

## Site Suitability Analysis for Rangeland Improvement and Development Practices (A Case Study in the Rangelands of Ghayen Plain, Iran)

Ali Rajabi<sup>1\*</sup>, Dr. Majid Ajourlo<sup>2</sup>, Dr. Morteza Dehghani<sup>3</sup>

1-M.Sc of Range Management, Faculty of Soil and Water, University of Zabol

2- Associate Professor of Range and Watershed Management, Faculty of Soil and Water, University of Zabol

3-Ph.D of Watershed Management, General Office of Natural Resources and Watershed Management, Birjand



Rajabi, A & Ajourlo, M & Dehghani, M (2020). [Site Suitability Analysis for Rangeland Improvement and Development Practices (A Case study in the Rangelands of Ghayen Plain, Iran)]. *Geography and Development*, 18(60), 117-136, <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2020.5652>

doi: <http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2020.5652>

Received:06/06/2019

Accepted:12/05/2020

### ABSTRACT

This study aimed to select favorable site using analytic hierarchy process (AHP) for practices including seeding and seed broadcasting, hoeing and seeding, contour furrowing, pitting and flood spreading to restore degraded rangelands Ghayen Plain, Iran. First, major effective criteria in selecting favorable sites for range restoration measures were adopted from the reputable literatures. Then, 80 questionnaires in the form of pair matrix were designed for each restoration measure with regard to the selected criteria. Questionnaires were distributed among lecturers, experts and authorities in local universities and offices. Final score and relative importance of criteria were calculated on the basis of geometric mean of questionnaires. Hierarchical tree structure with appropriate adaptability was generated in Expert Choice software. Results showed that rainfall and slope played an important role in selecting favorable site for pitting. Soil infiltration rate and runoff volume had the highest relative importance in selecting suitable site for flood spreading project. Furthermore, for seeding and seed broadcasting practices climate and slope showed high relative importance. Rainfall expressed high relative importance in selecting favorable site for hoeing and seeding projects. Finally, slope and runoff volume were the major criteria in selecting site for contour furrowing project. Based on the generated location maps, 628 ha were suitable for flood spreading. In addition, the suitable area for the contour-furrowing and pitting operations was estimated to be 103 and 199 ha, respectively. The area of suitable sites for direct seeding and hoeing and seeding operations was calculated to be 3623 and 2750 ha, respectively.

### Keywords:

Seeding & seed broadcasting,  
Hoeing & seeding,  
Pitting, Contour-furrowing, Flood spreading.

Copyright©2020, Geography and Development. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

### Extended Abstract

#### 1- Introduction

In Ghayen plain, the increase of population during the last two decades from 126,951 in 1996 to 288,367 people in 2015, has caused an increase

in the number of livestock and rangeland use. This issue, along with droughts, has accelerated the severity and extent of rangeland degradation, reduced the diversity and production of palatable forage species in rangeland ecosystems (Mahmoudi *et al.*, 2018: 2). In addition, construction and development projects in the form of mining, industrial development, transportation routes & implementation of energy transmission lines in the rangelands and public lands of Ghayen plain without compensating the damages caused to the rangeland ecosystem has further destroyed the rangelands. It is necessary to reduce the rate of rangeland degradation and help its ecological

#### \*Corresponding Author:

Dr. Majid Ajourlo

Address:Department of Range & Watershed Management, Faculty of Soil and Water, University of Zabol

Tel: +98(54-31232047)

E-mail: ajorlo\_m54@uoz.ac.ir

recovery by implementing support plans and rangeland improvement and development projects in appropriate areas. Due to the large area of degraded rangelands, time constraints, high costs and technical issues of rehabilitation and development operations, the site suitability analysis of rangeland improvement and development projects is an important priority for the executive authorities in the region (Azizi et al., 2011: 13). Therefore, finding the most suitable site and determining the spatial priority for the implementation of rangeland improvement and development projects is not only necessary for sustainable rangeland management; rather, it makes a more reliable and efficient result of the implemented projects in proportion to the budget and time spent (Dehghani et al., 2013: 73). The purpose of this study is to determine suitable site for the implementation of various biological projects of rangeland improvement including seeding & seed broadcasting and hoeing & seeding and mechanical projects including pitting, contour furrowing and flood spreading in the rangeland of Ghayen plain, South Khorasan Province, Iran.

**2-Methods and Materials**

This study was carried out in the rangelands of Ghayen plain with an area of 7300 hectares in South Khorasan province, Iran. The average annual rainfall and temperature of the plain are 170 mm and 14.5 °C, respectively. First, using scientific resources and documents, the most important factors affecting seeding & seed broadcasting, hoeing and seeding, contour furrowing, pitting and flood spreading were determined as criteria and sub-criteria (options). Then, the relative importance of each criterion was determined by designing a questionnaire and distributing it among experts in the form of pairwise matrices of the Analytic Hierarchy Process (AHP) model. The relative importance of the criteria was determined by calculating the geometric mean of all questionnaires. Finally, the hierarchical tree is designed in Expert Choice software by determining the appropriate incompatibility rate.

**3-Results and Discussion**

The final score and relative importance of effective criteria in determining suitable site for the improvement and development operations in the study area are shown in Tables 1 and 2.

**Table 1. Relative importance (%) of suitability criteria for determining suitable site for biological projects in Ghayen plain, South Khorasan, Iran**

Project	Snow	Rain	Rainfall in growing period	Slope aspect	Slope degree	Land use
Direct seeding & broadcast seeding	25.5	8	14	4	44.2	3
Hoeing & seeding	3	44.2	4.7	14	8.6	25.5

Source: Authors, 2016

**Table 1. Relative importance (%) of suitability criteria for determining suitable site for mechanical projects in Ghayen plain, South Khorasan, Iran**

Project	Geology formation	Precipitation	Runoff	Infiltration rate	Slope	Land use
Contour furrowing	-	-	32.6	-	60.4	7
Pitting	-	22.5	7.5	5.1	50.2	14.7
Flood spreading	7.4	7.5	23.1	14.9	39.2	15.3

Source: Authors, 2016

In this study, the decision trees for direct seeding & broadcast seeding and hoeing & seeding operations were designed based on land use, slope degree and aspect, rainfall amount, rainfall in the growing season and snow height sub-criteria. Scrutinizing of various literature shows that annual rainfall volume, runoff volume, slope, soil infiltration rate are the

most important factors in locating pitting operations in the rangeland (Watershed Management Deputy Planning and Coordination Bureau, 2009: 23; Watershed Management Deputy Planning and Coordination Bureau, 2009b: 12); Therefore, the decision tree for the pitting operation was designed based on these sub-criteria. Land use, slope and

runoff volume sub-criteria were considered in designing the hierarchical tree decision for contour furrowing project to select the appropriate site. Finally, runoff volume, infiltration rate, slope, alluvium depth and land use were factors that were used to determine the appropriate location for flood spreading project. Suitable area for rangeland

improvement and development operations was prepared based on the map of relative importance of the criteria affecting the selection of the type of operation, and by intersecting these layers the target maps (suitable area for the rangeland improvement operations) were generated (Figure 1).

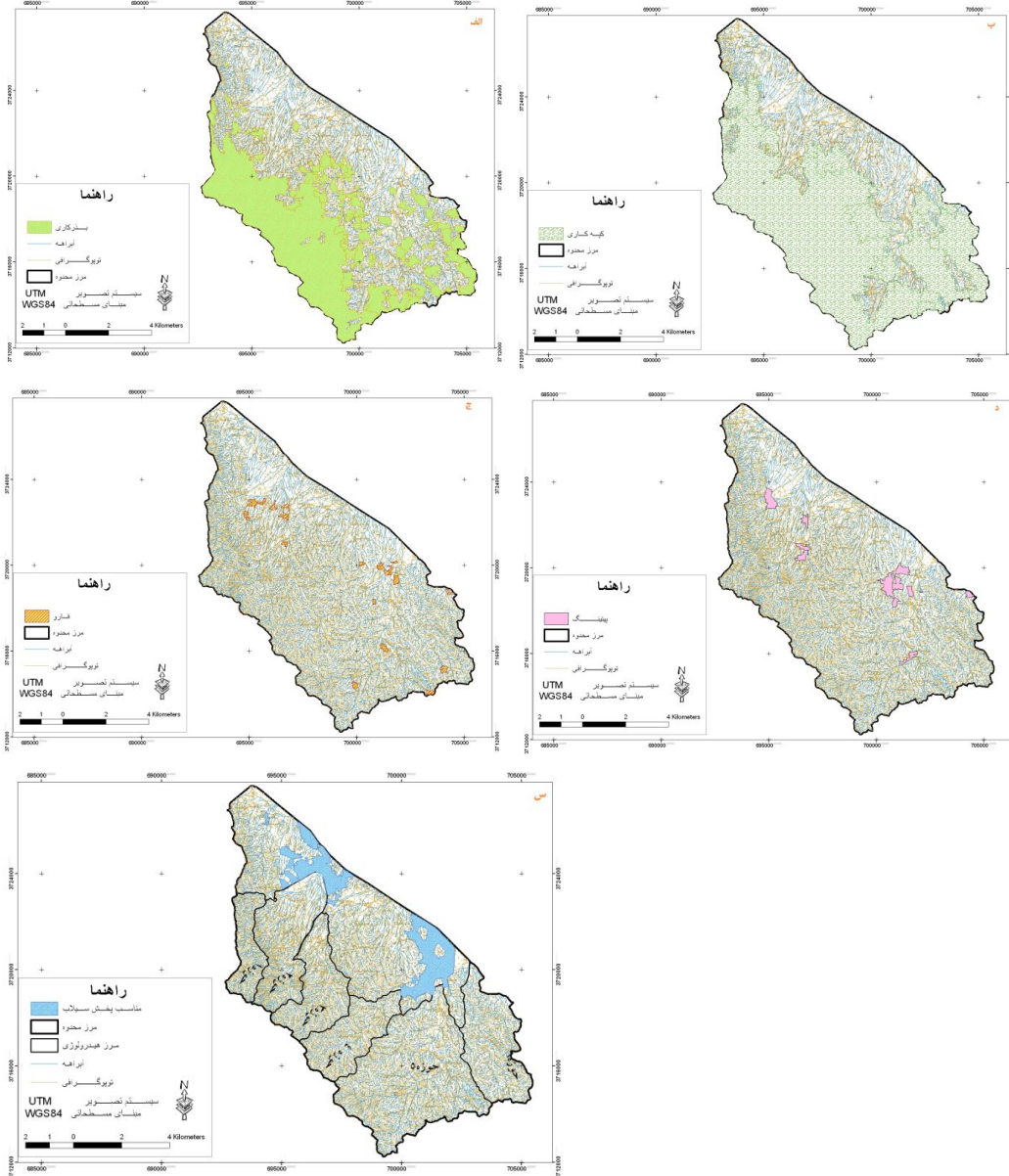


Figure 1. Location map of a suitable area for direct seeding & broadcast seeding operation (a), hoeing & seeding (b), contour furrowing (c), pitting (d) and flood spreading (s) in the rangelands of Ghayen plain, South Khorasan, Iran( Source: Authors, 2016)

#### 4-Conclusion

Calculating the relative importance of the criteria considered to determine the appropriate site for the implementation of rangeland improvement and development projects showed that climate and slope were of the greatest relative importance in determining the appropriate site for direct seeding & broadcast seeding operation. Rainfall was the most important factor in choosing the right site for the hoeing and seeding project. Slope and runoff volume were most important in determining the appropriate site for implementing contour furrowing project. For pitting operation, precipitation and slope and for flood spreading operation, slope, runoff volume and soil infiltration rate were of the highest importance. According to the generated site suitability maps, 628 ha of rangelands in Ghayen plain are suitable for flood spreading project. In addition, the suitable area for contour furrowing and pitting projects was estimated to be 103 and 199 ha, respectively. The area of suitable sites for direct seeding & broadcast seeding operation and hoeing & seeding project was calculated to be 3623 and 2750 ha, respectively, in the study area. This study showed that the combination of AHP and GIS significantly increases the accuracy of selecting the appropriate site for rangeland improvement and development projects.

