در دسـتهٔ آب زیرشاخص «وضعیت سرانهٔ آب تجدیدشونده» و در دستهٔ مرتع، زیرشاخص‌های «نسبت دام موجـود بـه دام مجـاز و توان اکولوژی مرتع» انتخاب شدند و داده‌های آن‌ها برای ۳۳ شهرستان استان تهیه و بـه کمـک یکـی از روش‌هـای

[1] Jieying
[2] Zhang

تصمیم‌گیری چندمعیاره یعنی «تاپسیس فازی»، اولویت‌بندی گردید. سپس بر اساس آن، قلمروهای مناسب توسعهٔ فعالیت دام سبک، به تفکیک شهرستان‌ها تعیین‌شد.

پیشینهٔ پژوهش

در رابطه با موضع تحقیق، مطالعاتی در داخل و خارج انجام شده است که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود؛ وانگ[1] و همکاران (۲۰۲۴) در تحقیقی به موضوع متعادل‌کردن تولید کشاورزی و یکپارچگی اکولوژیکی با رویکرد عملکردی و آمایشی در چین پرداختند و چندین سناریو بر اساس شاخص‌ها و معیارهای مد نظر تعیین‌کردند، آنان بیان داشتند که سناریوی «DLU»[2] در بهینه‌سازی چیدمان شهری و زمین‌های زراعی و حفظ یکپارچگی اکوسیستم بهتر از سناریوهای «BAU»، «OPL» و «NPS»[3] عمل می‌کند. ویلار روا و همکاران[4] (۲۰۲۴) به برآورد یکپارچگی اکولوژیکی رودخانهٔ «گوادیانا» با استفاده از مدل‌سازی و شبیه‌سازی مسیر حداقل مربعات جزئی پرداختند. این مدل ۶۰/۳ درصد از کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب و ۵۶/۶ درصد از یکپارچگی بیولوژیکی را پیش‌بینی می‌کند و نشان‌می‌دهد پوشش جنگل با کاهش آلودگی بر کیفیت آب تأثیر منفی می‌گذارد در حالی‌که فشار انسانی با افزایش آلودگی تأثیر مثبتی بر آن دارد. ژانگ[5] و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی و پیش بینی توان اکولوژیکی با کمک ماشین لرنیگ پرداختند. نتایج نشان‌داد که مساحت زمین‌های زراعی و علفزار به تدریج بین سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۴۰ کاهش می‌یابد و به زمین‌های ساختمانی تبدیل‌می‌شود. سالس لوپز و همکاران[6] (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان به‌کارگیری روش تحلیل سلسله‌مراتبی به بررسی توان اکولوژیک اراضی آمازون برای تولید قهوه و سیب‌زمینی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که به‌ترتیب ۱۱/۴ و ۲/۸ درصد از اراضی منطقه برای کشت قهوه و سیب‌زمینی مناسب است. یوهانس و تسومی[7] (۲۰۱۸ ،) در پژوهشی به بررسی و ارزیابی تناسب زمین در محصولات کشاورزی اصلی (گندم و جو) با استفاده از «GIS» با رویکرد چندمعیاره در حوضهٔ آبخیز «اتیوپی» پرداختند. تحلیل ارزیابی زمین برای محصولات کشاورزی مذکور نشان‌داد هیچ تناسبی وجود ندارد و توزیع فضایی نشان‌داد بیشتر کشت در حال حاضر به‌طور حاشیه‌ای انجام می‌شود. اسدی و همکاران (۱۴۰۳) به ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی شهرستان دهگلان با رویکرد آمایش سرزمین با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی و در محیط نرم‌افزار «GIS» پرداختند. نتایج نشان‌داد که در بخش‌های مرکزی شهرستان و بخش‌های همجوار با مرکز شهرستان، کشاورزی در وضعیت بسیار مناسب و مناسب قرار دارد و هر چه از مرکز شهرستان به قسمت‌های اطراف شهرستان و ارتفاعات پیش می‌رویم، کشاورزی منطقه در وضعیت نامناسب قرارمی‌گیرد. این مسأله نشان‌می‌دهد که بخش قابل توجه کشاورزی شهرستان تحت تأثیر پتانسیل‌های بالقوهٔ طبیعی منطقه قرار دارد. حجازی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی توان اکولوزیکی کشاورزی شهرستان دهلگان با رویکرد آمایش سرزمین و با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی در محیط «GIS» پرداختند. نتایج نشان‌داد کشاورزی در بخش‌های مرکزی شهرستان و بخش-های همجوار با مرکز شهرستان در وضعیت بسیارمناسب و مناسب قرار دارد و با حرکت از مرکز شهرستان به

[1] wang
[2] desired land-use (DLU)
[3] business-as-usual (BAU)- own-provincial scale (OPL)- national and provincial scales (NPS)
[4] Villar-Rúa
[5] Zhang
[6] - Salas Lopez, et al
[7] Uhans and Tesumi

قسمت‌های اطراف شهرستان و ارتفاعات،کشاورزی منطقه در وضعیت نامناسب قرارمی‌گیرد. بهرامی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی استان البرز با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله-مراتبی پرداختند. نتایج نشان‌داد که ۶/۲۲ درصد از اراضی دارای توان مناسب زراعت آبی هستند. همچنین ۷۰۶۹۹ هکتار از اراضی برای باغ و درختکاری، مناسب هستند که در مقایسه با وضع موجود (۳۳۹۷۱ هکتار) حدود ۳۶۷۲۸ هکتار از اراضی کاربری دیگری دارند. توان اکولوژیک استان برای زراعت دیم ۹۰۶۴ هکتار مشاهده گردید که در حال حاضر بدون توجه به توان اراضی ۲۰۰۹۷ هکتار از راضی زیر کشت دیم است. عباس‌زاده طهرانی و همکاران (۱۴۰۲) به ارزیابی توان اکولوژیکی دشت سیستان با تلفیق مدل‌های چند عاملهٔ مخدوم و فناوری‌های سنجش‌ازدور و ساج پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌داد که ۱۰۰ درصد دشت سیستان برای کاربری حفاظت اکولوژیک، ۶۳ درصد برای طبقهٔ ۲ کاربری اکوتوریسم گسترده و ۱۹ درصد برای طبقهٔ ۴ کاربری مرتع‌داری دارای توان اکولوژیکی است و برای سایر کاربری‌ها ازجمله؛ انواع کشاورزی، آبزی‌پروری، جنگل‌داری و توسعهٔ شهری و صنعتی دارای توان مناسبی نیست. نتایج مقایسه توان پهنه با کاربری فعلی آن نشان‌داد که در بخش وسیعی از پهنهٔ شمال شرقی که فقط برای حفاظت توان دارد، در حال حاضر کشاورزی انجام می‌شود و در بخش اعظم مناطقی که برای حفاظت و تفرج گسترده در نظر گرفته شده‌اند، اراضی بایر و کاربری مرتع و بیشه‌زار وجود دارد. اجتماعی و کشاورز(۱۴۰۱) به ارزیابی قابلیت اکولوژیکی اراضی شهرستان فیروزآباد برای استمرار فعالیت‌های کشاورزی و مرتع-داری با درنظرگرفتن مؤلفه‌های ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی، درصد شیب و... با استفاده از روش‌های ترکیب خطی وزنی (WLC) و میانگین وزنی رتبه‌بندی‌شدهٔ (OWA)پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان‌داد که تنها بخش محدودی از شهرستان برای انجام فعالیت‌های کشاورزی و مرتع‌داری مناسب است. کاشفی‌دوست و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد آمایشی و توسعهٔ منطقه‌ای در استان آذربایجان غربی با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی و در محیط نرم‌افزار«GIS» پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل یافته‌ها بیانگر تفاوت در توان اکولوژیکی شهرستان‌های استان است به‌طوری که در زمینهٔ توان اکولوژیک کشاورزی شهرستان‌های؛ ارومیه، خوی، نقده و میاندوآب دارای بیشترین توان بوده که این برتری بیشتر به‌دلیل قرارگیری در شیب، خاک مرغوب، دما و بارندگی مناسب و فرسایش‌پذیری کم خاک است. در مقابل شهرستان‌های سردشت و چالدران کمترین توان را در این زمینه دارند زیرا شهر سردشت به‌دلیل شیب زیاد و کوهستانی بودن، ارتفاعات صعب‌العبور و زمین‌های دره‌ای و غیر مسطح، پوشش گیاهی جنگلی، دمای هوای پایین و تعداد زیاد روزهای یخبندان و شهرستان چالدران به‌دلیل فرسایش‌پذیری زیاد و وجود مراتع فراوان، اراضی کوهستانی و بارش کمتر نسبت به سایر شهرستان‌های استان توان کشاورزی پایین‌تری دارند. رحمان‌آبادی و همکاران (۱۴۰۰) به مدیریت و برنامه‌ریزی فضای جغرافیایی شهرستان کنگاور جهت کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری پرداختند. بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی توان اکولوژیک شهرستان کنگاور قابلیت منطقه با توان مناسب برای کاربری دیم و مرتع‌داری ۲۳/۷۲ کیلومتر مربع، قابلیت کاربری کشاورزی با توان کاملا مناسب و مناسب ۷۹/۳۵۶ کیلومتر مربع برآورد شد. همچنین اراضی منطقه بیش از توان آن برای کاربری کشاورزی (آبی و دیم) مورد بهره‌برداری قرار گرفته و اراضی با قابلیت مرتع به فعالیت کشاورزی تغییر کاربری یافته است. فرجی و صحنه (۱۳۹۹) در پژوهشی به ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین در استان گلستان به-منظور توسعهٔ کاربری‌های کشاورزی با رویکرد آمایش سرزمین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بهترین نواحی برای کشت، قلمرو میانی و نواحی جنوبی استان، به‌دلیل دارابودن خاک عمیق زراعی با کیفیت نسبتاً مطلوب و