**Keywords:** Contour Furrowing, Direct Seeding & Broadcast Seeding, Hoeing & Seeding, Pitting, Flood Spreading.

#### 5-References

- Abedi Rad, M (1995). Range and Range Management: Range Plants Phenology and Technique of Salt land Reclamation. Hamsayeh Press, Tehran, Iran.
- Al-Zubi, Y.A (2009). "Application of analytical hierarchy process for the evaluation of climate change impact on echo-hydrology: the case of Azraq Basin in Jordan". Journal of Applied Sciences, Vol 9, Issue 1, PP.135-141. <https://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2009.135.141>
- Azizi, N., Mahdavi, M. & Javadi, M.R (2011). "Localization of rangeland improvement plans using gis and comparing with suggested projects of range management plans and indigenous knowledge in Jashlubar rangeland". Natural Ecosystems of Iran, Volume 1, Issue 3, PP. 13-20. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=157967>
- Chabok Boldaji, M., Hassanzadeh Nafoti, M. & Ebrahimin Khosfi, Z (2011). "Site selection of floodwater spreading project using analytical hierarchical processing (ahp) model (case study: Eshghabad watershed, Tabas)". Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, Volume 4, Issue 13, PP. 31-38. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=279134>
- Chuma, C., Orimoogunje, O. I. O., Hlatywayo, D. J. & Akinyede, O.J (2013). "Application of remote sensing and geographical information systems in determining the groundwater potential in the crystalline basement of Bulawayo metropolitan area, Zimbabwe". Advances in Remote Sensing, Volume 2, PP. 149-161. <https://doi.org/10.4236/ars.2013.22019>
- Darijani, A., Shah Hossein, S. & Shahnoushi, N (2011). "Determination of drought risk management priorities in agricultural sector of Gonbad-e-Kavous district using AHP technique". Agricultural Economics, Volume 5, Issue 1, PP. 37-59. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=276075>
- Dehdari, S., Arzani, H., Movahed, H., Zare Chahouki, M. A. & Shaban Ali Fami H (2014). "Comparison of rangelands with/without Range Management Plan (RMP) using application of Analytical Hierarchy Process (AHP) in Semirrom". Iranian Journal of Range and Desert Research, Volume 21, Number 3, PP. 383-393. <https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=244507>
- Dehghani, M., Ghasemi, H. & Malekian, A (2013). "Spatial Prioritization of Flood Mitigation and Soil Erosion Control Practices Using Fuzzy Logic Approach Case Study: Foorg Watershed". Journal of Range and Watershed Management, Volume 66, Issue 1, PP. 73-88. <https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=258908>
- Delbari S.A. & Davoodi S.A (2012). "Application of analytical hierarchy process (ahp) for ranking the evaluation indicators of tourism attractions". Journal of Operational Research and Its Applications (Journal of Applied Mathematics), Volume 9, Number 2 (33), PP. 57-79. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=289184>
- Faraji Sabokbar, H., Hassanpour, S., Alavipanah, S.K. & Elias Pour, S (2012). "Flood spreading site selection using the analytic hierarchy process and geographic information system; (Case Study: Garabaygan Catchment, Fasa Plain, Shiraz)". Journal of Physical Geography Volume 4, Number 14, PP. 13-25. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=160897>
- Forest, Rangelands and Watershed Management (2009b). "Guidelines for Range Improvements through Rain Water Conservation". No: 419. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, Tehran, Iran. <https://www.frw.ir/UploadedFiles/gFiles/a4e4727a0733441.pdf>

- Gorgi, M., Piri Sahragard, H. & Noori, S (2019). "Potential analysis of beekeeping land use development using Analytical Hierarchy process (Case Study: Tamin Rangelands-Mirjaveh City)". *Geography & Development*, Volume 17, Number 55, PP. 237-256. <https://doi.org/10.22111/gdij.2019.4586>
- Hasan, M.R., Tetsuo, K. & Islam, S.A (2009). "Landfill demand and allocation for municipal solid waste disposal in Dhaka city—an assessment in a GIS environment". *Journal of Civil Engineering*, Volume 37, Issue 2, PP. 133-149. [https://www.jce-b.org/doc\\_file/3702005.pdf](https://www.jce-b.org/doc_file/3702005.pdf)
- Hemmati, B., Forouzani, M., Yazdanpanah, M. & Khosravipour, B (2016). "Comparison Application of the Analytic Network Process (ANP) and Analytic Hierarchy Process (AHP) in Analysis of the Agricultural Water Poverty Index: The Case of Dezful County". *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, Volume 11, Issue 2, PP. 203-221. [http://www.iaeej.ir/article\\_13961.html](http://www.iaeej.ir/article_13961.html)
- Jankju, M (2010). *Range Improvement and Development*. Jihad-e Daneshgahi Press, Mashhad, Iran.
- Jozi, S.A. & ebadzadeh, F (2013). "Evaluation of ecological capability for establishment of rangeland land use with multi-criteria decision making system (A case study: Deli Bagh, Khozestan)". *Journal of Environmental Science and Engineering*, Volume 1, Issue 1, PP. 23-32. <https://www.magiran.com/paper/1349059>
- Justin, J.D (1915). "Discussion of "Run-off from Rainfall and Other Data," by Adolph F. Meyer, M. Am. Soc. C. E. Transactions of the American Society of Civil Engineers, USA.
- Karami, O. & Hosseini Nasr, S (2013). "Application of analytical hierarchy process and geographic information system in capability evaluation of Babolrood basin lands for range management". *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, Volume 20, Issue 1, PP> 101-114. <https://doi.org/10.22092/IJRDR.2013.2986>
- Khedrigharibvand, H., Azadi H., Teklemariam D., Houshyar, E., De Maeyer, Ph. & Witlox, N (2019). "Livelihood alternatives model for sustainable rangeland management: a review of multi-criteria decision-making techniques". *Environment, Development & Sustainability*, Volume 21, PP.11-36. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-0035-5>
- Mahmoodi, A.A., Chakoshi B., Pajmordeh, M. & Falsolayman, M (2018). "Effect of Rangeland Projects on plant cover Status and Rangeland Soil Properties from the Viewpoint of project implementers (Case Study: Southern Khorasan Province - Ghayen city)". *7th National Conference on Range and Range Management in Iran*, 8-9 May, Karaj, Iran [http://iransrm.ir/files/site1/files/Abbas\\_Ali\\_Mahmoudi.pdf](http://iransrm.ir/files/site1/files/Abbas_Ali_Mahmoudi.pdf)
- Malekian, A., Oftadegan Khuzani, A. & Ashurnejad, G (2012). "Flood Hazard Zoning in Watershed Scale using Fuzzy Logic (Case study: Akhtar Abad Watershed)". *Physical Geography Research Quarterly*, Volume 44, Issue 4, PP. 131-152. <https://doi.org/10.22059/JPHGR.2012.30246>
- Mesdaghi, M (2004). *Range Management in Iran*. 4<sup>th</sup> Edition, Imam Reza University Press, Mashhad, Iran.
- Pramanik, M.K (2016). "Site suitability analysis for agricultural land use of Darjeeling district using AHP and GIS techniques". *Modelling Earth Systems and Environment*, Volume 2, Issue 56, <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0116-8>
- Rahdari, V., Soffianian, A., Pormanafi, S. & Ghaiumi, H (2018). "Surviving of risk and tradeoff levels effects on land capability evaluation results in Fuzzy area (case study: Plasjan sub-basin)". *Journal of Natural Environment*, Volume 70, Issue 4, PP. 843-855. <https://doi.org/10.22059/jne.2017.229949.1356>
- Roger, MC, Durk, R., & Cazemier, P (2000). "Representing and processing uncertain soil information for mapping soil hydrological properties". *Journal of Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 29, Issue 1-2, PP. 41-57. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00135-6)
- Saaty, T.L (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Wang, G., Qin L., Li, G. & Chen, L (2009). "Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China". *Journal of environmental management*, Volume 90, Issue8, PP. 2414-2421. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008>
- Watershed Management Deputy Planning and Coordination Bureau (2009). "Technical Standards and Guidelines for Rangelands Guidelines for Range Improvements". No: 422, Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, Tehran, Iran. <https://www.frw.org.ir/UploadedFiles/gFiles/2a25b087aaa1405.pdf>
- Watershed Management Deputy Planning and Coordination Bureau (2009b). "Guidelines for Range Improvements through Rain Water Conservation". No: 419. Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision, Tehran, Iran. <https://www.frw.ir/UploadedFiles/gFiles/a4e4727a0733441.pdf>
- Zahiri, A., Sharifan, H., Abareshi, F. & Rahimian, M (2014). "Assessment the Phenomena of Wet and Drought in Khorasan Province by using (PNPI, SPI, NITZCHE) (Case study: Khorasan Province)". *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, Volume 8, Issue 4, PP. 845-856. [http://idj.iaid.ir/article\\_54846.html](http://idj.iaid.ir/article_54846.html)
- Zebardast, E (2010). "The Application of Analytic Network Process (ANP) in Urban and Regional Planning". *Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrzazi*, Volume 2, Issue 41, PP. 79-90. [https://jfaup.ut.ac.ir/article\\_22270.html](https://jfaup.ut.ac.ir/article_22270.html)



## مکان‌یابی عرصه مناسب برای پروژه‌های اصلاح و توسعه در مراتع

## مطالعه موردی: مراتع دشت قاین

مهندس علی رجبی<sup>۱</sup>، دکتر مجید آجورلو<sup>۲\*</sup>، دکتر مرتضی دهقانی<sup>۳</sup>

## چکیده

هدف این مطالعه، مکان‌یابی عرصه مناسب برای اجرای پروژه‌های بذریاشی و بذرکاری، کپه‌کاری، کنتور فارو، پیتینگ و بخش سیلاب در مراتع دشت قاین، استان خراسان جنوبی است. وسعت مراتع محدوده مورد مطالعه، ۷۳۰۰ هکتار بود که مکان‌یابی عرصه مناسب برای اجرای پروژه‌ها با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) انجام شد. ابتدا براساس مستندات علمی، معیارهای مؤثر در انتخاب عرصه مناسب برای اجرای هر یک از پروژه‌های مذکور تعیین شد. سپس با توجه به معیارهای انتخاب‌شده، تعداد ۸۰ پرسشنامه به‌صورت ماتریس زوجی برای هر یک از پروژه‌ها طراحی شد. برای تکمیل پرسشنامه، از خبرگان دانشگاهی و کارشناسان خواسته شد که وزن هر معیار را تعیین و درنهایت وزن نهایی (اهمیت نسبی) هر معیار، براساس میانگین هندسی تمامی پرسشنامه‌های تکمیل‌شده محاسبه شد. درخت سلسله‌مراتبی با نرخ ناسازگاری مناسب با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice ترسیم شد. درنهایت، نقشه مکان‌یابی عملیات موردنظر با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و اهمیت نسبی هر معیار تهیه شد. نتایج نشان داد که مصاحبه‌شوندگان معتقد بودند که در مکان‌یابی عرصه مناسب برای عملیات پیتینگ، مقدار بارش و شیب منطقه و برای عملیات بخش سیلاب شیب، حجم رواناب و نفوذپذیری خاک اهمیت بیشتر دارند. به‌علاوه، معیار اقلیم و شیب اهمیت نسبی بیشتری در تعیین عرصه مناسب برای بذریاشی و بذرکاری؛ بارندگی بیشترین اهمیت نسبی در مکان‌یابی عرصه مناسب برای عملیات کپه‌کاری و درنهایت در تعیین عرصه مناسب برای عملیات کنتورفارو، شیب و حجم رواناب بیشترین اهمیت نسبی را نشان دادند. براساس نقشه‌های مکان‌یابی تولیدشده، ۶۲۸ هکتار از مراتع منطقه برای انجام بخش سیلاب مناسب بودند. به‌علاوه، وسعت عرصه مناسب برای عملیات کنتور فارو و پیتینگ به‌ترتیب ۱۰۳ و ۱۹۹ هکتار برآورد شد. وسعت عرصه‌های مناسب برای اجرای عملیات بذرکاری و کپه‌کاری نیز به‌ترتیب برابر با ۳۶۲۳ و ۲۷۵۰ هکتار محاسبه شد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۰، پاییز ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۳

صفحات: ۱۱۷-۱۳۶



واژه‌های کلیدی:

بذریاشی و بذرکاری، کپه‌کاری، کنتور فارو، پیتینگ، بخش سیلاب.

## مقدمه

رشد روزافزون جمعیت و محدود بودن توان تولید مراتع به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث شده‌است که بیشتر مراتع این مناطق به‌دلیل چرای مفرط و نابهنگام، بوته‌کنی، تغییر کاربری، بهره‌برداری غیراصولی و غیره از حالت پایدار خارج شود. علاوه‌بر عوامل انسانی، عوامل طبیعی مانند تغییرات اقلیمی و خشکسالی‌های مستمر باعث افزایش وسعت و شدت تخریب مراتع شده‌است (مصدقی، ۱۳۹۴: ۱۴۴). به‌طوری

که بازگشت مراتع تخریب‌شده به شرایط طبیعی و اکولوژیکی پایدار، بدون اقدامات مدیریتی و اجرای پروژه‌های اصلاح و توسعه، دست‌کم در کوتاه‌مدت تقریباً ناممکن است (جنگجو، ۱۳۸۸: ۹۱). در شهرستان قاینات، افزایش ۲/۲ برابری جمعیت از ۱۲۶۹۵۱ نفر در سال ۱۳۷۵ به ۲۸۸۳۶۷ نفر در سال ۱۳۹۵ طی دو دهه گذشته موجب هجوم بهره‌برداران به مراتع و به همان نسبت افزایش تعداد دام در مراتع منطقه شده‌است. این مسئله در کنار خشکسالی، کاهش

۱- a.tabei1350@yahoo.com

۲- ajorlo\_m54@uoz.ac.ir

۳- mdehghani.morteza@yahoo.com

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران (نویسنده مسئول)

۳- دکتری آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

و زمان صرف شده، نتیجه مطمئن تر و کارآمدتری از پروژه‌های اجرا شده به دست آید (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۳).

اصلاح و توسعه مرتع عبارت از مجموعه عملیاتی مدیریتی، بیولوژیکی و مکانیکی است که در عرصه مرتع به ویژه مرتع تخریب یافته به منظور بهبود وضعیت مرتع و افزایش پوشش گیاهی و در نهایت افزایش تولید دام اجرا می‌شوند (مصدقی، ۱۳۹۴: ۱۴۴). مدیریت چرا و حصارکشی از جمله عملیات مدیریتی، بذرکاری و کپه‌کاری از جمله عملیات بیولوژیکی و پیتینگ، کنتور فارو و پخش سیلاب از جمله عملیات مکانیکی هستند.

«پیتینگ»<sup>۱</sup> عبارت است از ایجاد چاله‌های کوچک در سطح مرتع به منظور افزایش نفوذ آب حاصل از نزولات آسمانی به داخل خاک و مهار رواناب ناشی از آن که منجر به افزایش پوشش گیاهی مرتع می‌شود. «کنتورفارو»<sup>۲</sup> عبارت است از ایجاد جوی‌های کم عمق بر روی خطوط تراز در سطح مرتع با هدف ذخیره رواناب، افزایش رطوبت خاک و نهایتاً پوشش گیاهی مرتع. از معیارهای اثرگذار در انتخاب عرصه مناسب برای اجرای عملیات کنتور فارو و پیتینگ می‌توان به بافت خاک، عمق خاک، شوری خاک، شیب، پوشش گیاهی و مقدار بارندگی اشاره کرد. «پخش سیلاب»<sup>۳</sup> عبارت است از جمع‌آوری، کنترل و انحراف هرزآب‌ها و سیلاب‌های ناشی از جریانات سطحی آب در اثر بارندگی و پخش آن در سطح مرتع و زمین‌های مجاور. مقدار بارندگی، شیب، دفعات سیلاب، بافت خاک، عمق خاک، شوری خاک، زمین‌شناسی منطقه و غیره از عوامل اثرگذار در انتخاب عرصه مناسب برای پروژه پخش سیلاب هستند (جنگجو، ۱۳۸۸: ۱۴۵؛ دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی آبخیزداری (نشریه ۴۱۹)، ۱۳۸۷: ۱۲).

«کپه‌کاری»<sup>۴</sup> به معنی کشت فضاهای خالی بین پوشش گیاهی مرتع با حفر چاله‌های کم عمق با بیلچه

بارندگی و برداشت بی‌رویه و غیراصولی، باعث کاهش بهره‌دهی و تولید علوفه در اکوسیستم مراتع شهرستان قاین شده است؛ تا جایی که مراتع قاین فقط ظرفیت تولید علوفه برای یک سوم دام موجود را دارد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۷: ۲). فشار چرای وارد شده به مراتع، قهقراپی این اکوسیستم را در پی داشته و با کاهش تنوع گونه‌های علوفه‌ای خوش خوراک، گونه‌های گیاهی مهاجم جایگزین شده است. به علاوه، انجام پروژه‌های عمرانی و توسعه‌ای در سطح مراتع و اراضی ملی شهرستان قاینات در قالب معدن کاوی، توسعه صنایع، احداث راه‌های مواصلاتی و اجرای خطوط انتقال انرژی بدون جبران خسارت‌های ناشی از آن‌ها بر اکوسیستم مراتع، سبب تخریب بیشتر مراتع منطقه شده است. لازم است با اجرای طرح‌های حمایتی و پروژه‌های اصلاح و توسعه مرتع در عرصه‌های مناسب، از سرعت تخریب مراتع کاسته و به بازیابی اکولوژیکی آن کمک شود؛ بنابراین، وسعت زیاد مراتع تخریب یافته، محدودیت زمانی، هزینه‌های زیاد و مسائل فنی عملیات اصلاح و توسعه، باعث شده است که مکان‌یابی صحیح پروژه‌های اصلاح و احیا مرتع یک اولویت مهم برای سازمان‌ها و دستگاه‌های اجرایی منطقه باشد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳)؛ زیرا وسیع بودن عرصه‌های مرتعی باعث می‌شود در بیشتر موارد فقط بخشی از مرتع، با بودجه موجود، تحت پوشش عملیات اصلاح یا توسعه قرار گیرد. عدم اجرای پروژه‌ها و عملیات مرتعداری در مکان مناسب و حتی گاهی سلیقه‌ای شدن محل اجرای این عملیات، صرف نظر از نتایج بعضاً معکوس و متفاوت با اهداف اولیه، باعث می‌شود خسارات محسوس و نامحسوس ناشی از عدم اجرای نامناسب پروژه‌ها، به صورت تصاعدی افزایش یابد؛ بنابراین، یافتن مناسب‌ترین عرصه و تعیین اولویت مکانی برای اجرای پروژه‌های اصلاح و توسعه مراتع نه تنها لازمه مدیریت پایدار مراتع است؛ بلکه باعث می‌شود متناسب با بودجه

1-Pitting

2-Contour furrowing

3-Flood spreading

4-Hoeing and seeding

عملیات اصلاح و توسعه در نظر گرفته شده در کتابچه طرح‌های مرتعداری با نقشه تولید شده با استفاده از قابلیت‌ها و امکانات GIS<sup>۱</sup>، از عدم تطابق و تناسب کامل عملیات پیش‌بینی شده با شرایط اکولوژیکی عرصه‌ها حکایت دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳)؛ بنابراین، استفاده از مدل‌ها و روش‌های جدید برای مکان‌یابی پروژه‌های اصلاح و توسعه مرتع تأکید می‌شود. همچنین، در حوزه آبخیز گربایگان فسا، با بررسی ۹ معیار (شیب، کیفیت آب، زمین‌شناسی، طبقات ارتفاعی، کاربری اراضی، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال خاک، ژئومورفولوژی، و تراکم زهکشی) مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش سیلاب، گزارش شده است که چهار معیار زمین‌شناسی، شیب، کیفیت آب (هدایت الکتریکی آب) و قابلیت انتقال خاک به ترتیب مهم‌ترین معیارهای مؤثر در انتخاب مناطق مستعد برای پخش سیلاب در آن منطقه بوده‌اند. در این مطالعه تأکید شده است که مهم‌ترین و اولین قدم در انجام پروژه پخش سیلاب، مکان‌یابی مناطق مستعد برای پخش سیلاب است (فرجی‌سبکبار و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳). در استان البرز برای پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز اخترباد استفاده ترکیبی از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی و عملگر جمع جبری فازی توصیه شده است (ملکیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۱). در این مطالعه، با بررسی عوامل مؤثر در پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی و زیرمعیارهای زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی، نفوذپذیری)، هیدرواقليم (تراکم شبکه زهکشی، زمان تمرکز، فاصله آبراهه‌ها و بارش)، توپوگرافی (شیب) و پوشش زمین (گروه هیدرولوژیک خاک و کاربری اراضی) به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سیل‌خیزی حوزه شناسایی و معرفی شده‌اند. در نهایت مدلی برای پهنه‌بندی سیل‌خیزی حوزه آبخیز اخترباد تهیه و ارائه شده است (ملکیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۱). در شهرستان سمیرم، استان اصفهان با مقایسه وضعیت بهره‌برداری مراتع طرح‌دار و بدون طرح برای تعیین و شناخت شاخص‌های

در مراتع با شیب بیش از ۲۵ درصد و قراردادن چند بذر در آن و پوشاندن آن‌ها با خاک. پوشش گیاهی، خاک (عمق، بافت، شوری)، اقلیم (بارش و دما)، شیب از عوامل اثرگذار در انتخاب عرصه مناسب برای بذرکاری و کپه‌کاری هستند (جنگجو، ۱۳۸۸: ۱۴۵؛ دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی آبخیزداری (نشریه ۴۲۲)، ۱۳۸۷: ۱). با توجه به تعدد معیارهای اثرگذار در ارزیابی توانمندی یک عرصه برای اجرای پروژه‌های اصلاح و توسعه مرتع، تفاوت در میزان اثرگذاری این معیارها در مراتع مناطق مختلف و پیچیدگی شرایط مدیریتی در طبیعت استفاده از مدل‌ها و فنون جدید، دقیق و کم‌هزینه را ضروری کرده است (گرگی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۷). به‌علاوه، این معیارهای اثرگذار اهمیت یکسانی ندارند و باید درباره ارزش‌های هر معیار اطلاعات کافی و شناخت علمی داشت. این مسئله با تعیین وزن برای هر معیار ممکن می‌شود (راهداری و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۴۳). این، به‌صورت عملی مدیران را در جهت شناسایی وضعیت جاری و ارائه راهکارهای لازم برای انجام پروژه‌ها در مکان مناسب یاری می‌کنند؛ بنابراین، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)<sup>۱</sup>، منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی، گزینه مناسب برای تحلیل تناسب و قابلیت اراضی، مکان‌یابی پروژه‌ها و الویت‌بندی مکانی آن‌ها هستند. روش‌های متکی بر منطق فازی، به‌دلیل اجرای خوب، هزینه کم و عملکرد بهتر، روش مناسب‌تری هستند (Roger et al, 2000).

### پیشینه پژوهش

پژوهش‌گران متعددی برای مکان‌یابی عملیات مختلف مدیریت منابع طبیعی، مدیریت محیط زیست، مدیریت منابع آب و غیره از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کرده‌اند؛ برای مثال، در حوزه آبخیز جاشلوبار، شهرستان مهدیشهر، استان سمنان مقایسه شرایط اکولوژیکی مکان پیش‌بینی شده برای اجرای

مطالعات مختلف انجام شده در مدیریت مرتع با استفاده از فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)<sup>۱</sup>، دو تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و اولویت‌بندی براساس میزان شباهت به جواب ایده‌آل (TOPSIS)<sup>۲</sup> به‌عنوان مناسب‌ترین و پیرکاربردترین مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مطالعات مدیریت پایدار مرتع معرفی شده‌اند. تلفیق دو تکنیک AHP و TOSIS به‌عنوان روش مناسب برای زمانی که تعداد معیارها، گزینه‌ها و سایر عوامل اثرگذار زیاد هستند، پیشنهاد شده‌است (Khedrigharibvand et al, 2019: 11).

در مناطق تپه‌ای ایالت بنگال غربی هند از تلفیق AHP و GIS با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای ارزیابی تناسب اراضی برای تولیدات کشاورزی استفاده و گزارش شده‌است که مکان‌یابی و تحلیل تناسب اراضی (LSA) روش مناسب برای بررسی قابلیت‌های بالقوه و ذاتی یک منطقه برای اهداف مختلف است (Pramanik, 2016: 3).