بارندگی مناسب است. ذیلوئی و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی توان اکولوژیکی شهرستان ورامین برای توسعهٔ فعالیت‌های کشاورزی با استفاده از مدل اکولوژیکی ایران پرداختند. نتایج نشان‌داد از کل وسعت منطقه ۳۳/۱۲ درصد برای کشاورزی با توان درجه سه، ۰/۴۵ درصد برای کشاورزی با توان درجه پنج، ۰/۱۹ درصد برای مرتع‌داری با توان درجه یک، ۰/۵۴ درصد برای مرتع‌داری با توان درجه دو، ۹/۴۲ درصد برای مرتع‌داری با توان درجه سه و ۵۴/۹۳ برای حفاظت متناسب می‌باشد (۱/۳۵ درصد از منطقه به کاربری مسکونی اختصاص داشت). خلیلی و همکاران (۱۳۹۸) به ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی شهرستان استهبان پرداختند. نتایج نشان‌داد که بر طبق نقشهٔ توان اکولوژیک محدودهٔ مورد مطالعه، نزدیک به ۱۹ درصد اراضی شهرستان در طیف مناسب و بسیارمناسب از لحاظ کشاورزی است. خلیفه و همکاران (۱۳۹۷) ارزیابی قابلیت اراضی برای توسعهٔ کشاورزی و مرتع‌داری با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی را انجام دادند و بیان داشتند که در نقشهٔ نهایی، کاربری‌های کشاورزی و مرتع‌داری، طبقات ۱ و ۲ کشاورزی بیشتر به‌دلیل محدودیت‌های فرسایش و شوری و طبقات ۱ و ۲ مرتع‌داری به‌دلیل محدودیت‌های شیب، اقلیم، تراکم پوشش گیاهی و عمق خاک وجود ندارد. حاتمی کاهکش و همکاران (۱۳۹۷) با مقایسهٔ کارایی مدل اکولوژیکی مخدوم و فائو برای برآورد توان اکولوژیکی کاربری کشاورزی و مرتع‌داری در حوضهٔ آبخیز «آبهار» به این نتیجه دست یافتند که با جمع‌بندی کلیهٔ اطلاعات به‌دست‌آمده و تناسب حاصل دو روش تقریباً حدود ۳۵ درصد اراضی حوضه دارای توان لازم جهت کاربری کشاورزی می‌باشد و مابقی آن یعنی حدود ۶۵ درصد مساحت کل عرصه جهت کاربری مرتع‌داری مناسب است. همچنین در روش فائو میزان اراضی مناسب و دارای توان اکولوژیکی جهت کاربری کشاورزی نسبت به روش تجزیه‌وتحلیل سیستمی مخدوم کمتر است و در عوض به همین میزان به سطح کاربری مرتع‌داری افزوده شده است. قدیری و همکاران (۱۳۹۵) به آمایش اکولوژیکی مکان در راستای پیشبرد توسعهٔ پایدار کشاورزی در کاشت پسته در شهرستان نهبندان پرداختند. نتایج نشان‌داد ۵۱ درصد (۱۱۸۶۱ هکتار) از کل اراضی شهرستان نهبندان مستعد کاشت پسته می‌باشد. وضعیت بهره-برداری‌ها و اقدامات صورت‌گرفته نشان‌می‌دهد که تاکنون ظرفیت‌های اکولوژیکی ناحیهٔ نهبندان، به‌ویژه به‌منظور توسعهٔ کشاورزی پایدار به فعلیت لازم نرسیده است؛ از این‌رو نمی توان انتظار داشت پویایی لازم در راستای حصول توسعهٔ پایدار کشاورزی و همچنین تحول تبعی مناسب در جامعهٔ روستایی نهبندان پدیدار گردد. اشرف‌زاده و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی مربوط به عوامل اکولوژیکی در محیط «Arc GIS» و روش سلسله‌مراتبی بر اساس اصول آمایش سرزمین به این نتیجه دست یافتند که از کل مساحت منطقه، حدود ۵/۷۸، ۳۲۱، ۲۵/۷۱ ، ۱۷۲، ۱۴۴۵/۴ هکتار به‌ترتیب، دارای توان مطلوبیت خیلی‌زیاد، زیاد، متوسط، کم و بدون توان جهت توسعهٔ مرتع‌داری در منطقهٔ «بلوچی» شهرستان لار می‌باشد. در مجموع توسعهٔ کاربری مرتع‌داری در منطقه با محدودیت‌های نسبتاً بالایی مواجه می‌باشد. از عوامل محدودیت‌زا می‌توان به عمق کم خاک، کوهستانی-بودن منطقه و بارش کم همراه با اقلیم خشک منطقه اشاره کرد.

جمع‌بندی پیشینهٔ تحقیق بیانگر آن است که ارزیابی قابلیت اراضی برای توسعهٔ کشاورزی و مرتع‌داری به کمک روش‌های مختلف، با دسته‌بندی شاخص‌ها و معیارهای مختلف انجام می‌شود و تعیین روش مناسب برای تصمیم-گیری دارای اهمیت است. از سوی دیگر می‌توان با سناریوسازی مناسب، جنبه‌های مختلف تصمیم‌گیری را تحت پوشش مناسب قرار داد.

روش تحقیق

پژوهش حاضر به‌لحاظ نوع هدف در میان پژوهش‌های کاربردی و به‌لحاظ نوع روش در طبقه‌بندی تحقیقات توصیفی-پیمایشی قرار می‌گیرد. جامعهٔ آماری مورد بررسی شامل ۲۰ نفر از خبرگان و کارشناسان در حوزه‌های کشاورزی، مرتع‌داری و پرورش دام سبک در استان خراسان رضوی در سال ۱۴۰۱ بوده است. ابزار مورد استفاده در این پژوهش شامل پرسش‌نامه به‌منظور دستیابی به شاخص‌های تأثیرگذار در تعیین مناطق مستعد فعالیت‌مرتع‌داری و سنجش تأثیر هر شاخص‌است. برای‌تعیین شاخص‌ها از روش«دلفی فازی» بهره‌گرفته شده است. این روش، ترکیبی از روش دلفی و نظریهٔ مجموعه‌های فازی است. گام‌های این روش به‌ترتیب در جدول زیر آورده شده است.

جدول۱-مراحل انجام روش «دلفی فازی»

مرحله ۱- شناسایی شاخص‌های پژوهش مورد مطالعه با استفاده از مرور جامع مبانی نظری پیشینهٔ پژوهش
مرحله ۲-جمع‌آوری نظرهای خبرگان تصمیم‌گیرنده
مرحله ۳- تأیید و غربالگری شاخص‌های پژوهش

برای بیان اهمیت هر شاخص از متغیرهای کلامی جدول زیر استفاده شده است.

جدول۲- عبارت زبانی و اعداد دلفی فازی

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی‌کم	(۰،۰،۰/۲۵)
کم	(۰،۰/۲۵،۰/۵)
متوسط	(۰/۲۵،۰/۵،۰/۷۵)
زیاد	(۰/۵،۰/۷۵،۱)
خیلی‌زیاد	(۰/۷۵ ،۱ ،۱)

در ادامه، مقادیر فازی نظرات خبرگان محاسبه شده است و سپس میانگین فازی آن‌ها با ریاضیات فازی به‌دست‌آمده و در گام بعد، مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه که در این پژوهش برابر ۰/۷ در نظر گرفته شده، مقایسه شده است

چهار شاخص پرتکرار احصاءشده از روش دلفی فازی برای دستیابی به قلمروهای مناسب فعالیت پرورش دام سبک شامل سه گروه؛ اقلیم (درصد تبخیر و تعرق به مجموع بارش سالانه)، آب (وضعیت سرانهٔ آب تجدیدشونده) و دام-مرتع(نسبت دام موجود به دام مجاز و توان اکولوژی مرتع) است. در ادامه به نحوهٔ محاسبهٔ هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شده است.

با توجه به این‌که تبخیر-تعرق نقش بسیار مهمی را در تنش خشکی و بیلان آبی یک منطقه بر عهده دارد. برای روشن‌شدن وضعیت تبخیر-تعرق در استان خراسان رضوی از شاخص PET[1] به شکل سالانه و فصلی بهره گرفته شده است. همچنین شاخص بارش نیز یکی از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی است که نقش تعیین‌کننده‌ای را در مرتع‌داری و فعالیت پرورش دام سبک دارد. روند سالانهٔ بارش در استان خراسان رضوی با استفاده از آزمون «سنس» برای چهار دههٔ گذشته مورد بررسی قرارگرفته و روند بارش به‌ازای هر دهه پهنه‌بندی گردیده است. این آزمون، روشی ناپارامتریک است و زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که روند موجود در سری زمانی خطی باشد (داداشی و همکاران، ۱۳۹۵). پس از احصاء این دو شاخص از شاخص ترکیبی درصد تبخیر و تعرق نسبت به بارش سالانه برای پژوهش استفاده گردید.

یکی از شاخص‌های مهم منابع آبی، سرانهٔ آب تجدیدشونده است. آب تجدیدشونده ، مقدار آبی است که یک حوضه (یا محدودهٔ جغرافیایی) طی چرخه آبی سالیانه توانایی بازیابی آن‌را دارد؛ بنابراین این شاخص یکی از مهمترین شاخص‌های برنامه‌ریزی برای تداوم فعالیت پرورش دام سبک در شهرستان‌های استان است. بر اساس اطلاعات جدول زیر شهرستان‌ها بر اساس این شاخص در یکی از چهار وضعیت مناسب، بحرانی، کمیابی و کمبود مطلق قرا می‌گیرند.

جدول ۳- متغیرهای کمی و کیفی سرانهٔ آب تجدیدشونده

وضعیت	FI (m3/person)
مناسب	بیشتر از ۱۷۰۰
بحرانی	۱۰۰۰-۱۷۰۰
کمیابی	۵۰۰-۱۰۰۰
کمبود مطلق	کمتر از ۵۰۰

منبع: بازنگری مطالعات آمایش سرزمین، ۱۴۰۲

مهمترین شاخص مورد استفاده در این مطالعه شاخص توان اکولوژیکی مرتع‌داری است. در واقع ارزیابی توان اکولوژیکی گامی مؤثر و ابزاری مناسب برای هدایت فعالیت‌ها و کاربری‌های جاری در سرزمین به‌سوی توسعهٔ پایدار است. برای ارزیابی توان اکولوژیکی مرتع‌داری از رویکرد ارزیابی چند معیار(MCE)[2] استفاده شده است مراحل آن در جدول (۴) آورده شده است. در واقع در این مطالعه تلفیق «AHP» و «GIS» و همچنین به‌کارگیری تکنیک «WLC» مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۴-مراحل انجام ارزیابی توان اکولوژیکی مرتع‌داری به‌روش «MCE»

۱- شناسایی و تعیین فاکتورهای مؤثر و استانداردسازی آن‌ها
۲- تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی هر یک از عوامل
۳- تعیین وزن هر عامل به‌روش وزن‌دهی سلسله‌مراتبی(AHP)
۴- ادغام لایه‌های اطلاعاتی به‌دست‌آمده از توان منطقه به‌روش (WLC)

[1] Physiological effective temperature
[2] Multi-Criteria Evaluation (MCE)

همچنین عوامل مؤثر جهت تعیین تناسب اراضی کاربری مرتع‌داری در جدول زیر آورده شده است. در واقع جهت تعیین قلمروهای مناسب فعالیت پرورش دام سبک از مؤلفه‌های توپوگرافی(شیب و طبقات ارتفاعی)، خاک‌شناسی(نوع خاک و فرسایش‌پذیری)، پارامترهای اقلیمی(میزان بارندگی و اقلیم) و پوشش گیاهی استفاده شده است.

جدول۵-پارامترهای مورد استفاده در ارزیابی کاربری مرتع‌داری

کیفیت مرتع	ارتفاع
تراکم مرتع	شیب
طبقات خاک	جهت جغرافیایی
حساسیت به فرسایش	فاصله از جاده
اقلیم	فاصله از مناطق مسکونی
باران	فاصله از منابع آبی
دما	تراکم از منابع آبی

منبع: بازنگری مطالعات آمایش استان خراسان رضوی، ۱۴۰۲

با استفاده از این روش توان اکولوژیکی مرتع‌داری به تفکیک شهرستاهای استان در طبقات فاقد تناسب، ناچیز، کم، متوسط و زیاد رتبه‌بندی شدند.

پس از تعیین شاخص‌های مد نظر، از روش تاپسیس فازی برای اولویت‌بندی قلمروهای مناسب فعالیت مرتع‌داری استفاده شده است. در این مطالعه شهرستان‌های استان خراسان رضوی (۳۳ شهرستان) به‌عنوان گزینه و ۴ شاخص مذکور به‌عنوان معیارها در روش تاپسیس فازی مد نظر قرارگرفتند.

تاپسیس فازی یک فرآیند تصمیم‌گیری گروهی است که به گروهی از تصمیم‌گیرندگان، برای اعلام نظرات آن‌ها در رابطه با موضوع مورد بررسی نیاز است (گویندان و همکاران[1]، ۲۰۰۹). از نظر ملزسکی[2] با توجه به این‌که روش‌ها و فنون مختلفی برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه وجود دارد اما روش تاپسیس حساسیت کمتری نسبت به روش وزن‌دهی به معیارها را دارد (معین‌الدینی و همکاران، ۱۳۹۰). در این مدل علاوه بر درنظرگرفتن فاصله یک گزینه از نقطه ایدئال مثبت فازی، فاصلهٔ آن از نقطه ایدئال منفی فازی نیز در نظر گرفته می‌شود، به این معنا که گزینهٔ انتخابی باید دارای کمترین فاصله از راه‌حل ایدئال مثبت فازی و در عین حال دورترین فاصله از راه‌حل ایدئال منفی فازی باشد (نظامی و همکاران، ۱۳۹۷).

برای انجام عملیات به شیوهٔ تاپسیس فازی، می‌توان از روش‌های متفاوتی بهره‌گرفت. در این پژوهش از روش چن[3] در محیط نرم‌افزار اکسل استفاده شده است. در این روش ابتدا ماتریس تصمیم‌گیری فازی ایجاد می‌شود. ماتریس تصمیم‌گیری، ماتریسی است که به تعداد گزینه‌ها (شهرستان‌ها یا قلمروها) سطر و به تعداد معیارها (۴ شاخص احصاءشده از روش دلفی فازی) ستون دارد و اعداد داخل ماتریس نمراتی است که خبرگان در معیارهای مختلف به گزینه‌ها می‌دهند. اگر m گزینه $A_i(i=1, 2, ..., m)$ و n معیار $C_j(j=1, 2, ..., n)$ وجود داشته باشد؛ ماتریس تصمیم‌گیری فازی را می‌توان به صورت زیر نشان‌داد:

[1] Govindam et al
[2] Melzesky
[3] Chen

$$
D = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{ccccc} C_1 & C_2 & C_3 & \dots & C_n \end{array} \\ \begin{array}{c} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ \\ A_m \end{array} & \begin{bmatrix} \widetilde{X_{11}} & X_{12} & X_{13} & \cdots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \widetilde{X_{22}} & \cdots & X_{2n} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & & X_{3n} \\ & & & & \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{m3} & & X_{mn} \end{bmatrix} \end{array}
$$

$W=\widetilde{w}_1,\widetilde{w}_2,\widetilde{w}_3$

کــه $\tilde{x}_{ij}$ و $\widetilde{w}_j$، n، ...، ۲، ۱، j = و m، ...، ۲، ۱ = i اعــداد فــازی مثلثــی بــه‌صــورت $\tilde{x}_{ij}=(\tilde{a}_{ij},\tilde{b}_{ij},\tilde{c}_{ij})$، $\widetilde{w}_j=(\widetilde{w}_{ij},\widetilde{w}_{ij},\widetilde{w}_{ij})$ می‌باشند. $\tilde{x}_{ij}$ میزان عملکرد گزینه‌ی ام‌i (A_i) با توجه بـه معیـار ام‌j (C_j) و $\widetilde{w}_j$ وزن معیـار ام‌j است. سپس ماتریس تصمیم‌گیری فازی نرمـالایز مـی‌شـود. در ایـن مرحلـه مقـادیر نرمالایزشـده اعـداد فـازی $(\tilde{a}_{ij},\tilde{b}_{ij},\tilde{c}_{ij})$ با توجه به مثبت و منفی بودن معیارها به‌صورت زیر می‌باشد:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^+},\frac{b_{ij}}{c_j^+},\frac{c_{ij}}{c_j^+}\right), j \in B \quad , \quad \tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}},\frac{a_j^-}{b_{ij}},\frac{a_j^-}{a_{ij}}\right), j \in C \qquad (۱)$$

$$C_j^+ = maxC_{ij}, j \in B, \qquad a_j^- = mina_{ij}, j \in C \qquad (۲)$$

B: برای معیارهای مثبت مانند سود، C: برای معیارهای منفی مانند هزینه.

در مرحلهٔ سوم، ماتریس تصمیم‌گیری نرمالایزشدهٔ موزون فازی تشکیل می‌شود. با توجه بـه وزن‌هـای مختلـف هـر معیار ماتریس تصمیم‌گیـری نرمالایزشـده مـوزون فـازی، بـا ضـرب وزن معیارهـا و مقـادیر نرمالایزشـدهٔ مـاتریس تصمیم‌گیری موزون فازی محاسبه شود. ماتریس تصمیم‌گیری نرمالایزشدهٔ فازی ($\tilde{V}$) به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m\times n} \quad \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}.\widetilde{w}_j \quad i = 1,2,\dots,m, j = 1,2,\dots,n \qquad (۳)$$

که $\widetilde{w}_j$ وزن فازی معیار C_j است.

در مرحلهٔ چهارم، مقادیر ایدئال مثبت و منفی فازی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+,\tilde{v}_2^+,\dots,\tilde{v}_j^+) = \{max_i \; i = 1,2,\dots,m)\, , j = 1,2,\dots,n\} \qquad (۴)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-,\tilde{v}_2^-,\dots,\tilde{v}_j^-) = \{max_i \; i = 1,2,\dots,m)\, , j = 1,2,\dots,n\} \qquad (۵)$$

در این روش (۰، ۰، ۰) $\tilde{v}_j^+$ و (۱، ۱، ۱) $\tilde{v}_j^+$ می‌باشد.

در ادامه فاصلهٔ هر گزینه از ایدئال مثبت و منفی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_j^+) \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \qquad (۶)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij} - \tilde{v}_j^-) \quad i = 1,2,\dots,m \quad j = 1,2,\dots,n \qquad (۷)$$

برای محاسبهٔ فاصله دو عدد فازی ($d(\tilde{v}_{ij},\tilde{v}_j^+)$) از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$\tilde{a}_1 = (l_1,m_1,u_1) \qquad \tilde{a}_2 = (l_2,m_2,u_2)$$

$$D(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2) = \sqrt{\frac{1}{3}[(l_2 - l_1)^2 + (m_2 - m_1)^2 + (u_2 - u_1)^2]} \quad (۸)$$

d_i^+ فاصلهٔ گزینهٔ A_i تا ایدئال مثبت و d_i^- فاصلهٔ گزینه A_i تا ایدئال منفی است.