در مجموع، بررسی دقیق نتایج پژوهش‌های انجام شده برای مکان‌یابی عملیات و برنامه‌های مختلف مدیریتی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی در داخل و خارج از کشور نشان می‌دهد که روش‌های تلفیقی فنون و مدل‌های مختلف، از جمله تلفیق AHP، GIS و تصاویر ماهواره‌ای باعث افزایش دقت و انتخاب درست مکان مناسب برای اجرای پروژه‌های مختلف مدیریت منابع طبیعی می‌شود و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی از مدل‌های مناسب با کارایی زیاد برای انتخاب بهینه و تصمیم‌گیری صحیح است. هدف این مطالعه، تعیین عرصه‌های مناسب برای اجرای پروژه‌های مختلف بیولوژیکی اصلاح مرتع شامل بذرکاری و بذرپاشی و کپه‌کاری و پروژه‌های مکانیکی شامل پیتینگ، کنتور فارو و پخش سیلاب در مرتع دشت قاین، استان خراسان جنوبی است.

وضعیت بهره‌برداری مرتع با روش تحلیل سلسله‌مراتبی گزارش شده‌است که مهم‌ترین معیارها برای ارزیابی وضعیت بهره‌برداری مرتع منطقه، سه معیار تولید، وضعیت و گرایش مرتع از میان ۱۱ شاخص بررسی شده هستند (دهداری و همکاران، ۲۸۳). از طرف دیگر، در استان سیستان و بلوچستان پتانسیل مرتع تمین شهرستان میرجاوه برای توسعه کاربری زنبورداری با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و تلفیق معیارهای پوشش گیاهی، عوامل محیطی و دسترسی به منابع آب و با بهره‌گیری از روش پیشنهادی فائو و سامانه اطلاعات جغرافیایی ارزیابی شده و مدل شایستگی زنبورداری و شایستگی مناطق مختلف مرتع منطقه را برای کاربری زنبورداری ارائه شده‌است (گرگی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۳۷).

در مطالعه‌ای در کشور چین، انتخاب مکان مناسب در مدیریت منابع مختلف از جمله دفن پسماند و زباله شهری موضوع مهم و ضروری به‌ویژه در مناطقی که با سرعت زیاد در حال رشد و پیشرفت هستند، معرفی شده‌است. نکته مهم در این مطالعه، تأکید بر انتخاب معیارهای مؤثر در مکان‌یابی برای اساس شرایط واقعی منطقه مورد مطالعه و لحاظ کردن معیارهای اقتصادی در انتخاب مکان مناسب برای اجرای پروژه‌ها است (Wang, 2009: 2414). در کشور زیمبابوه، برای شناسایی و تهیه نقشه مخازن سفره‌های آب زیرزمینی از تلفیق داده‌های سنجش‌ازدور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده شد و نتایج مطالعه بیانگر آن است که مقدار آبدهی سفره‌های آب زیرزمینی تغییرات زیادی در منطقه مورد مطالعه دارند که این تغییرات عمدتاً از تغییرات سازند، زمین‌شناسی، شیب، شبکه زهکشی و کاربری/پوشش زمین تبعیت می‌کنند (Chuma, 2013: 149). با مرور و بررسی



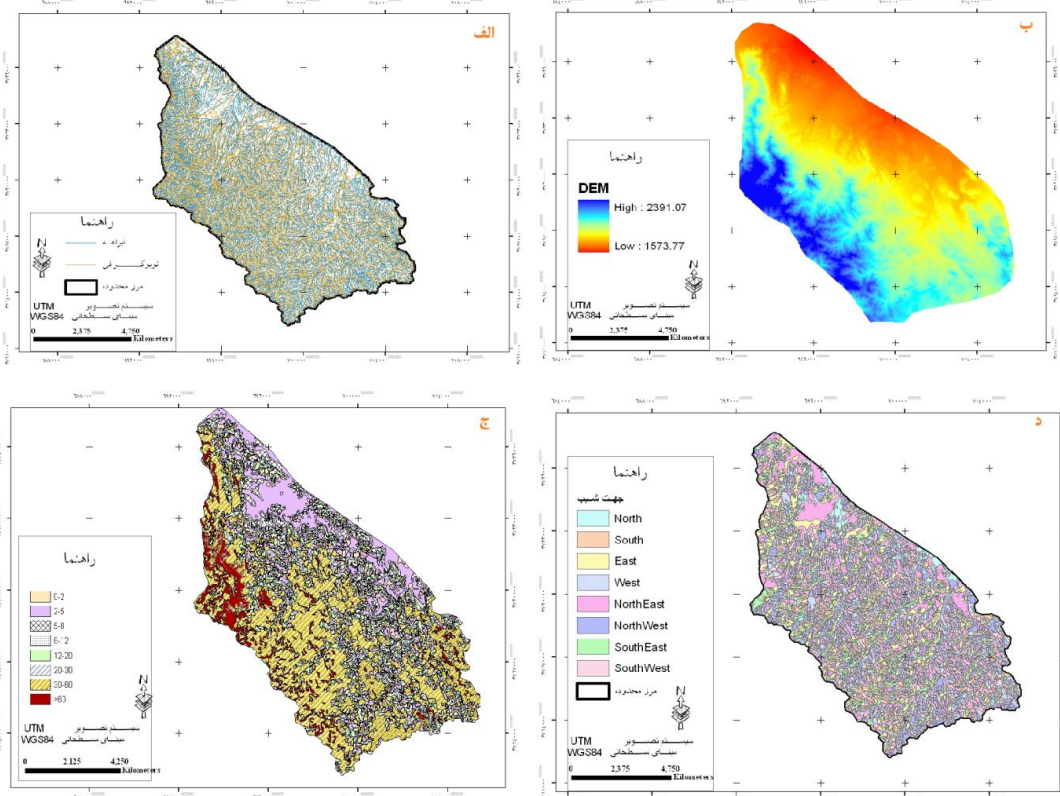
## روش تحقیق

در این مطالعه ابتدا با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و مستندات علمی، مهم‌ترین عوامل مؤثر در بذرکاری و بذرپاشی، بونه‌کاری، کپه‌کاری، کنتورفارو، پیتینگ و پخش سیلاب به صورت معیارها و زیرمعیارهای (گزینه‌ها) تعیین و سپس اهمیت نسبی هر معیار با طراحی و توزیع پرسشنامه در بین کارشناسان در قالب ماتریس‌های زوجی مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی تعیین و اهمیت نسبی با محاسبه میانگین هندسی تمامی پرسشنامه‌ها مشخص و درخت سلسله‌مراتبی در نرم‌افزار Expert Choice با تعیین نرخ ناسازگاری مناسب به شرح زیر طراحی و محاسبه شده‌است.

## - پارامترهای مورفولوژیکی

تغییرات ارتفاع، درصد شیب و جهت شیب نقش بسیار مهم و مستقیم بر میزان بارش، نوع بارش،

نوسانات دما، رطوبت نسبی، یخبندان، تابش خورشید، تبخیر و تعرق، خاک‌سازی، ماندگاری برف و سهولت تردد دارد (دهقانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۵). علاوه بر این، پروژه‌های مختلف احیاء و اصلاح مراتع و گونه‌های پیشنهادی هر کدام در دامنه متفاوتی از ارتفاع، شیب و خصوصیات اقلیمی انجام می‌گیرد (جنگجو، ۱۳۸۸: ۹۱). بر این اساس در این تحقیق، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS 10.4، ابتدا تغییرات احتمالی آبراهه‌ها نسبت به زمان تولید نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده، با تصاویر گوگل ارث و بازدیدهای میدانی بررسی و اصلاح شد. سپس نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) تعیین و پس از انجام تصحیحات لازم، از قبیل حذف چاله‌های هیدرولوژیکی، نقشه‌های شیب و جهت شیب تولید شد (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه توپوگرافی (الف)، مدل رقومی ارتفاع (ب)، شیب (ج) و جهت شیب (د)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

## - تعیین پارامترهای هواشناسی

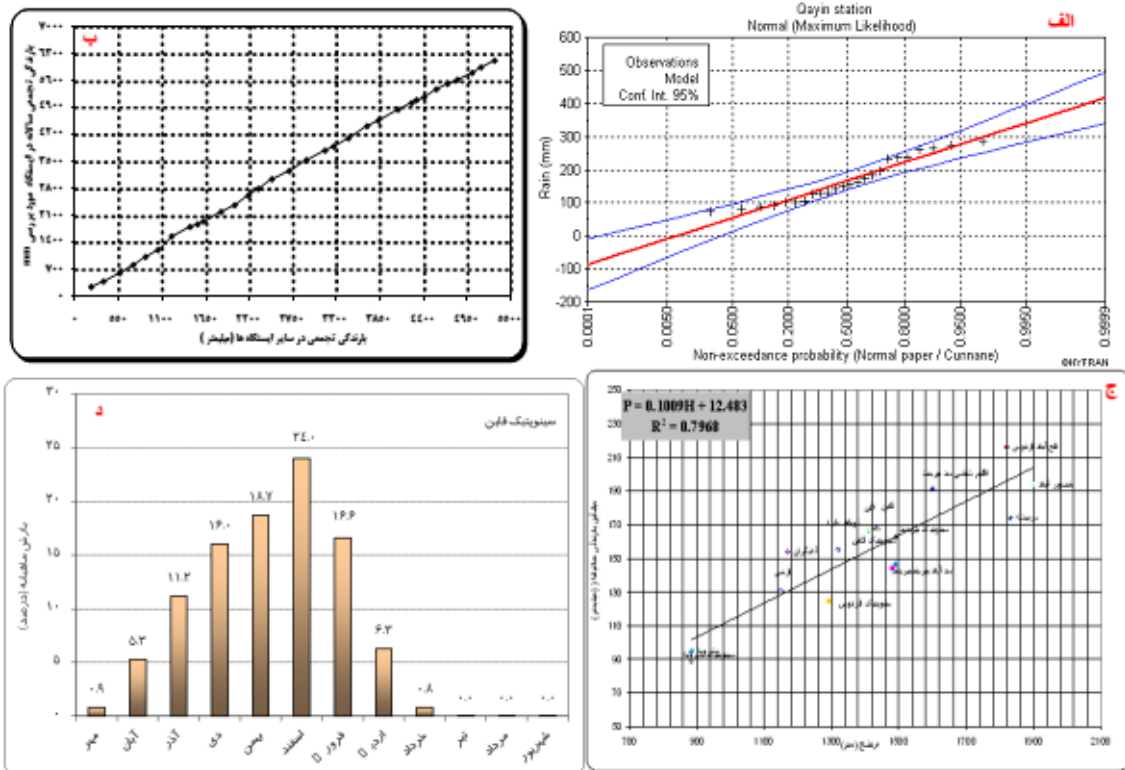
بارش سالانه، شدت بارش، بارش در فصل رشد گیاهان، سرعت باد، ارتفاع برف، دمای فصل بارش، دمای حداقل و حداکثر نقش تعیین کننده‌ای بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهان مرتعی و عملیات بیولوژیک احیا و اصلاح مراتع دارد (Al-Zubi, 2009: 135). جنگجو، ۱۳۸۸: ۹۱). در این مطالعه با توجه به نبود ایستگاه هواشناسی در داخل منطقه با وجود فاصله نسبتاً کم ایستگاه قاین از منطقه به دلیل اختلاف ارتفاع نسبتاً زیاد (اختلاف ارتفاع این ایستگاه از ارتفاع متوسط و حداکثر حوزه به ترتیب ۴۰۹ و ۹۵۹ متر است) و نقطه‌ای بودن آمار این ایستگاه پارامترهای بارندگی و دما با استفاده از تحلیل‌های آماری و روابط رگرسیون محاسبه شده است. آمار و داده‌های موردنیاز از شرکت آب منطقه‌ای و اداره کل هواشناسی استان خراسان جنوبی از بدو تأسیس ایستگاه‌ها تا آخرین سال آبی موجود (۹۴-۱۳۹۳)، اخذ و با ترسیم بارگراف ایستگاه‌ها و در نظر گرفتن نواقص آماری و لحاظ کردن ترسالی و خشکسالی، دوره آماری ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۴ به عنوان دوره آماری مناسب انتخاب شد. برای کنترل همگنی داده‌ها، علاوه بر مقایسه نظری آمار هم‌زمان ایستگاه‌های مورد بررسی، از روش‌های منحنی جرم مضاعف و آزمون مشاهدات استثنایی استفاده شد (شکل ۳). بازسازی نواقص آماری ایستگاه‌های مورد استفاده براساس ماتریس همبستگی بین ایستگاه‌ها و ایستگاه با بیشترین همبستگی بازسازی شد. گرادیان بارندگی به طریق سعی و خطا و حذف ایستگاه‌های پرت تعیین و سپس با مشاوره با کارشناسان هواشناسی و با استفاده از آمار ایستگاه

سینوپتیک قاین و هم‌چنین بررسی وضعیت پوشش گیاهی از نظر گونه، درصد تاج پوشش، میزان تولید دانش بومی، کالیبره و درنهایت توزیع بارش ماهانه و فصلی و بارش در فصل رشد (اسفند تا پایان شهریور) براساس توزیع بارندگی ماهیانه ایستگاه سینوپتیک قاین و با استفاده از قابلیت‌ها و امکانات نرم‌افزار ArcGIS 10.4 محاسبه شده است (شکل ۳). برای محاسبه حداقل و حداکثر دما مانند محاسبات بارندگی عمل شده، ولی با توجه به اینکه در اکثر عملیات مرتع‌کاری از گونه‌های بومی که با شرایط دمایی منطقه سازگاری دارند، استفاده می‌شود؛ در این مطالعه، پارامترهای دمایی به صورت مستقیم در درخت سلسله‌مراتبی استفاده نشد؛ ولی به صورت غیرمستقیم در محاسبات آب معادل برف و رواناب استفاده شده است.

با توجه به ماندگاری برف و میزان زیاد نفوذ آب برف به خاک و نقش آن در جوانه‌زنی و استقرار پوشش گیاهی و هم‌چنین مؤثر بودن ارتفاع برف در انتخاب عملیات اصلاح و احیاء مرتع، در این تحقیق به دلیل نبود ایستگاه برف‌سنجی در منطقه، خط برف براساس دما و ارتفاع برف با روش تجربی چاندرا (رابطه ۱) و امکانات نرم‌افزار ArcGIS 10.4 محاسبه شده است.

$$\text{Pr} = 100 \frac{B_s - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن Pr ضریب برف،  $T_{\max}$  حداکثر دمای مطلق ماهانه،  $T_{\min}$  حداقل دمای مطلق ماهانه و  $B_s$  دمایی است که قطرات باران به صورت جامد درمی‌آید.



شکل ۳: آزمون مشاهدات استثنایی (الف)، منحنی جرم مضاعف (ب)، گرادین بارش (ج) و بارش ماهانه قاین (د)  
 تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

### - محاسبه حجم رواناب

حجم و کیفیت رواناب از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر عملیات کنتور فارو، پیتینگ و پخش سیلاب در مراتع است (جنگجو، ۱۳۸۱: ۹۱). از آنجا که منطقه مورد مطالعه مانند اکثر حوزه‌های کشور فاقد ایستگاه هیدرومتری بود و ایستگاه‌های مجاور حوزه نیز از نظر کفایت آمار و هم‌چنین عدم تشابه هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی غیرقابل استفاده برای تحلیل ریاضی رواناب هستند؛ در این مطالعه برای محاسبه حجم رواناب از روابط تجربی جاستین (Justin, 1915) (رابطه ۲) و انجمن تحقیقات کشاورزی هند (ICAR<sup>1</sup>) (رابطه ۳) که از مدل‌های پرکاربرد برآورد رواناب در حوزه‌های فاقد آمار هستند، استفاده شد.

$$R = 0.284 \times S^{0.155} \frac{P^2}{1.8T + 32} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$S = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{A}}$$

$$R = \frac{1.115 \times P^{1.44}}{T^{1.34} \times A^{0.0613}} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن R ارتفاع رواناب سالیانه (سانتی‌متر)، P میانگین بارندگی سالیانه (سانتی‌متر)، T میانگین درجه حرارت سالیانه (درجه سانتی‌گراد) و A مساحت حوزه (کیلومتر مربع)، S شیب حوزه (m/m)،  $H_{\max}$  ارتفاع حداکثر حوزه (کیلومتر) و  $H_{\min}$  ارتفاع حداقل حوزه (کیلومتر) است. برای محاسبه ارتفاع رواناب، ابتدا براساس نقشه توپوگرافی محدوده مورد مطالعه به ۶ واحد هیدرولوژیکی تقسیم (شکل ۴) و با توجه به روابط (۲) ارتفاع و حجم رواناب هر واحد هیدرولوژیکی

خراسان جنوبی، نتایج مدل جاستین به‌عنوان مدل مناسب انتخاب و مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱).

محاسبه و درنهایت با توجه به بازدهیهای مختلف میدانی و تجربیات کارشناسان هیدرولوژی در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و شرکت آب منطقه‌ای

جدول ۱: برآورد رواناب و ضریب رواناب با استفاده از مدل جاستین برای هر واحد هیدرولوژیکی منطقه

واحد هیدرولوژیکی	مساحت (km <sup>2</sup> )	بارندگی (mm)	دما (°C)	ارتفاع رواناب (mm)	حجم رواناب (m <sup>3</sup> ) ۱۰۰۰
واحد ۱	۴/۵۲	۲۳۹	۱۲/۰	۲۵/۰	۱۱۳/۰۹
واحد ۲	۱۰/۵۹	۲۱۷	۱۳/۳	۱۹/۱	۲۰۲/۳۹
واحد ۳	۸/۲۷	۲۲۴	۱۲/۸	۱۹/۸	۱۶۳/۵۹
واحد ۴	۷/۷۲	۲۳۰	۱۲/۵	۲۰/۷	۱۵۹/۵۸
واحد ۵	۲۳/۴۵	۲۲۲	۱۳/۰	۱۷/۸	۴۱۷/۳۰
واحد ۶	۱۰/۳۲	۲۱۵	۱۳/۴	۱۶/۷	۱۷۲/۵۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

*Lactuca orientalis*-*Stipa barbata* (به‌وسعت ۲۱۷۸/۱ هکتار)، *Lactuca orientalis*-*Artemisia aucheri* (به وسعت ۱۲۵۸/۳ هکتار) و *Astragalus*-*Stipa barbata* sp (به وسعت ۲۴۹۱ هکتار) است.

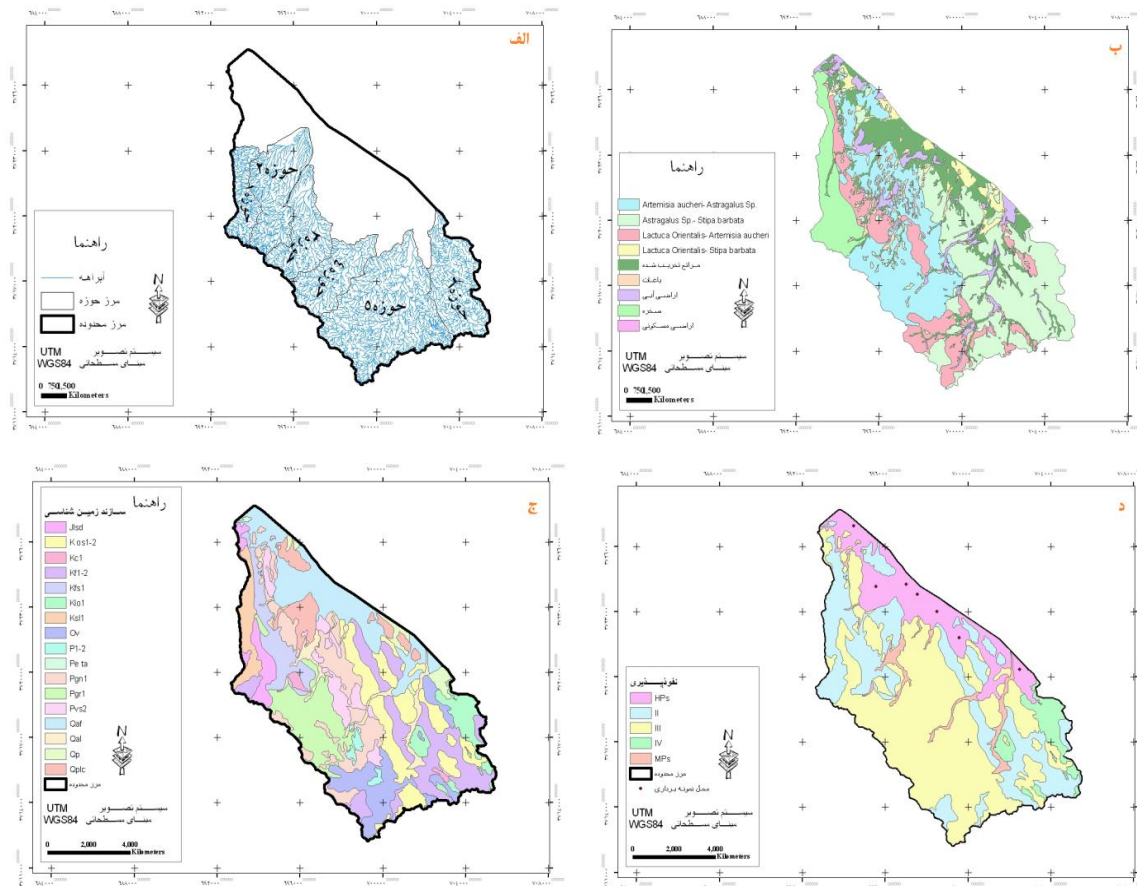
#### - نفوذپذیری خاک و عمق آبرفت

کیفیت خاک منطقه مورد مطالعه، براساس سازندهای زمین‌شناسی، آزمایش خاک و بازدید میدانی به‌صورت کیفی مشخص شد که نشان می‌دهد منطقه فاقد محدودیت شوری خاک است. حداقل عمق آبرفت در دشت پایین دست و مشرف به زیرحوزه‌های تعیین شده براساس مادر چاه قنات‌های موجود در منطقه، بیش از ۲۰ متر است. هم‌چنین، سرعت نفوذ براساس سازندهای زمین‌شناسی و اندازه‌گیری نفوذ با استفاده از استوانه مضاعف، مناسب تشخیص داده شد (شکل ۴).

#### - نقشه کاربری اراضی و پوشش گیاهی

نقشه کاربری اراضی با استفاده از نقشه زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی تهیه شده است. بر این اساس، ۶۹/۶ درصد منطقه مرتع، ۲۲ درصد زمین‌های کشاورزی، ۸/۲ درصد تشکیلات سنگی و ۰/۲ درصد مناطق مسکونی بود (شکل ۴). برای تهیه نقشه تیپ گیاهی مرتع، ابتدا محدوده تیپ‌های گیاهی بر روی نقشه توپوگرافی به کمک تصاویر گوگل‌ارث به‌صورت تقریبی ترسیم شد. سپس با انجام بازدیدهای مختلف میدانی مرز تیپ‌ها اصلاح و با نمونه‌برداری به روش تصادفی-منظم در هر تیپ گیاهی، درصد تاج پوشش و مقدار تولید تعیین شد (شکل ۴).