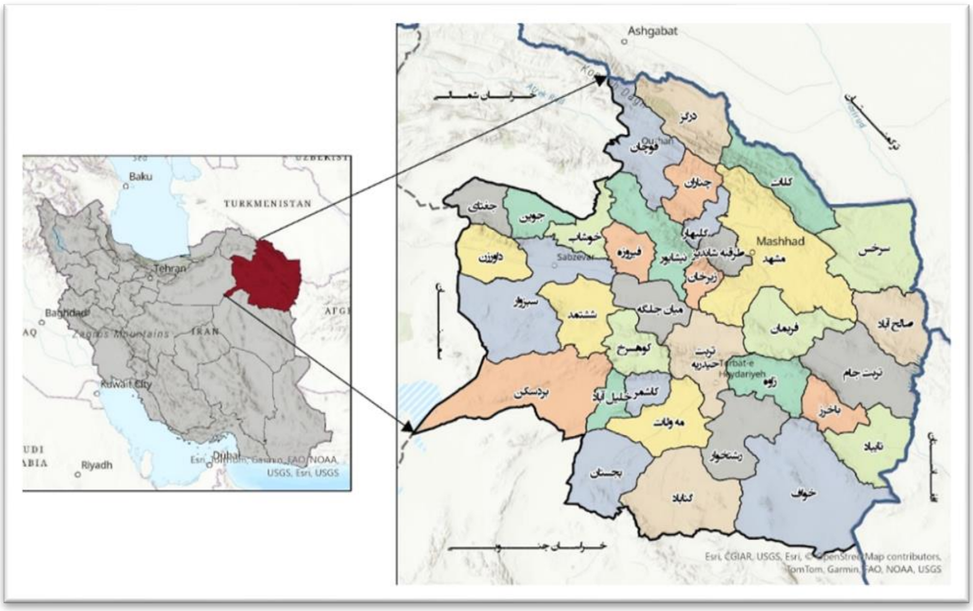
در مرحلهٔ ششم، میزان نزدیکی نسبی هر گزینه و رتبه‌بندی آن‌ها محاسبه‌می‌شود. شاخص نزدیکی نسبی (CC) برای هر گزینه از طریق رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1,2, \dots, m \quad (۹)$$

در نهایت گزینه‌ها با توجه به مقادیر CC_i برای هر گزینه، به‌ترتیب صعودی مرتب می‌شوند. گزینه با بالاترین میزان CC بهترین گزینه می‌باشد (چن[1]، ۲۰۰۰).

محدودهٔ مورد مطالعه

استان خراسان رضوی در شمال شرق ایران واقع شده است. این استان با استان‌های خراسان شمالی، خراسان جنوبی و سمنان و همچنین کشورهای افغانستان و ترکمنستان همسایه است. مساحت استان ۱۱۷۷۶۹ کیلومتر مربع (۷ درصد کل مساحت ایران) و جمعیت آن بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ حدود ۶۴۳۴۵۰۱ نفر بوده است. ۴۹/۲ درصد از سطح استان را مناطق کوهستانی و مابقی را دشت‌ها تشکیل می‌دهد. این استان دارای ۳۴ شهرستان[2]، ۸۲ بخش، ۱۷۹ دهستان و ۹۶ شهر است.



نقشه۱- موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مورد مطالعه

[1] Chen

[2]-لازم به ذکر است که استان در زمان انجام مطالعه دارای ۳۳ شهرستان بوده است که پس ازآن، شهرستان میان‌جلگه از شهرستان نیشابور جدا و تعداد شهرستان‌های استان به ۳۴ رسید.

یافته‌های پژوهش

در راستای توسعهٔ متوازن و بهره‌گیری پایدار و شایسته از محیط در استان خراسان رضوی، لازم است تناسب اراضی با هریک از فعالیت‌ها در استان مورد ارزیابی قرارگیرد. یکی از فعالیت‌های مهم در استان، فعالیت پرورش دام سبک است که به‌شدت به مراتع استان وابسته است؛ لذا لازم است با در نظرگرفتن شاخص‌های اثرگذار به تعیین مراتع مستعد این فعالیت پرداخته شود. با مرور جامع مبانی نظری و پیشینهٔ پژوهش، پنج شاخص شناسایی و استخراج شد. طی انجام روش دلفی فازی دو شاخص بارش و تبخیر و تعرق ادغام و به‌صورت شاخص درصد تبخیر و تعرق به بارش سالانه مد نظر قرار گرفت. سپس پرسش‌نامه‌ای با چهار شاخص در اختیار خبرگان قرارگرفت و شاخص‌ها امتیازدهی شد. امتیاز شاخص توان اکولوژیک برابر ۰/۸۱، آب تجدیدپذیر ۰/۷۶، شاخص درصد تبخیر و تعرق به مجموع بارش سالانه ۰/۷۲ و نسبت دام مجاز به دام موجود۰/۷۱ محاسبه‌گردید. امتیاز چهار شاخص بالاتر از حد آستانه ۰/۷ قرار گرفتند و تأیید شدند. در ادامه به وضعیت شاخص‌های مذکور در پژوهش پرداخته شده است.

۱-شاخص نسبت دام موجود به دام مجاز

جدول زیر نسبت دام موجود به دام مجاز بر اساس وضعیت مراتع در هر شهرستان را نشان‌می‌دهد. متوسط نسبت دام موجود به دام مجاز در استان خراسان رضوی ۲/۱۸ است. در تمامی شهرستان‌های استان به جز شهرستاهای بجستان و گناباد مازاد دام وجود دارد. از طرفی بیشترین تعداد دام موجود به دام مجاز را به‌ترتیب شهرستان‌های؛ جغتای، خلیل‌آباد، زاوه، جوین و درگز به خود اختصاص داده‌اند؛ بنابراین با تداوم فشار مضاعف چرای دام مازاد بر ظرفیت مرتع، از کیفیت و تراکم مراتع شهرستان‌های استان کاسته خواهد شد و تشدید تخریب پوشش گیاهی و خاک را به‌دنبال خواهد داشت.

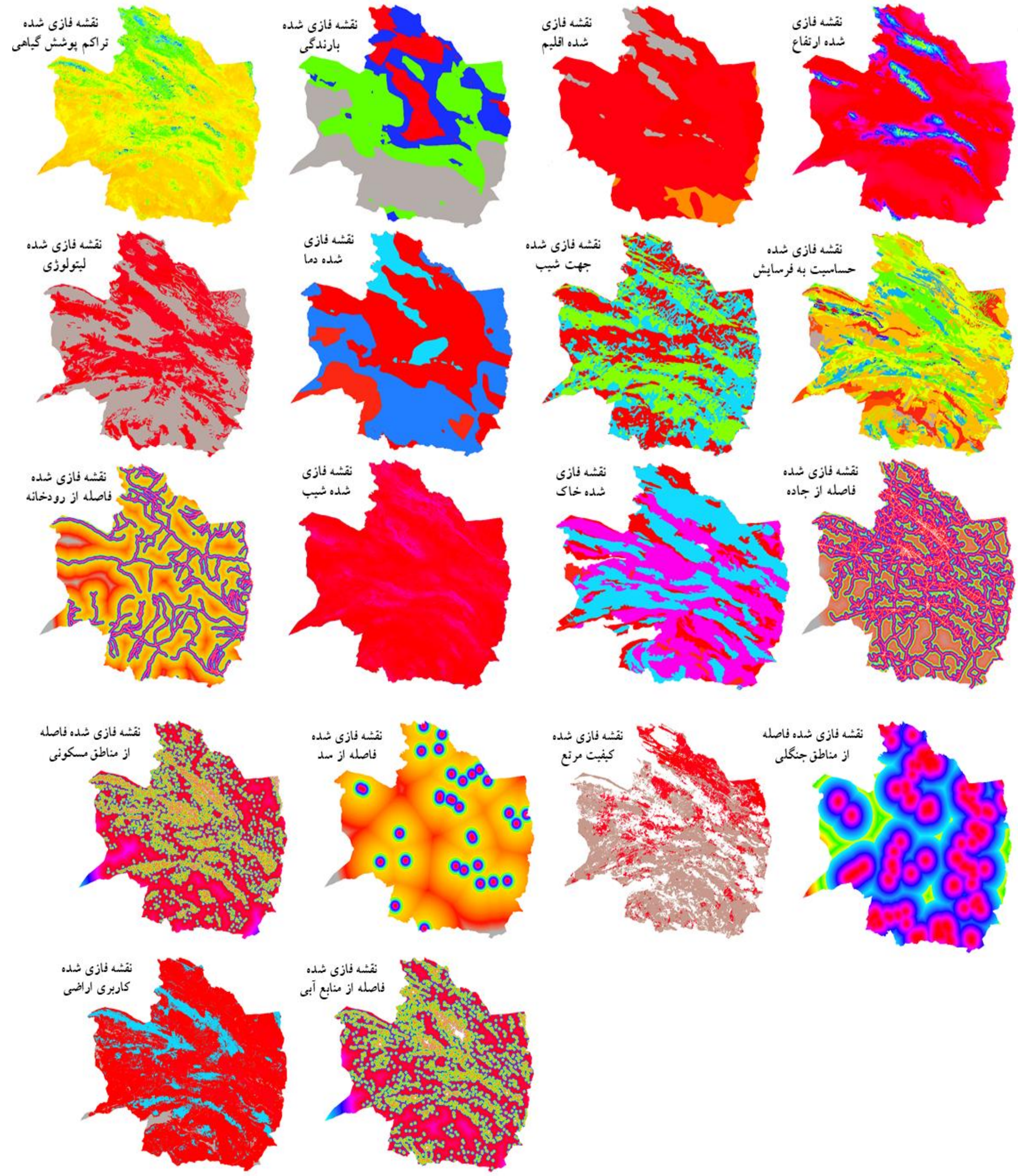
جدول۶-نسبت دام موجود به دام مجاز به تفکیک شهرستان‌های استان خراسان رضوی

شهرستان	نسبت دام موجود به دام مجاز	شهرستان	نسبت دام موجود به دام مجاز
باخزر	۱/۳۱	سبزوار	۲/۴۳
بردسکن	۱/۶۷	سرخس	۲/۲۹
بجستان	۰/۵۹	ششتمد	۱/۴۷
تایباد	۲/۳۷	صالح‌آباد	۱/۱۳
تربت جام	۲/۴۷	طرقبه- شاندیز	۲/۴۷
تربت حیدریه	۲/۵۰	فریمان	۲/۴۴
چناران	۲/۳۱	فیروزه	۲/۷۳
جغتای	۴/۸۹	قوچان	۲/۲۹
جوین	۳/۸۷	کاشمر	۲/۲۶
خواف	۳/۱۲	کلات	۲/۰۲
خوشاب	۱/۴۷	کوهسرخ	۲/۲۶
خلیل‌آباد	۴/۸۱	گلبهار	۲/۳۱
درگز	۳/۶۸	گناباد	۰/۶۷
داورزن	۲/۰۴	مشهد	۳/۲۶
رشتخوار	۱/۱۲	مه‌ولات	۱/۴۳
زاوه	۴/۱۳	نیشابور	۳/۳۹
زبرخان	۳/۳۹	استان	۲/۱۸

منبع: سازمان محیط زیست و منابع طبیعی استان خراسان رضوی

۲-توان اکولوژی مرتع‌داری

پس از تهیهٔ لایه‌های اطلاعاتی هر یک از عوامل مؤثر جهت تعیین تناسب اراضی کاربری مرتع‌داری با استفاده از روش «AHP» لایه‌ها وزن‌دهی شدند. این لایه‌ها از سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سازمان نقشه-برداری کشور، موسسهٔ تحقیقات آب‌وخاک کشور، سازمان هواشناسی استان خراسان رضوی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان و تصویر ماهواره لندست دریافت شده است.



نقشه ۲- لایه‌های فازی‌شدهٔ ورودی برای اجرای مدل ارزیابی توان اکولوژیکی مرتع‌داری استان خراسان رضوی

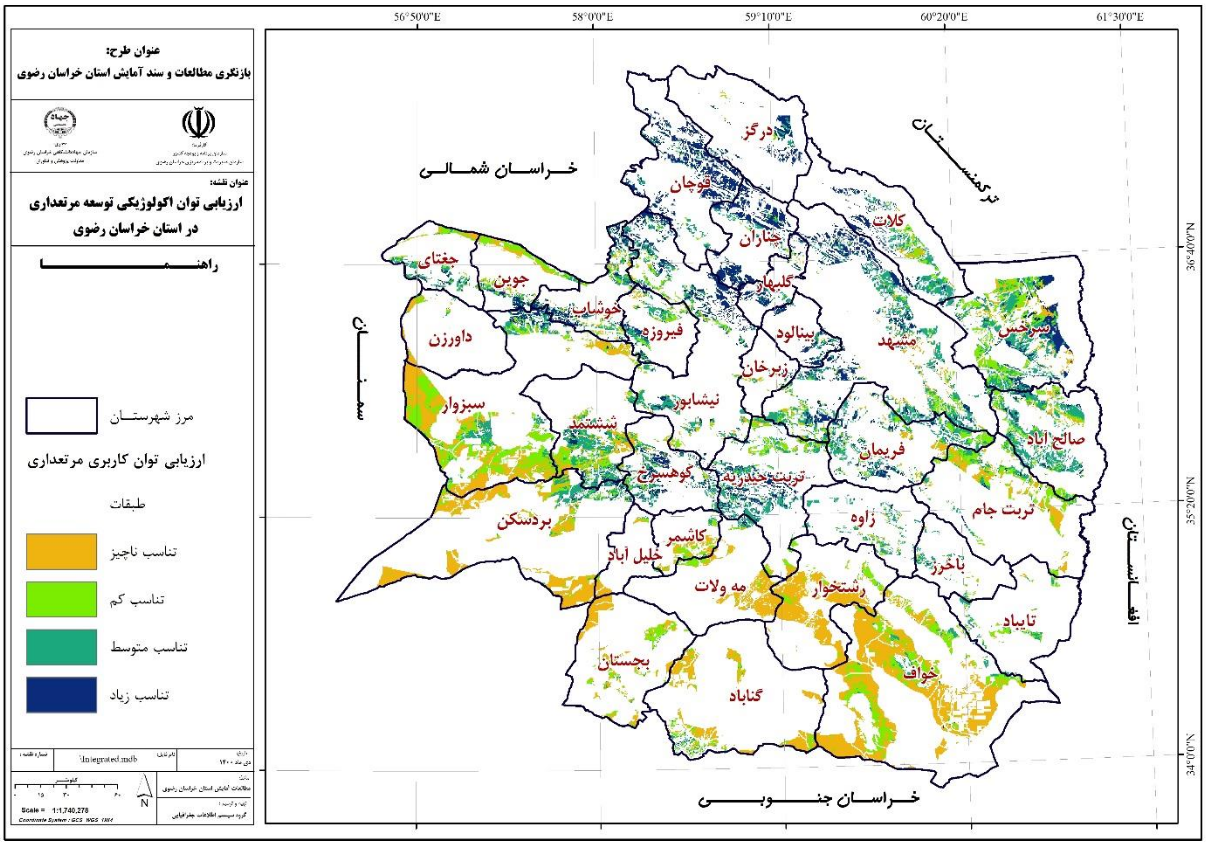
بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده در جدول زیر به‌ترتیب معیارهای تـراکم مرتـع، کیفیـت مرتـع، فرسـایش و فاصله از منابع آبی بیشترین وزن در تعیین توان اکولوژیکی مرتع‌داری در مراتع مختلف استان داشته‌اند.

جدول ۷- وزن‌دهی لایه‌های مورد استفاده برای احصاء نقشهٔ توان اکولوژیکی توسعهٔ مرتع‌داری در استان خراسان رضوی

عنوان لایه	وزن لایه	عنوان لایه	وزن لایه
کیفیت مرتع	۰.۱۹۳۲	شیب	۰.۰۵۵۳
تراکم مرتع	۰.۲۳۷۲	جهت جغرافیایی	۰.۰۱۷۱
طبقات خاک	۰.۰۷۸	فاصله از جاده	۰.۰۱۷۷
حساسیت به فرسایش	۰.۱۱۱۸	فاصله از مناطق مسکونی	۰.۰۱۵۷
اقلیم	۰.۰۳۱۵	فاصله از منابع آبی	۰.۱۰۷۳
هم باران	۰.۰۴۴۷	تراکم پوشش گیاهی	۰.۰۳۳
هم دما	۰.۰۳۰۵		ضریب ناسازگاری: ۰/۰۱
ارتفاع	۰.۰۲۶۹		

منبع: یافته‌های تحقیق

سپس با استفاده از «GIS» و همچنین به‌کارگیری تکنیک «WLC» نقشهٔ توان اکولـوژیکی توسـعهٔ مرتـع‌داری در استان خراسان رضوی ترسیم‌گردید.



نقشه۳- توان اکولوژیکی توسعهٔ مرتع‌داری در استان خراسان رضوی

حدود۳۸/۴ هکتار از مراتع استان در طبقهٔ تناسب زیاد، ۵۸/۱ هکتار در طبقهٔ تناسب متوسط، ۱۳۳/۵ در طبقهٔ تناسب کم و ناچیز و ۹۳۴/۸ هکتار درطبقهٔ فاقد تناسب توان اکولوژیکی مرتع‌داری رتبه‌بندی شده‌اند. در نتیجه ارزیابی توان اکولوژیکی مراتع نشان‌می‌دهد که سهم اندکی از مراتع استان از توان اکولوژیکی متوسط و بالا برخوردارند. عوامل اقلیمی، عمق کم خاک، فرسایش زیاد و تراکم کم پوشش گیاهی در منطقه باعث شده است که مرتع‌داری با تناسب متوسط و بالا در استان سهم اندکی داشته باشند.

با وجود این‌که کاربری مرتع‌داری قسمت قابل توجهی از استان را به خود اختصاص داده است ولی سهم قابل توجهی از مراتع استان از نظر توان اکولوژیکی مرتع‌داری در طبقهٔ فاقد تناسب یا تناسب ناچیز قرار دارند. با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعات آمایش استان خراسان رضوی(جدول ۸) مشخص‌شد که به‌ترتیب شهرستان‌های؛ چناران، خوشاب، صالح‌آباد، سرخس، کوه سرخ، قوچان، تربت حیدریه، ششتمد، فریمان، مشهد، گلبهار، نیشابور، کلات، فیروزه،طرقبه‌شاندیزازمحدوده‌های‌مناسب‌برای‌توسعهٔ‌کاربری‌مرتع‌داری‌درسطح‌استان‌خراسان‌رضوی برخوردارند. همچنین بخش‌های زیادی از مناطق جنوبی و غربی استان همچون شهرستان‌های؛ بجستان، خواف، خلیل‌آباد، داورزن، رشتخوار و گناباد دارای تناسب ناچیز و کم برای توسعهٔ کاربری مرتع‌داری هستند. در واقع وجود بخش قابل توجهی از مراتع کم‌تراکم در استان(حدود ۶۰ درصد از مراتع کم‌تراکم استان در این شهرستان‌ها قراردارد) و اراضی فاقد پوشش گیاهی (بیش از ۹۲ درصد از اراضی فاقد پوشش گیاهی استان در این قلمروها قرار گرفته است)، کمبود بارندگی(بارندگی سالانه بین ۱۵۰ تا ۱۸۶ میلی لیتراست)، فاصلهٔ بیش از ۱۰۰ متر از منابع آبی، دمای شدید هوا در این شهرستان‌ها از جمله عوامل تأثیرگذار در توان اکولوژیکی مرتع‌داری ناچیز این شهرستان‌ها می‌باشد. در واقع دسترسی به منابع آبی برای مرتع‌داری حیاتی است. مناطقی که فاصلهٔ بیشتری از منابع آبی دارند، توان اکولوژیکی کمتری برای این کاربری دارند. شهرستان‌های جنوبی و غربی استان (مانند خواف و بجستان) که اغلب فاصلهٔ بیش از ۱۰۰ متر از منابع آبی دارند، تناسب ناچیزی برای مرتع‌داری نشان‌می‌دهند. در حالی‌که شهرستان‌های شمالی و مرکزی استان (مانند قوچان و مشهد) به‌دلیل نزدیکی به منابع آبی، تناسب بیشتری دارند. کیفیت مرتع شامل نوع گونه‌های گیاهی، مقاومت آن‌ها در برابر تنش‌های محیطی و ارزش غذایی برای دام‌ها یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین توان اکولوژیکی است. شهرستان‌های شمالی و مرکزی استان که شرایط آب‌وهوایی و خاک مناسبتری دارند، دارای گونه‌های گیاهی مقاوم و با ارزش غذایی بالا هستند؛ لذا بیشترین توان اکولوژیکی را برای مرتع‌داری دارند.