بر این اساس تیپ‌ها گیاهی مرتع شامل *Artemisia aucheri*-*Astragalus* sp (به‌وسعت ۲۲۲۸/۲ هکتار)،



شکل ۴: نقشه حوزه‌های هیدرولوژیکی (الف)، نقشه کاربری ارضی و تیپ گیاهی (ب) نقشه زمین‌شناسی (ج) نقشه نفوذپذیری خاک (د) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

نفوذپذیری خاک، شیب زمین، عمق آبرفت و کاربری ارضی به‌عنوان معیارهای انتخاب عرصه مناسب برای پخش سیلاب استفاده شدند (عابدی‌راد، ۱۳۷۴: ۱۲۳، جنگجو، ۱۳۸۱: ۹۱). براساس این معیارها، پرسشنامه‌ای در قالب ماتریس زوجی برای هر یک از عملیات تهیه شد. تعداد پرسشنامه تکمیلی براساس جامعه ۱۰۰ نفری متشکل از استادان گروه مرتع و آب‌خیزداری دانشگاه بیرجند و دانشگاه زابل (۲۰ نفر)، کارشناسان اداره کل منابع طبیعی و آب‌خیزداری استان خراسان جنوبی (۶۰ نفر) و ۲۰ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه زابل و دانشگاه بیرجند و ۵ درصد

## - تعیین معیارهای مؤثر بر عملیات اصلاح و توسعه مراتع و اهمیت نسبی آن‌ها

با توجه به تعدد پارامترهای مؤثر بر عملیات اصلاح و توسعه مرتع، در این مطالعه پارامترهایی که اهمیت بیشتری داشته یا می‌توانند منعکس‌کننده چند عامل دیگر باشند، انتخاب شد. کاربری ارضی، شیب و جهت شیب، بارندگی، بارندگی در فصل رشد و ارتفاع برف به‌عنوان پارامترهای اصلی در عملیات بذرکاری، بذرپاشی و کپه‌کاری؛ برای عملیات کنتور فارو و پیتینگ، کاربری ارضی، حجم بارندگی سالانه، حجم رواناب، شیب و نفوذپذیری خاک و حجم رواناب،

با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice معیارها و گزینه‌ها برای عملیات (هدف) شامل بذرپاشی، بذرکاری، کپه‌کاری، فارو، پیتینگ و پخش سیلاب با توجه به نتایج پرسشنامه‌ها به گونه‌ای نمره‌دهی شد که نرخ ناسازگاری از ۰/۱ تجاوز نکند (حسن، ۲۰۰۹: ۱۳۳؛ مصداقی، ۱۳۹۴: ۱۴۴).

#### یافته‌ها

در جداول ۲ و ۳ امتیاز نهایی و اهمیت نسبی هر یک از معیارهای مؤثر در عملیات اصلاح و توسعه مراتع منطقه نشان داده شده‌است. همچنین، درخت سلسله‌مراتبی عملیات بذرپاشی و بذرکاری به‌عنوان نمونه در شکل ۵ ارائه شده‌است.

خطا با استفاده از رابطه (۴)، ۸۰ نمونه تعیین و بین آن‌ها توزیع شد. روایی پرسشنامه توسط تیم راهنما و اعضای هیئت علمی گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه زابل و پایایی آن از طریق تکمیل ده پرسشنامه توسط کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان قاین با آزمون آلفای کرونباخ بررسی و تأیید شد.

$$\text{رابطه ۴: } n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

که در آن،  $n$  حجم نمونه،  $N$  حجم جامعه آماری و  $e$  مقدار اشتباه مجاز (تفاضل نسبت واقعی صفت در جامعه که حداکثر مقدار آن ۰/۰۵ است) است.

#### - طراحی درخت سلسله‌مراتبی

برای طراحی درخت سلسله‌مراتبی ابتدا میانگین هندسی پرسشنامه‌ها محاسبه (جداول ۲ و ۳) و سپس

جدول ۲: اهمیت نسبی (%) معیارهای مکان‌یابی عرصه مناسب برای عملیات بیولوژیکی

اصلاح و توسعه مرتع در دشت قاین، خراسان جنوبی

نوع عملیات	برف	باران	بارندگی در فصل رشد	جهت شیب	شیب	کاربری اراضی
بذرپاشی و بذرکاری	۲۵/۵	۸	۱۴	۴	۴۴/۲	۳
کپه‌کاری	۳	۴۴/۲	۴/۷	۱۴	۸/۶	۲۵/۵

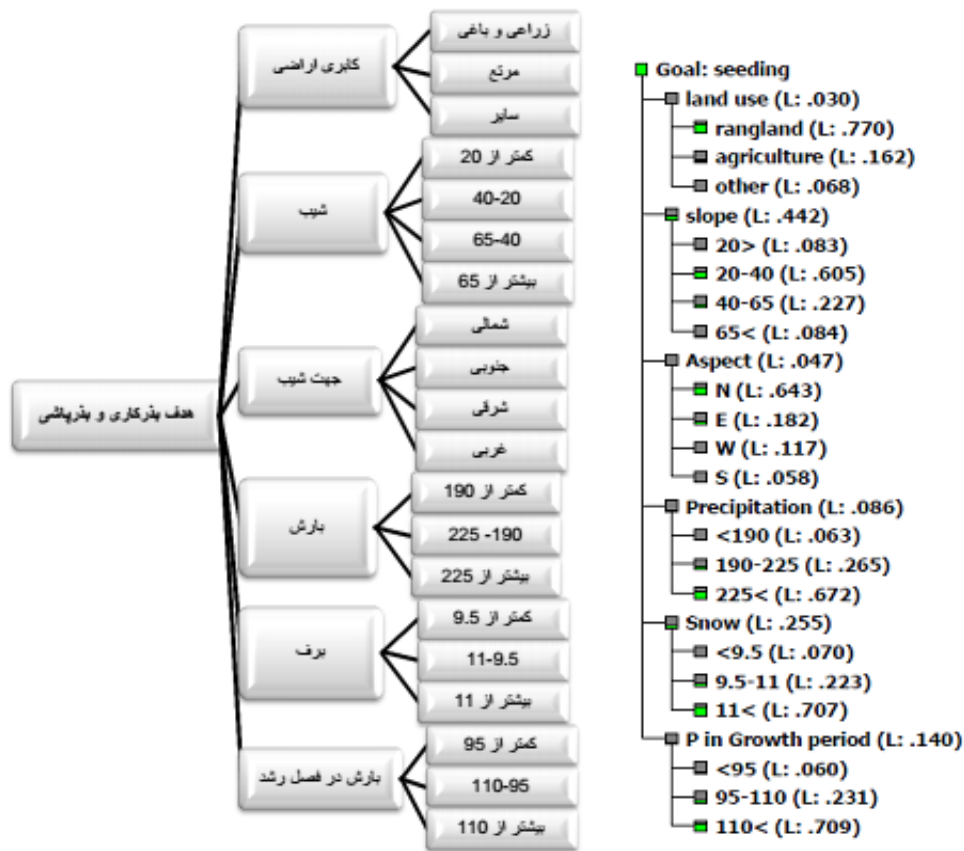
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

جدول ۳: اهمیت نسبی (%) معیارهای مکان‌یابی عرصه مناسب برای عملیات مکانیکی

اصلاح و توسعه مرتع در دشت قاین، خراسان جنوبی

نوع عملیات	زمین‌شناسی	بارش	حجم رواناب	نفوذپذیری خاک	شیب	کاربری اراضی
کنتور فارو	-	-	۳۲/۶	-	۶۰/۴	۷
پیتینگ	-	۲۲/۵	۷/۵	۵/۱	۵۰/۲	۱۴/۷
پخش سیلاب	۷/۴	۷/۵	۲۳/۱	۱۴/۹	۳۹/۲	۱۵/۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۵

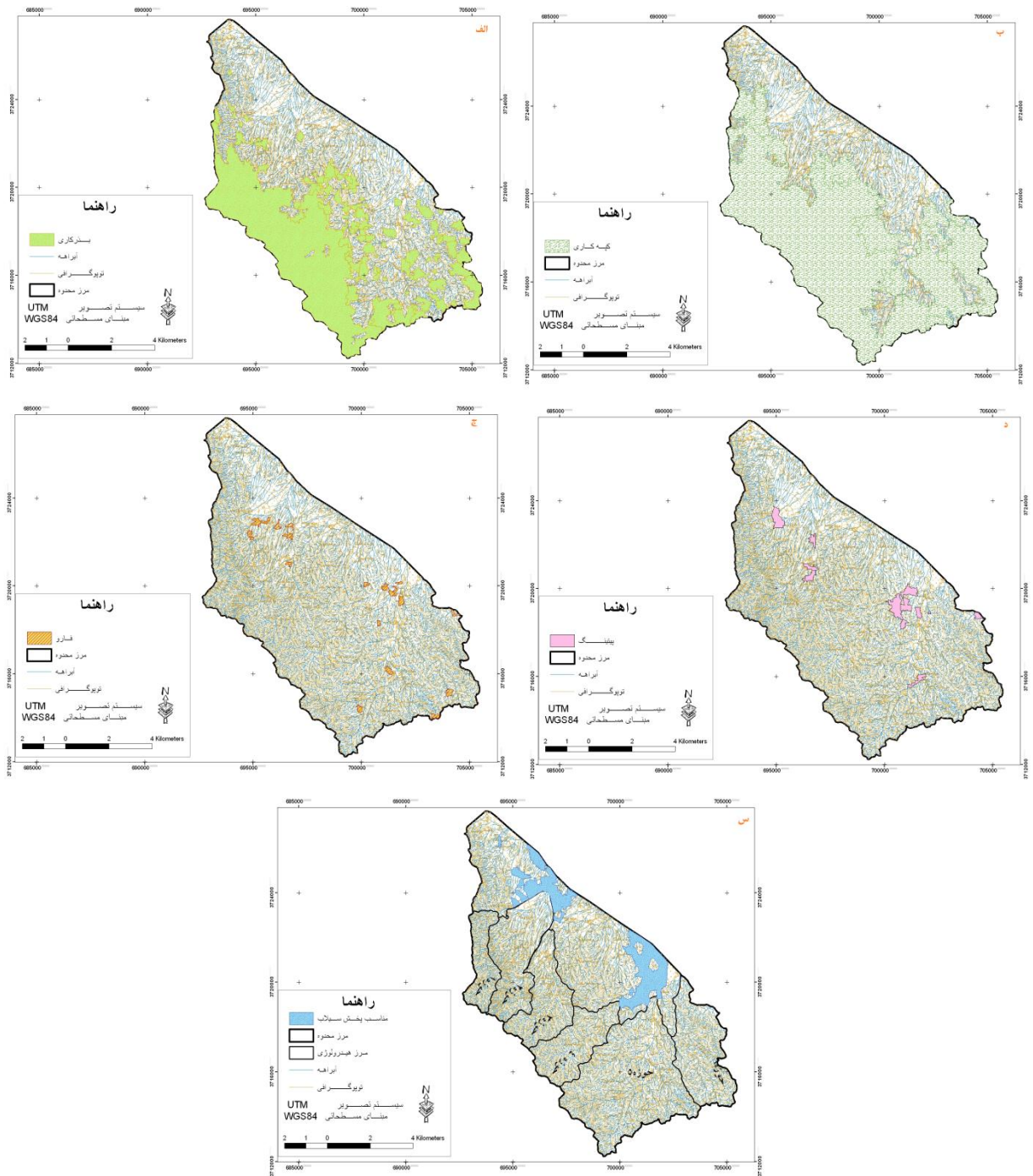


شکل ۵: درخت سلسله‌مراتبی و اهمیت نسبی هر عامل برای عملیات بذرکاری و بذرپاشی در مراتع دشت قاین، خراسان جنوبی (تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵)

در نرم‌افزار، لایه‌های مختلف رستری با ضریب ارزش نسبی مرتبط با هم جمع جبری شد؛ به‌عنوان نمونه، مطابق شکل ۵ ارزش لایه شیب در همپوشانی لایه‌ها برای هدف بذرکاری و بذرپاشی،  $0/442$  از یک است. این لایه خود شامل چهار زیرلایه با ارزش نسبی  $0/083$  (شیب کمتر از ۲۰ درصد)،  $0/605$  (شیب بین ۲۰ تا ۴۰ درصد)،  $0/227$  (شیب بین ۴۰ تا ۶۵ درصد) و  $0/084$  (شیب بیشتر از ۶۵ درصد) است. به‌طور کلی در این نقشه‌ها، ارزش هر پیکسل نمایانگر میزان پتانسیل نسبی آن نقطه برای اهداف مختلف عملیات اصلاح و توسعه مرتع است. نقشه موقعیت عرصه مناسب برای اجرای عملیات مختلف اصلاح مرتع در دشت قاین در شکل ۶ ارائه شده است.