همچنین یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در توان اکولوژیک مرتع‌داری، فرسایش خاک است. در استان خراسان رضوی ۳۰ کانون فرسایش بادی وجود دارد که شهرستان‌های؛ کاشمر، خلیل‌آباد و بردسکن در غرب و جنوب غرب خراسان رضوی بیشتر تأثیر پذیری از کانون‌های داخلی را دارند. کانون‌های بحران فرسایش بادی خارجی نیز شامل دو کانون اصلی هرات در افغانستان که بیشتر منطقهٔ تایباد و خواف را متأثر می‌سازد و کانون قره‌قوم در ترکمنستان که بیشتر بخش‌هایی ازشهرستان سرخس را تحت تأثیر قرارمی‌دهد. این عامل نیز نقش مهمی در توان ناچیز و فاقد توان اکولوژیکی مرتع‌داری را در این مناطق استان داشته است (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی، ۱۴۰۰). شیب‌های زیاد نیز می‌تواند به فرسایش خاک و کاهش توان اکولوژیکی منجر شود. شهرستان‌های مرتفع و کوهستانی استان (مانند کوه‌سرخ) به‌دلیل شیب‌های کمتر، تناسب بیشتری برای مرتع‌داری دارند.

جدول۸-سهم مراتع با توان اکولوژیک متوسط و بالای مرتع‌داری به تفکیک شهرستان‌ها

شهرستان	توان اکولوژیک زیاد و متوسط	شهرستان	توان اکولوژیک زیاد و متوسط
باخزر	۳/۷	سبزوار	۵/۳
بردسکن	۳/۴	سرخس	۱۸/۳
بجستان	۰/۴	ششتمد	۱۵
تایباد	۲/۳	صالح آباد	۱۸/۴
تربت جام	۳/۴	طرقبه - شاندیز	۱۱/۳
تربت حیدریه	۱۷	فریمان	۱۴/۴
چناران	۲۳/۷	فیروزه	۱۱/۴
جغتای	۷/۶	قوچان	۱۷/۱
جوین	۶/۳	کاشمر	۱/۴
خواف	۱	کلات	۱۱/۷
خوشاب	۱۸/۹	کوهسرخ	۱۷/۴
خلیل‌آباد	۰/۴	گلبهار	۱۳/۴
درگز	۵	گناباد	۰/۶
داورزن	۰/۳	مشهد	۱۴/۴
رشتخوار	۰/۱	مه ولات	۱/۳
زاوه	۴/۷	نیشابور	۱۳
زبرخان	۴/۱		

منبع: بازنگری مطالعات آمایش خراسان رضوی ۱۴۰۲

۳-اقلیم

تغییر اقلیم بر اکوسیستم‌های مختلف تأثیرات متفاوتی دارد و بیشترین تأثیر بر روی بزرگترین اکوسیستم موجود، یعنی مراتع می‌باشد. یکی از دغدغه‌های اصلی برنامه‌ریزان مرتع، شناخت عوامل ایجادکنندهٔ تغییرات به‌خصوص اقلیم و تأثیر این عوامل بر فاکتورهای اصلی مدیریت مرتع نظیر پوشش گیاهی است. تغییر اقلیم در مراتع مناطق مرتفع باعث کاهش تنوع زیستی می‌شود و در مناطق پایین دست زوال را ایجاد می‌کند. در ادامه به بررسی دو شاخص مهم و اثرگذار اقلیمی بر تراکم مراتع می‌پردازیم:

۳-۱-بارش

بارش یکی از مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی است که نقش تعیین‌کننده‌ای در مرتع‌داری و فعالیت پرورش دام سبک دارد.

روند سالانهٔ بارش در استان خراسان رضوی با استفاده از آزمون «سنس» برای چهار دههٔ گذشته مورد بررسی قرارگرفته و روند بارش به‌ازای هر دهه پهنه‌بندی شده است. برای متوسط پهنه‌ای استان خراسان

رضوی بارش سالانه ۱۸/۳۸ میلی‌متر/دهه کاهش داشته است (بازنگری مطالعات آمایش استان خراسان رضوی، ۱۴۰۲). نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات آمایش خراسان رضوی نشان‌می‌دهد، بارش سالانهٔ استان در مناطق جنوبی و شمالی آن روند کاهشی دارد. بارش افزایشی جزئی با مقدار ۱/۶۷ میلی‌متر/دهه در شمال غربی استان در جوین، جغتای، داورزن، ششتمد، فیروزه، نیشابور و کوه سرخ و بیشینه روند کاهشی بارش با مقدار ۳۶/۴ میلی‌متر/ دهه در تربت حیدریه، مه‌ولات، زاوه و رشتخوار دیده می‌شود(بازنگری مطالعات آمایش استان خراسان رضوی، ۱۴۰۲). این نتایج گویای این مطلب است که شهرستان‌هایی با روند کاهشی بارندگی دارای سهم قابل توجهی از مراتع با تراکم کم هستند زیرا بر اساس برآوردهای انجام‌شده توسط موسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، هر میلیمتر افزایش و کاهش بارندگی منجر به هشت دهم کیلوگرم افزایش یا کاهش تولید علوفه در کشور می‌شود. سطح وسیعی از مراتع استان در مناطق خشک و نیمه-خشک واقع شده‌اند و تجدید و احیای پوشش طبیعی اکوسیستم‌های مرتعی در این مناطق به‌دلیل بارندگی‌های بسیارکم و تغییرپذیری زیاد زمانی و مکانی از روند کندی برخوردار است.

۳-۲-درصد تبخیر و تعرق به مجموع بارش سالانه

یکی از عواملی که به‌طور مستقیم بر میزان تولید علوفه مرتعی اثرگذار است میزان تبخیر و تعرق گیاهان است. نتایج مربوط به شاخص (PET)در استان خراسان رضوی نشان‌می‌دهد که این متغیر مهم اقلیمی در استان خراسان رضوی بین ۴۱/۸ تا ۵۴/۸ میلی‌متر در نوسان است. بالاترین مقدار شاخص در جنوب‌شرقی استان و سپس در مناطق شرقی، جنوبی و جنوب غربی استان قابل مشاهده است که با توجه به خشکی بالای این مناطق امری طبیعی است. کمینهٔ مقدار شاخص نیز در مناطق شمالی استان در محدودهٔ بین درگز، چناران، بینالود، کلات و مناطق شمالی مشهد دیده می‌شود.

تبخیر-تعرق و تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) زمانی می‌تواند به یک مسألهٔ مهم تبدیل شود که بدانیم این مقدار چند درصد از بارش سالانه را در بر می‌گیرد. درصد تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) نسبت به مجموع بارش سالانه در استان خراسان رضوی بین ۱۵/۳۴ درصد در مناطق شمالی استان شامل: درگز، قوچان، فیروزه، زبرخان، بینالود، گلبهار و چناران تا ۴۲/۹۴ درصد در مناطق جنوب غربی استان در بردسکن در تغییر است. به‌طور کلی درصد تبخیر-تعرق پتانسیل (PET) نسبت به مجموع بارش سالانه در استان خراسان رضوی از شمال به جنوب این استان روند افزایشی را نشان‌می‌دهد.

۴-آب تجدیدشونده(وضعیت سرانه آب تجدیدشونده)

آب، اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده برای پراکنش دام در مرتع است و استفاده صحیح از همه بخش‌های مرتع و تنظیم فشار چرای دام را به‌دنبال دارد؛ بنابراین استفادهٔ دام‌ها از علوفهٔ موجود در مرتع، به میزان آب موجود در مرتع بستگی دارد. کمبود آب، به‌طور چشمگیری عملکرد دام را نسبت به کمبود مواد غذایی دیگر کاهش می‌دهد؛ لذا از شاخص آب تجدیدشونده به عنوان یکی از مهمترین شاخص‌های برنامه‌ریزی برای تداوم فعالیت پرورش دام سبک در شهرستان‌های استان بهره گرفته شده است.

با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده از سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی و مطالعات آمایش استان، این نتیجه حاصل شد که استان خراسان رضوی در وضعیت کمبود مطلق قرار دارد. همچنین شهرستان‌های؛ صالح‌آباد، جغتای، خوشاب نیز در وضعیت کمبود مطلق و شهرستان‌های؛ کلات، جوین، داورزن و رشتخوار در وضعیت مناسب قراردارند.

جدول۹-وضعیت سرانه آب تجدیدشونده در شهرستان‌های استان خراسان رضوی

نام شهرستان	وضعیت	نام شهرستان	وضعیت
باخرز	بحرانی	سرخس	بحرانی
بجستان	بحرانی	فریمان	بحرانی
بردسکن	مناسب	فیروزه	کمیابی
طرقبه شاندیز	کمیابی	قوچان	کمیابی
تایباد	کمیابی	کلات	مناسب
تربت جام	کمیابی	گناباد	بحرانی
صالح‌آباد	کمیابی	مشهد	کمبود مطلق
تربت حیدریه	کمیابی	مه‌ولات	بحرانی
جغتای	بحرانی	کاشمر	کمبود مطلق
جوین	بحرانی	کوه‌سرخ	مناسب
خلیل‌آباد	کمیابی	چناران	کمیابی
خواف	بحرانی	گلبهار	کمیابی
خوشاب	بحرانی	سبزوار	کمبود مطلق
داورزن	مناسب	ششتمد	مناسب
درگز	مناسب	نیشابور	کمیابی
رشتخوار	بحرانی	زبرخان	مناسب
زاوه	کمیابی	**استان**	**کمبود مطلق**

شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی، مطالعات آمایش استان خراسان رضوی ۱۴۰۲

نتایج روش «تاپسیس فازی»

در این پژوهش با استفاده از روش «تاپسیس فازی»، به اولویت‌بندی شهرستان‌های(قلمروهای) استان خراسان رضوی در زمینهٔ تناسب با فعالیت‌های پرورش دام سبک پرداخته شده است. ابتدا ماتریس تصمیم تشکیل می‌شود، هر درایه ماتریس حاصل ارزیابی هر گزینه (شهرستان) براساس شاخص مربوطه می‌باشد. ماتریس دارای ۳۳ سطر(شهرستان‌ها) و دارای ۴ ستون(شاخص) است. مراحل نرمال‌سازی و وزن‌دارسازی ماتریس مطابق آن‌چه تشریح‌شد، انجام شده است و در مرحلهٔ آخر میزان نزدیکی نسبی هر گزینه و رتبه‌بندی آن‌ها محاسبه و در نهایت گزینه‌ها با توجه به مقادیر شاخص شباهت (نزدیکی نسبی) برای هر گزینه، به‌ترتیب صعودی مرتب‌شد. در واقع شهرستان‌های با بالاترین میزان شاخص نزدیکی بهترین گزینه می‌باشند؛ لذا با توجه به نتایج نشان‌داده‌شده در جدول ۹ به‌ترتیب شهرستان‌های؛ چناران، خوشاب، تربت حیدریه، صالح‌آباد، کوه‌سرخ، سرخس و قوچان قلمروهای مناسب‌تری برای تداوم فعالیت پرورش دام سبک در استان هستند. از طرفی نواحی شرقی شهرستان درگز، شمال و شمال غرب کلات، طرقبه، شاندیز، فریمان، فیروزه، گلبهار، مشهد، نیشابور، ششتمد و مه‌ولات از جمله

شهرستان‌هایی هستند که برای تداوم این فعالیت، با محدودیت‌هایی در قالب شاخص‌های مطرح‌شده روبه‌رو می‌باشند. همچنین شهرستان‌های؛ زبرخان، جغتای، جوین، تربت جام، خلیل‌آباد، داورزن، سبزوار، رشتخوار، بجستان، گناباد، بردسکن، زاوه،، باخرز، تایباد، خواف و کاشمر در رتبه‌های بعدی قرارمی‌گیرند که به‌دلیل شرایط بدتر شاخص‌های مد نظر در این قلمروها، جایگزینی دامپروری صنعتی به‌جای سنتی، اصلاح نژاد و انجام طرح‌های مرتع‌داری جهت بهبود و تقویت مراتع باید با روند سریع‌تری نسبت به سایر شهرستان‌ها صورت‌گیرد.

جدول۱۰.رتبه‌بندی شهرستان‌های استان در فعالیت پرورش دام سبک با استفاده از روش «تاپسیس فازی»

شهرستان	امتیاز شاخص نزدیکی	رتبه	شهرستان	امتیاز شاخص نزدیکی	رتبه
چناران	۰/۷۳۶	۱	زبرخان	۰/۵۲۳	۱۸
خوشاب	۰/۷۰۷	۲	جغتای	۰/۵۲۱	۱۹
تربت حیدریه	۰/۷۰۵	۳	جوین	۰/۵۱۸	۲۰
صالح‌آباد	۰/۶۷۷	۴	تربت جام	۰/۴۸۹	۲۱
کوهسرخ	۰/۶۴۷	۵	خلیل‌آباد	۰/۴۸۸	۲۲
سرخس	۰/۶۴۶	۶	داورزن	۰/۴۸۷	۲۳
قوچان	۰/۶۲۳	۷	سبزوار	۰/۴۷۹	۲۴
درگز	۰/۶۲۳	۸	رشتخوار	۰/۴۶۲	۲۵
کلات	۰/۶۱۵	۹	بجستان	۰/۴۵۸	۲۶
طرقبه- شاندیز	۰/۶۱۴	۱۰	گناباد	۰/۴۲۹	۲۷
فریمان	۰/۶۰۶	۱۱	بردسکن	۰/۴۲۹	۲۸
فیروزه	۰/۵۸۶	۱۲	زاوه	۰/۴۰۰	۲۹
گلبهار	۰/۵۸۵	۱۳	باخزر	۰/۳۶۶	۳۰
مشهد	۰/۵۸۲	۱۴	تایباد	۰/۳۶۶	۳۱
نیشابور	۰/۵۷۹	۱۵	خواف	۰/۳۶۶	۳۲
ششتمد	۰/۵۵۲	۱۶	کاشمر	۰/۳۳۶	۳۳
مه‌ولات	۰/۵۵۰	۱۷			

منبع: یافته‌های تحقیق

جمع‌بندی و پیشنهادات

در این مطالعه، بر اساس شاخص‌های مربوط به توان اکولوژیکی مرتع، شرایط بحرانی منابع آب، افزایش دما، کاهش میزان بارش، شدت تبخیر و خشکسالی و تعداد دام موجود به دام مجاز، به بررسی قلمروهای مناسب برای فعالیت مرتع‌داری و پرورش دام سبک پرداخته شده است.

نتایج نشان‌داد که بیشترین آسیب‌پذیری در مراتع استان، به‌خصوص در مناطق غربی و جنوب شرقی و غربی استان در شهرستان‌های؛ خلیل‌آباد، داورزن، سبزوار، رشتخوار، بجستان، گناباد، بردسکن، زاوه، باخرز، تایباد، خواف و کاشمر وجود دارد که نتیجهٔ آن، کاهش فعالیت پرورش دام سبک در استان می‌باشد.

با توجه به؛ بیشترین روند کاهش بارندگی و کمترین روزهای بارندگی (مقدار بارش سالانه در این مناطق بین ۱۵۰ تا ۱۸۶ میلی لیتراست)، فقر عمومی پوشش گیاهی (بیش از ۹۲ درصد از اراضی فاقد پوشش گیاهی استان در این قلمروها قرار گرفته است)، درصد قابل توجه اراضی مرتعی فقیر (حدود ۶۰ درصد از مراتع کم‌تراکم استان در این

شهرستان‌ها قرار دارد) و افزایش قابل توجه دما در این مناطق، آسیب‌پذیری مراتع در این مناطق تشدید خواهد شد و فعالیت پرورش دام سبک روند کاهشی سریع‌تری را دنبال خواهد کرد؛ لذا با توجه به آن‌چه بیان‌شد و به‌خصوص روند کاهشی بارندگی به‌عنوان مهمترین عامل اثرگذار بر کیفیت و کمیت مراتع، تجدید و احیای پوشش طبیعی اکوسیستم‌های مرتعی در این مناطق با روند کندی مواجه خواهد شد.

در این مناطق با توجه به گسترهٔ خشکسالی و افزایش کانون‌های فرسایش بادی، لازم است طرح توسعهٔ مرتع‌داری با هدف کاشت گونه‌های مختلف مرتعی مقاوم به خشکی مانند: تاغ، آتریپلکس، عجوه، اشنیان و قیچ قره داغ ، اسکمبیل، سیاه‌شور و ... که به‌طور گسترده در عملیات تثبیت شن‌های روان، بیابان‌زدائی و جلوگیری از فرسایش خاک نیز استفاده می‌شوند، انجام شود.

در مقابل بر اساس اولویت‌بندی انجام‌شده، شهرستان‌های: چناران، خوشاب، تربت حیدریه، صالح‌آباد، کوه‌سرخ، سرخس و قوچان قلمروهای مناسب‌تری برای تداوم فعالیت پرورش دام سبک در استان هستند. بر اساس مطالعات آمایش سرزمین استان خراسان رضوی، اغلب این مناطق در دو کانون استان با الگوهای پر بارش قرارگرفته اند. در واقع الگوهای پر بارش استان خراسان رضوی در دو کانون قابل مشاهده است که هر دوی این مناطق منطبق بر ارتفاعات هستند. این دو کانون پربارش استان عبارت‌اند از: ۱- مناطق شمالی استان شامل؛ شهرستان‌های قوچان و کلات ۲- منطقهٔ بین چناران، گلبهار و طرقبه شاندیز که منطقهٔ اول پر بارش‌ترین پهنه در استان خراسان رضوی است. علاوه برشاخص بارندگی، بیش از ۶۶ درصد از مراتع نیمه‌متراکم و تراکم بالا در این مناطق قرار دارند. فرسایش خاک در این مناطق نسبت به مناطق جنوب شرقی و غربی استان کمتر و میزان بارندگی سالانه بین ۲۵۷ تا ۴۳۵ میلی لیتر متغییر است. با توجه به آن‌چه بیان‌شد و نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه، اگرچه این شهرستان‌ها نسبت به شهرستان‌های جنوب غربی و شرقی استان شرایط مساعدتری از نظر فعالیت مرتع‌داری دارند ولی روند افزایشی دما، شرایط نامناسب منابع آبی و همچنین سهم بالای دام موجود به دام مجاز،آسیب‌پذیری مراتع را در این مناطق نیز با روند روبه‌رشدی مواجه ساخته است.