## تعیین عرصه مناسب برای اجرای عملیات اصلاح و توسعه مرتع

عرصه مناسب برای اجرای عملیات اصلاح و توسعه مرتع براساس نقشه اهمیت نسبی معیارهای مؤثر بر انتخاب نوع عملیات تهیه و با تلفیق این لایه‌ها، نقشه‌های هدف (عرصه مناسب برای نوع عملیات اصلاح مرتع) تولید شد. بر این اساس، ابتدا با استفاده از امکانات و قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS نقشه (لایه) اهمیت نسبی (ضرایب تعیین‌شده مدل AHP) برای پارامترهای مرتبط با هر هدف تولید و سپس لایه پلی‌گونی تولیدشده به نقشه رستری که هر پیکسل آن دارای ارزش نسبی مرتبط است، تبدیل شد. درنهایت، با استفاده از دستور محاسبات رستری



شکل ۶: نقشه موقعیت عرصه مناسب برای اجرای عملیات بذرکاری و بذریاشی (الف)، کپه‌کاری (ب)، کنتور فارو (ج)، پیتینگ (د) و پخش سیلاب (س) در مراتع دشت قاین، خراسان جنوبی  
 تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۵

## بحث

اقلیم خشک و کم باران، خشکسالی‌های متوالی و نوسانات اقلیم در خراسان جنوبی همراه با عوامل تشدیدکننده انسانی و مدیریتی، باعث شده است مراتع استان به شدت تخریب شوند و نیازمند اجرای عملیات اصلاح و احیا باشند (ظهیری و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۴۵). در واقع، با توجه به تخریب بخش زیادی از مراتع دشت قاین به دلایل مختلف طبیعی مانند خشکسالی و انسانی مانند چرای بی‌رویه و بوته‌کشی و با در نظر گرفتن این که شدت تخریب مراتع در برخی از مناطق به حدی است که فرایندهای طبیعی نمی‌تواند اکوسیستم را بازسازی کند، اجرای عملیات مختلف اصلاح و توسعه در مراتع تخریب‌یافته لازم است (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۷۸). ولی اجرای این عملیات، نیازمند صرف وقت و هزینه هنگفتی است؛ بنابراین، انتخاب مناسب‌ترین عرصه برای اجرای عملیات اصلاح و توسعه، در جهت بهبود درجه سلامت مرتع و کاهش هزینه‌های ناشی از انتخاب نادرست عرصه اجرا برای هر یک از عملیات ضروری است (فرجی‌سبکیار و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳؛ دهقانی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۳). برای کاهش هزینه‌های سربار در اجرای عملیات اصلاح و توسعه مراتع و رسیدن به نتیجه مطلوب در بهبود و گرایش وضعیت مرتع، لازم است این عملیات در دامنه مطلوب از نظر شیب، بارندگی، دما، درصد پوشش گیاهی و خاک مکان‌یابی شود تا حداکثر بازخورد حاصل شود (چابک بلداجی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱).

در این تحقیق برای مکان‌یابی عملیات اصلاح و توسعه مراتع دشت قاین از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و امکانات و قابلیت‌های نرم‌افزار ArcGIS 10.4 استفاده شد. تحلیل سلسله‌مراتبی روش مناسب در تعیین وزن معیارها و اهداف است که در کنار سایر روش‌ها برای تصمیم‌گیری مناسب مفید است (کرمی و

همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۱). به علاوه، آن یک روش تصمیم‌گیری کمی- کیفی و از فنون معروف در تصمیم‌گیری چندمعیاره و مناسب برای انتخاب بهینه و صحیح است (Hassan, 2009: 133; Saaty, 1980) که به دلیل برخورداری از نحوه تفکر و فرایندهای ذهنی انسان و نیز انطباق آن با منطق ریاضی، کارایی بالایی دارد. این روش هنگامی که عمل تصمیم‌گیری با چند گزینه و شاخص کمی و کیفی روبه‌رو باشد، مفید است (دلبری و داودی، ۱۳۹۱: ۵۷؛ دریجانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۳۷). این روش یکی از جامع‌ترین و سریع‌ترین فنون کاربردی تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است (Roger et al., 2000: 41). در روش AHP امکان استفاده از نظرات و ترجیحات تصمیم‌گیران و کارشناسان در قالب گزینه‌های تصمیم در فرایند ارزیابی وجود دارد (Hassan, 2009: 133; Saaty, 1980). به علاوه در تعریف تعداد معیار و زیرمعیار، محدودیت وجود ندارد. در این روش، امکان تعیین نقش هر عامل و میزان ارتباط و هماهنگی عوامل مؤثر در فرایند ارزیابی وجود دارد. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به راحتی می‌توانند از مزایا و قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی در تولید، ذخیره‌سازی، بازیابی، اصلاح و ارزیابی داده‌ها و اطلاعات مکانی در تصمیم‌گیری و تحلیل مسائل استفاده کنند (راهداری و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۴۳؛ کرمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۰۱).

در این پژوهش، به منظور دستیابی به اهداف مورد انتظار، مدلی با سه سطح هدف، معیارها و گزینه‌ها طراحی شد که سطح یک، هدف موردنظر مطالعه، سطح دوم معیارهای مسئله تصمیم‌گیری یا پارامترهای مؤثر بر این مقدار و در سطح سوم گزینه‌ها در نظر گرفته شد. به منظور تعیین مکان مناسب عملیات اصلاح و توسعه مرتع شامل بذرکاری، کپه‌کاری، کنترفارو، پیتینگ و پخش سیلاب، بعد از جمع‌آوری اطلاعات و نقشه‌ها، بازدیدهای میدانی و تصاویر گوگل‌ارث،

مهدی‌شهر در استان سمنان (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳)، پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز اخترآباد (چابک بلداجی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۱، ملکیان و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۳۱)، برای مکان‌یابی عرصه پخش سیلاب در حوزه آبخیز عشق‌آباد طبس، برای ارزیابی توان بوم‌شناسی برای استقرار مرتع در حوضه آبخیز دلی باغ‌ملک خوزستان (جوزی و عبادزاده، ۱۳۹۲: ۲۳) و سایرین تطابق دارد.

به‌دلیل تعدد عوامل محیطی اثرگذار بر انتخاب عرصه مناسب برای اجرای عملیات اصلاح و توسعه مرتع، باید توجه داشت که اثر این عوامل الزاماً در همه مناطق یکسان نیست و تشخیص اینکه چه عوامل و معیارهایی اثرگذاری بیشتری در یک منطقه معین دارند و باید در پرسشنامه‌ها گنجانده شوند، برعهده کارشناس و مجری پروژه و طرح است که سطح تخصص و تجربه وی نقش تعیین‌کننده‌ای در این خصوص خواهد داشت. به‌علاوه، در صورت عدم‌آگاهی جامعه نخبگان و پرسش‌شوندگان از خصوصیات طبیعی منطقه اجرای پروژه‌ها، ممکن است وزن‌دهی به هر معیار صرفاً براساس دانش نظری باشد تا شرایط واقعی منطقه. از طرف دیگر، علی‌رغم محسّنات فراوان ذکرشده برای روش AHP، محدودیت‌هایی نیز برای این روش ارائه شده‌است؛ ازجمله، در نظرنگرفتن وابستگی متقابل بین عناصر تصمیم، یعنی وابستگی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها توسط این روش است. در واقع روش AHP ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله‌مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند. این فرض ممکن است در بعضی موارد صادق نباشد و نتیجه ممکن است موجب برعکس‌شدن رتبه‌ها شود؛ یعنی با حذف گزینه‌ای ممکن است نتیجه رتبه‌بندی گزینه‌ها تغییر کند (زبردست، ۱۳۸۹: ۸۰). به‌عبارت‌دیگر، فرضیه اصلی در تحلیل سلسله‌مراتبی، استقلال سطوح بالاتر نسبت به سطوح پایین‌تر و نسبت به معیارها و عوامل دیگر در هر سطح است؛ یعنی عناصر هر سطح صرفاً

نقشه‌های موردنیاز تولید شد. درخت سلسله‌مراتبی برای هر هدف با توجه به منابع و گزارش‌های علمی، تعیین و با تعیین اهمیت نسبی هر معیار و گزینه درنهایت مکان مناسب برای هر عملیات تعیین شد.

بارندگی سالانه، بارندگی در فصل رشد، دمای حداقل و حداکثر، ارتفاع برف، شیب و جهت شیب و عمق خاک از مهم‌ترین معیارهای مؤثر در مکان‌یابی عملیات بذرکاری و بذرپاشی در مرتع هستند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳؛ سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۷۸). در این تحقیق، درخت تصمیم‌گیری برای عملیات بذرکاری و بذرپاشی براساس گزینه‌های کاربری اراضی، شیب و جهت شیب، مقدار بارندگی، بارندگی در فصل رشد و ارتفاع برف طراحی شد. درخت تصمیم‌گیری کپه‌کاری براساس کاربری اراضی، شیب و جهت شیب، مقدار بارندگی، بارندگی در فصل رشد و ارتفاع برف طراحی شد. بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد، حجم بارندگی سالانه، حجم رواناب، شیب، نفوذپذیری خاک از مهم‌ترین عوامل مکان‌یابی عملیات پیتینگ در مرتع است؛ ازاین‌رو درخت تصمیم‌گیری بر مبنای این گزینه‌ها طراحی شد. کاربری اراضی، شیب و حجم رواناب در درخت سلسله‌مراتبی برای انتخاب مکان مناسب عملیات کنتر فارو مدنظر قرار گرفتند. درنهایت، حجم رواناب، نفوذپذیری، شیب، عمق آبرفت و کاربری اراضی عواملی بودند که برای تعیین مکان مناسب پخش سیلاب قرار گرفته شدند و درخت تصمیم‌گیری برای این هدف طراحی شد.

نتایج نشان داد که تلفیق تحلیل سلسله‌مراتبی و قابلیت و امکانات نرم‌افزار ArcGIS 10.4 دقت نتایج را به نحو چشمگیری افزایش داده و از این طریق هزینه‌های اجرایی را به میزان زیادی کاهش می‌دهد (Roger et al., 2000: 41; Al-Zubi, 2009: 135). نتایج این تحقیق از نظر افزایش سرعت و دقت کار با نتایج تحقیقات انجام‌شده برای مکان‌یابی عملیات اصلاح و توسعه مراتع حوزه جاشلوبار شهرستان

### پیشنهادها

با توجه به هزینه‌بر بودن پروژه‌های اصلاح و توسعه مراتع و دستکاری قابل توجه در اکوسیستم طبیعی مرتع در حین اجرای آن‌ها، مکان‌یابی صحیح عرصه مناسب برای پروژه‌ها با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به همراه استفاده از قابلیت‌ها و توانمندی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) پیشنهاد می‌شود. به‌علاوه، ارزیابی و پایش آثار اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی پروژه‌های اجرا شده باید توسط سازمان‌ها و دستگاه‌های ذی‌ربط مورد توجه جدی قرار گیرد؛ چرا که هرگونه خطا در اجرا و یا نتیجه نامطلوب و منفی حاصل از اجرای پروژه‌ها، نه‌تنها موجب هدررفت سرمایه انسانی و مالی می‌شود؛ بلکه سلب اعتماد بهره‌برداران و جوامع محلی نسبت به مجریان طرح‌ها و دستگاه‌های ذی‌ربط را نیز در پی خواهد داشت. همچنین تأکید می‌شود که لازمه تداوم و استمرار آثار مطلوب اجرای پروژه‌های اصلاح و توسعه بر اکوسیستم مرتع، مدیریت صحیح چرا در منطقه اجرای پروژه‌ها است؛ در غیر این صورت، همه هزینه‌های صرف شده و تلاش‌های انجام شده به هدررفت خواهد رفت.

### سپاسگزاری

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه زابل (شماره گرنت: UOZ-GR-9618-71) انجام شده است. بدین وسیله، نویسندگان مراتب سپاس و قدردانی خود را از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه زابل برای اعطای پژوهانه اعلام می‌دارند.

به عناصر سطوح بالاتر وابسته‌اند؛ بنابراین از AHP برای حل مسائلی می‌توان استفاده کرد که میان گزینه‌ها و معیارها ارتباط وجود نداشته باشد. در صورتی که آن‌ها با هم وابستگی متقابل داشته باشند، استفاده از روش ANP پیشنهاد شده است (همتی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۰۵).