لذا در راستای تداوم فعالیت مرتع‌داری و پرورش دام سبک در سال‌های آتی، اگرچه شرط لازم با درنظرگرفتن آب قابل برنامه‌ریزی برای کشاورزی، کاهش تعداد دام در حد مجاز و انجام طرح‌های مرتع‌داری جهت بهبود و تقویت مراتع می‌باشد ولی شرط کافی، کاهش وابستگی دام به مرتع است که تنها از طریق اصلاح نژاد و حرکت از دامداری سنتی به‌سمت دامداری صنعتی به‌وقوع می‌پیوندد. در نتیجه با وجود این‌که هزینهٔ نگهداری دام سبک به‌شیوهٔ صنعتی بالاست ولی وضعیت مراتع، آب و اقلیم استان، دامداران را ناگزیر به حرکت به‌سوی دامداری صنعتی می‌نماید. همچنین با توجه به عدم تناسب تعداد دام موجود در استان نسبت به میزان مراتع موجود، لازم است اقدامات چرای دام بر اساس حدود مشخص‌شده در پروانه‌ها، دائما در حال کنترل و پیشگیری قرارگیرد و با انجام احیاء، از نابودی پوشش گیاهی و ایجاد گردوغبار جلوگیری شود.

منابع

اشرف‌زاده، محرم؛ نیک‌نهاد قرەماخر، حمید؛ احمدی میرقائد، فضل‌الله؛ جعفری، سمیه. (۱۳۹۵). ارزیابی توان اکولوژیکی مراتع منطقهٔ «بلوچی» شهرستان لار برای توسعهٔ مرتعداری. فصلنامهٔ علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۳(۲۳):۶۴۴-۶۳۶.

https://ijrdr.areeo.ac.ir/article_107626.html

اجتماعی، بابک؛ کشاورز، مرضیه. (۱۴۰۱). ارزیابی قابلیت اکولوژیک اراضی شهرستان فیروزآباد برای استمرار و گسترش فعالیت‌های کشاورزی و مرتعداری. نشریهٔ علمی- پژوهشی جغرافیا و توسعه، (۶۹): ۱۲۸-۱۵۱.

10.22111/GDIJ.2022.7278

بهرامی، منیره؛ سرمدیان، فریدون؛ پذیرا، ابراهیم. (۱۴۰۲). ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی استان البرز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله‌مراتبی، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۴(۲)، ۱۷۹-۱۶۵.

https://ijfcs.ut.ac.ir/article_90355.html

حاتمی کاهکش، ایرج؛ دشتی، سولماز؛ عطار روشن، سینا. (۱۳۹۷). مقایسهٔ کارایی مدل اکولوژیکی مخدوم و فائو برای برآورد توان اکولوژیکی کاربری کشاورزی و مرتعداری (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز آبهار خوزستان). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۸(۳)، ۶۷-۷۸.

https://journals.tabrizu.ac.ir/article_8057.html

حجازی، سید اسدالله؛ حقی، یعقوب؛ تیلکوی بگه جان، فاطمه؛ نصیری، ثریا. (۱۴۰۳). ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی شهرستان دهگلان با رویکرد آمایش سرزمین، مجله جغرافیا و روابط انسانی، ۶(۴)، ۱۰۸۱-۱۰۶۴.

https://www.gahr.ir/article_197871.html#:~:text=10.22034/GAHR.2023.425856.1989

خلیفه، مریم؛ علی‌خواه اصل، مرضیه؛ رضوانی، محمد. (۱۳۹۷). ارزیابی قابلیت اراضی برای توسعهٔ کشاورزی و مرتعداری با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبخیز گزدراز- لاور ساحلی استان بوشهر). فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، ۳۳(۱)، ۱۱۰-۱۲۳.

http://georesearch.ir/browse.php?a_id=227&sid=1&slc_lang=fa

خلیلی، سروش؛ سلطانی‌نژاد، حمید؛ توکلی‌نیا، جمیله. (۱۳۹۸). ارزیابی توان اکولوژیک کشاورزی شهرستان استهبان. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۵۰(۲)، ۲۶۵-۲۸۰

10.22059/ijaedr.2018.259880.668614

داداشی رودباری، عباسعلی؛ فلاح قالهری، غلامعباس؛ کرمی، مختار؛ باعقیده، محمد. (۱۳۹۵). تحلیل تغییرات بارش حوضهٔ آبریز «هراز» با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک تحلیل طیفی. مجله هیدروژئومورفولوژی، (۷)،۵۹-۸۶.

https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_5353.html

دیلویی، نسرین؛ مجنون، ناصر؛ جهان‌سوز، محمدرضا؛ مخدوم، مجید. (۱۳۹۸). ارزیابی توان اکولوژیکی شهرستان ورامین برای توسعهٔ فعالیت‌های کشاورزی با استفاده از مدل اکولوژیکی ایران، مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۰(۲)، ۱۳۲-۱۱۷.

https://ijfcs.ut.ac.ir/article_72328.html

رحمان‌آبادی، حسن؛ حسین‌زاده، محمدمهدی؛ میرباقری، بابک. (۱۴۰۰). مدیریت و برنامه‌ریزی فضای جغرافیایی شهرستان «کنگاور» جهت کاربری‌های کشاورزی و مرتعداری، نشریهٔ آمایش سرزمین، ۱۳(۱)، ۱۴۰-۱۱۵.

10.22059/jtcp.2020.297699.670085

عباس‌زاده طهرانی، نادیا؛ جانعلی‌پور، میلاد؛ سرگلزائی اول، بهمن. (۱۴۰۲). ارزیابی توان اکولوژیکی دشت سیستان با تلفیق مدل‌های چندعامله مخدوم و فناوری‌های سنجش‌ازدور و ساج، مجله پژوهش‌های محیط زیست، ۱۴(۲۸)، ۱۷۹-۱۵۹.

https://www.iraneiap.ir/article_191708.html

فرجی، امین؛ صحنه، فریبا. (۱۳۹۹). ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین در استان گلستان به‌منظور توسعهٔ کاربری‌های کشاورزی با رویکرد آمایش سرزمین. مجله آمایش سرزمین، ۱۶(۲)، ۲۵۳-۲۷۴.

https://jtcp.ut.ac.ir/article_76159.html

قدیری معصوم، مجتبی؛ حجی‌پور، محمد. (۱۳۹۵). آمایش اکولوژیکی مکان در راستای پیشبرد توسعهٔ پایدار کشاورزی- مورد: کاشت پسته در شهرستان نهبندان، فصلنامهٔ آمایش جغرافیایی فضا، ۶(۲۲)، ۱۲۴-۱۰۹.

https://gps.gu.ac.ir/article_44773.html

کاشفی‌دوست، دیمن؛ ابراهیم‌زاده، عیسی؛ موسوی، میرنجف. (۱۴۰۱). ارزیابی توان اکولوژیکی کشاورزی با رویکرد آمایشی و توسعهٔ منطقه‌ای (مطالعهٔ موردی: استان آذربایجان غربی)، فصلنامهٔ آمایش جغرافیایی فضا، ۱۱(۴۲)، ۸۹-۷۵.

https://gps.gu.ac.ir/article_148630.html

معین‌الدینی، مظاهر؛ خراسانی، نعمت‌اله؛ دانه‌کار، افشین؛ دروی‌صفت، علی‌اصغر. (۱۳۹۵). مکان‌یابی محل دفن پسماند شهر کرج با استفاده از تاپسیس فازی سلسله‌مراتبی (مطالعهٔ موردی: شهر کرج). مجله منابع طبیعی ایران، ۶۴(۲)، ۱۶۷-۱۵۵.

https://jne.ut.ac.ir/article_29357.html

نظامی، آرش؛ پوررشنو، فیروز؛ میر، علی. (۱۳۹۷). رتبه‌بندی و مقایسهٔ شهرستان‌های استان لرستان در بخش بهداشت و خدمات بهداشتی با استفاده از روش «TOPSIS». فصلنامهٔ علمی- پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، ۲۰(۲)، ۳۱-۲۲.

https://yafte.lums.ac.ir/article-1-2584-fa.html

References

Chen,. CT. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy Sets and Systems 2000; 114: 1-9.

https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1

Govindan K, Shaligram PP, Sasi K. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider, Resources, Conservation and Recycling 2009; 54 :28–36.

https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.004

https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176305

Jieying, Ch.; Xiaohui, H.; Chuanf ,Z. (2023), Spatial and temporal variation and driving factors of ecological carrying capacity in the Pan-Pearl River Basin, China, Ecological Indicators, Volume 151, July 2023, 110318.

https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110318

Salas Lopez, R., Gomez Fernandez, D., Silva Lopez, J.O., Rojas Briceno, N.B., Oliva, M., Terrones Murga, Barrena Gurbillón, M.Á (2020). Land Suitability for Coffee (Coffea arabica) growing in Amazonas, Peru: Integrated use of AHP, GIS and RS. ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(11), 673

https://doi.org/10.3390/ijgi9110673

Villar-Rúa, S., Acuña-Alonso, C., and Álvarez, X. (2024). Estimation of the ecological integrity of the Guadiana River using Partial Least Squares Path Modelling and simulation scenarios. Science of The Total Environment, 954, 176305.

Wang, Y.,Yao, H., Murray, S. (2024), Balancing urbanization, agricultural production and ecological integrity: A cross-scale landscape functional and structural approach in China, Land Use Policy, Volume 141, June 2024, 107156.

https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107156

Yohannes, H. and Soromessa, T. (2018), Land Suitability assessment for major crops by using GIS – based multi – criteria approach in Andit Tid Watershed, Ethiopia.

https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1470481

Zhang Ze; Baoqing Hu; Haihong Qiu (2023), Spatial and temporal variation and prediction of ecological carrying capacity based on machine learning and PLUS model, Ecological Indicators, Volume 154, October 2023, 110611.

https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110611