### نتیجه

محاسبه اهمیت نسبی معیارهای در نظر گرفته شده برای تعیین عرصه مناسب برای اجرای پروژه‌های اصلاح و توسعه مرتع نشان داد که اقلیم و شیب بیشترین اهمیت نسبی را در تعیین عرصه مناسب برای بذرپاشی و بذرکاری داشتند. بارندگی داری بیشترین اهمیت در انتخاب مکان مناسب برای عملیات کپه‌کاری بود. در تعیین عرصه مناسب برای عملیات کنتور فارو، شیب و حجم رواناب بیشترین اهمیت را نشان دادند. برای عملیات پیتینگ، مقدار بارش و شیب و برای عملیات پخش سیلاب شیب، حجم رواناب و نفوذپذیری خاک بالاترین اهمیت را داشتند. براساس نقشه‌های مکان‌یابی تولید شده، ۶۲۸ هکتار از مراتع دشت قاین برای انجام پروژه پخش سیلاب مناسب است. به‌علاوه، وسعت عرصه مناسب برای عملیات کنتور فارور و پیتینگ به ترتیب ۱۰۳ و ۱۹۹ هکتار برآورد شد. وسعت عرصه‌های مناسب برای اجرای عملیات بذرکاری و کپه‌کاری نیز به ترتیب برابر با ۳۶۲۳ و ۲۷۵۰ هکتار محاسبه شد. این مطالعه نشان داد که تلفیق روش AHP و GIS به‌طور بارزی دقت انتخاب مکان مناسب برای اجرای پروژه‌های اصلاح و توسعه مرتع را افزایش می‌دهد.

## منابع

- فرجی سبکبار حسنعلی؛ سیروس حسن پور؛ سید کاظم علوی پناه؛ سیامک الیاس پور (۱۳۹۰). مکان یابی عرصه های مناسب خش سیلاب با استفاده از فرایند سلسله مراتبی (AHP) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: حوضه آبخیز گربایگان، دشت فسا، شیراز، جغرافیای طبیعی. دوره ۱۴. شماره ۴. صفحات ۲۵-۱۳.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=160897>
- جنگجو، محمد (۱۳۸۸). اصلاح و توسعه مرتع، انتشارات جهاد دانشگاهی. مشهد.
- جوزی، سید علی؛ فرخنده عبادزاده (۱۳۹۲). ارزیابی توان بوم شناسی به منظور استقرار کاربری مرتع داری با تصمیم گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: حوضه آبخیز دلی باغ ملک خوزستان)، علوم و مهندسی محیط زیست. دوره ۱. شماره ۲. صفحات ۳۳-۲۳.  
<https://www.magiran.com/paper/1349059>
- چابک بلداجی، مسلم؛ محمد حسن زاده نفوتی؛ زهره ابراهیمی خوسفی (۱۳۹۰). مکان یابی عرصه پخش سیلاب با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز عشق آباد طبس)، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوره ۴. شماره ۱۳. صفحات ۳۸-۳۱.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=177034>
- دریجانی، علی؛ سمانه شاه حسین دستجردی؛ ناصر شاهنوشی فروشانی (۱۳۸۹). تعیین اولویت های مدیریت ریسک خشکسالی در بخش کشاورزی شهرستان گنبد کاووس با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی، مجله اقتصاد کشاورزی. دوره ۵. شماره ۱. صفحات ۵۹-۳۷.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=175948>
- دفتر طرح ریزی و هماهنگی آبخیزداری (۱۳۸۷). ضوابط و دستورالعمل های فنی مرتع- دستورالعمل فنی مرتع کاری (نشریه شماره ۴۲۲)، انتشارات سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری. تهران.  
<https://www.frw.org.ir/UploadedFiles/gFiles/2a25b087aaa1405.pdf>
- دفتر طرح ریزی و هماهنگی آبخیزداری (۱۳۸۷). ضوابط و دستورالعمل های فنی مرتع- دستورالعمل ضوابط اصلاح مراتع با استفاده از روش های ذخیره نزولات آسمانی (نشریه شماره ۴۱۹)، انتشارات سازمان جنگل ها، مراتع و آبخیزداری. تهران.  
<https://www.frw.org.ir/UploadedFiles/gFiles/a4e4727a0733441.pdf>
- دلبری، سیدعلی؛ سیدعلیرضا داودی (۱۳۹۱). کاربرد تکنیک فرایند سلسله مراتبی (AHP) در رتبه بندی شاخص های ارزیابی جاذبه های توریستی، مجله تحقیق در عملیات و کاربردهای آن. دوره ۲. شماره ۳۳. صفحات ۷۹-۵۷.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=183987>
- دهداری، سمیه؛ حسین ارزانی؛ حمید موحد؛ محمدعلی زارع چاهوکی؛ حسین شعبانعلی فمی (۱۳۹۳). کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در مقایسه وضعیت بهره برداری مراتع طرح دار و بدون طرح شهرستان سمیرم، تحقیقات مرتع و بیابان ایران. دوره ۲۱. شماره ۳. صفحات ۲۹۳-۲۸۳.  
<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=244507>
- دهقانی، مرتضی؛ حسین قاسمی؛ آرش ملکیان (۱۳۹۲). اولویت بندی مکانی عملیات کاهش سیل و کنترل فرسایش با استفاده از روش منطق فازی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز فورگ)، نشریه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران). دوره ۶۶. شماره ۱. صفحات ۸۸-۷۳.  
<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=258908>
- راهداری، وحید؛ علیرضا سفیانیان؛ سعید پورمنافی؛ حمید قیومی محمدی (۱۳۹۶). بررسی تأثیر سطوح ریسک و جبران بر روی نتایج ارزیابی قابلیت اراضی در محیط فازی (مطالعه موردی: زیرحوضه پلاسجان)، محیط زیست طبیعی (مجله منابع طبیعی ایران). دوره ۷۰. شماره ۴. صفحات ۸۵۵-۸۴۳.  
<https://doi.org/10.22059/jne.2017.229949.1356>

- گرگی، مرضیه؛ حسین پیری صحراگرد؛ سهیلانوری (۱۳۹۸) . پتانسیل سنجی توسعه کاربری زنبورداری با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: مراتع تمین، شهرستان میرجاوه). فصلنامه جغرافیا و توسعه. دوره ۵۵. صفحات ۲۵۴-۲۳۷.  
<https://doi.org/10.22111/gdij.2019.4586>
- محمودی، عباسعلی؛ بهاره چکشی؛ مصطفی پژمرده؛ محمود فال سلیمان (۱۳۹۷). تأثیر اجرای طرح‌های مرتعداری بر وضعیت پوشش گیاهی و خصوصیات خاک مراتع از دیدگاه مجریان طرح (مطالعه موردی: استان خراسان جنوبی، شهرستان قاینات). هفتمین کنفرانس ملی مرتع و مرتعداری ایران. ۱۹-۱۸ اردیبهشت، کرج.  
[http://iransrm.ir/files/site1/files/Abbas\\_Ali\\_Mahmudi.pdf](http://iransrm.ir/files/site1/files/Abbas_Ali_Mahmudi.pdf)
- مصداقی، منصور (۱۳۹۴). مرتعداری در ایران، چاپ چهارم. دانشگاه صنعتی سجاد، مشهد.
- ملکیان، آرش؛ اصغر افتادگان خوزانی؛ غدیر عشوری نژاد (۱۳۹۱). پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز اخترآباد با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. دوره ۴۴. شماره ۴. صفحات ۱۵۲-۱۳۱.  
<https://doi.org/10.22059/JPHGR.2012.30246>
- همتی، بهنام؛ معصومه فروزانی؛ مسعود یزدان‌پناه؛ بهمن خسروی‌پور (۱۳۹۴). مقایسه کاربرد فرایند تحلیل شبکه (ANP) و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در تحلیل شاخص فقر آبی کشاورزی: مورد مطالعه شهرستان دزفول، علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران. دوره ۱۱. شماره ۲. صفحات ۲۲۱-۲۰۳.  
[http://www.iaej.ir/article\\_13961.html](http://www.iaej.ir/article_13961.html)
- زیردست، اسفندیار (۱۳۸۹). کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، نشریه هنرهای زیبا- معماری و شهرسازی. دوره ۴۱. صفحات ۹۰-۷۹.  
[https://jfaup.ut.ac.ir/article\\_22270.html](https://jfaup.ut.ac.ir/article_22270.html)
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری (۱۳۸۷). دستورالعمل اصلاح مرتع با استفاده از روش‌های ذخیره‌نظرات آسمانی، نشریه شماره ۴۱۹. انتشارات سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری. تهران.  
<https://www.frw.ir/UploadedFiles/gFiles/a4e4727a0733441.pdf>
- ظهیری، عبدالرضا؛ حسین شریفان؛ فرزانه ابارشی؛ مهدی رحیمیان (۱۳۹۳). ارزیابی پدیده‌های ترسالی و خشکسالی در استان خراسان با استفاده از نمایه‌های (PNPI, SPI, NITZCHE)، نشریه آبیاری و زهکشی ایران. دوره ۴. شماره ۸. صفحات ۸۶۵-۸۴۵.  
[http://idj.iaid.ir/article\\_54846.html](http://idj.iaid.ir/article_54846.html)
- عابدی‌راد، منوچهر (۱۳۷۴). مرتع و مرتعداری- فنولوژی گیاهان مرتعی و تکنولوژی احیای شوره‌زارها، انتشارات همسایه. تهران.
- عزیزی، سیدنقی؛ محمد مهدوی؛ محمدرضا جوادی (۱۳۹۰). مکان‌یابی پروژه‌های اصلاح و احیاء مرتع با استفاده از GIS و مقایسه آن با طرح‌های مرتعداری و دانش بومی مرتعداران در مراتع جاشلوبار مهدیشهر، فصلنامه علمی تخصصی اکوسیستم‌های طبیعی ایران. دوره ۱. شماره ۳. صفحات ۲۰-۱۳.  
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=157967>
- کرمی، امید؛ سیدمحمد حسینی نصر؛ حمید جلیلود؛ میرحسن میریعقوب‌زاده (۱۳۹۲). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی توان‌اراضی حوزه آبخیزبالرود برای مرتعداری، تحقیقات مرتع و بیابان. دوره ۲۰. شماره ۱. صفحات ۱۱۴-۱۰۱.  
<https://doi.org/10.22092/IJRDR.2013.2986>

- Al-Zubi, Y.A (2009). "Application of analytical hierarchy process for the evaluation of climate change impact on echo-hydrology: the case of Azraq Basin in Jordan". *Journal of Applied Sciences*, Volume 9, Issue 1, PP. 135-141.  
<https://scialert.net/fulltext/?doi=jas.2009.135.141>
- Chuma, C., Orimoogunje, O. I. O., Hlatywayo, D. J. & Akinyede, O. J (2013). "Application of remote sensing and geographical information systems in determining the groundwater potential in the crystalline basement of Bulawayo metropolitan area, Zimbabwe". *Advances in Remote Sensing*, Volume 2, PP. 149-161.  
<https://doi.org/10.4236/ars.2013.22019>
- Hasan, M.R., Tetsuo, K. & Islam, S.A (2009). "Landfill demand and allocation for municipal solid waste disposal in Dhaka city—an assessment in a GIS environment". *Journal of Civil Engineering*, Volume 37, Issue 2, PP. 133-149.  
[https://www.jce-b.org/doc\\_file/3702005.pdf](https://www.jce-b.org/doc_file/3702005.pdf)
- Justin, J.D (1915). Discussion of "Run-off from Rainfall and Other Data," by Adolph F. Meyer, M. Am. Soc. C. E. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, USA.
- Khedriharibvand, H., Azadi H., Teklemariam D., Houshyar, E., De Maeyer, Ph. & Witlox, N (2019). "Livelihood alternatives model for sustainable rangeland management: a review of multi-criteria decision-making techniques". *Environment, Development and Sustainability*, Volume 21, PP. 11-36.  
<https://doi.org/10.1007/s10668-017-0035-5>
- Pramanik, M.K (2016). "Site suitability analysis for agricultural land use of Darjeeling district using AHP and GIS techniques". *Modelling Earth Systems and Environment*, Volume 2, Issue 56.  
<https://doi.org/10.1007/s40808-016-0116-8>
- Roger, MC, Durk, R., & Cazemier, P (2000). "Representing and processing uncertain soil information for mapping soil hydrological properties". *Journal of Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 29, Issue 1-2, PP. 41-57.  
[https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(00\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(00)00135-6)
- Saaty, T.L (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Wang, G., Qin L., Li, G. & Chen, L (2009). "Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China". *Journal of environmental management*, Volume 90, Issue 8, PP. 2414-2421.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.12.008>

