**Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences**
rsgi.tabrizu.ac.ir

# Estimating the Area of Land Suitable for Populus Euramericana Planting in Golestan Province Using a Geographic Information System

**Fatemeh Ahmadloo**[1]✉, **Saeedeh Eskandari**[2]

1. Corresponding Author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran. E-mail: ahmadloo@rifr-ac.ir
2. Associate Prof., Forest Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I.R. Iran. E-mail: saeede.scandari@yahoo.com

## Article Info

**Article type:**
Research Article

**Article history:**
Received: 18 April 2025
Revised: 26 April 2025
Accepted: 27 December 2025
Published: 4 January 2026

**Keywords**:
Talent finding,
Climate,
Poplar cultivation,
Ecological indices,
Analytical Hierarchy Process (AHP).

## ABSTRACT

**Objective**: Given the cessation of exploitation of industrial forests in northern Iran, the development of wood farming is essential to supply the country's wood needs. One of the ways to increase production per unit area is to identify the production capacity of land and select a land use appropriate for this capacity. The potential assessment of suitable lands for wood farming is essential for planning for the future, however, due to climate change and the dynamics of the issue, both in terms of the need of industries for wood and socially and economically, it is a sensitive issue that needs to be addressed.

**Methods**: In order to implement this project in Golestan province, initially, the ecological indices of *Populus euramericana* species including temperature, precipitation, soil and physiography were determined. Then, climatic and temperature data were collected from meteorological stations and climatic information layer, non-forest lands layer, agricultural and garden lands layer, texture, salinity and acidity of soil, physiographic, and current status of poplar plantation layer were prepared. By Analytical Hierarchy Process (AHP) and layers weighted overlay methods and intersect command, and then weighting each of these ecological indices, according to the ability of *P. euramericana* species to cultivate, they were classified and prioritized in the Geographic Information System (GIS) into areas with suitable and unsuitable potential for development of poplar cultivation.

**Results**: The results showed that poplar development potential in Golestan province is 233.57 ha into two types of irrigation and rainfed with supplementary irrigation that 6.53 ha is rainfed with supplementary irrigation. The type of irrigation in Bandargaz County is 6.53 ha of rainfed land with supplementary irrigation in the summer, and in other counties, the potential for poplar cultivation is irrigation.

**Conclusions**: This potential for poplar cultivation in Golestan province is 63.61 percent higher than the current levels of wood farming in the province. In this province, poplar trees are cultivated in a strip from the west of the province to the center and to some extent to the east of the province, and their amount decreases towards the east of the province, so that the extreme eastern region of the province which has the least poplar cultivation, reaches Galikesh County.

**Cite this article:** Ahmadloo, F., & Eskandari, S. (2026). Estimating the Area of Land Suitable for Populus Euramericana Planting in Golestan Province Using a Geographic Information System. *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 6 (18), 36-57. http//doi.org/10.22034/rsgi.2025.66847.1133

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/rsgi.2025.66847.1133

Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences
rsgi.tabrizu.ac.ir

## Introduction

Issues related to the cultivation and development of wood farming at the macro level will help planners to plan development and will determine the capacity of wood farming development in the Northern provinces of the country. In this regard, Golestan Province is considered as one of the important provinces in the production of agricultural and wood products. Increasing the area under cultivation and the yield per unit area, rationally regulating the import and export of wood, rationalizing the price of this product, and increasing the potential and conditions for generating income and monetizing the product are among the solutions to improve the success rate of wood farming development. Given that wood farming is a practical solution in producing and supplying wood for the country's self-sufficiency, it is necessary to study and assessment potential for the development of wood farming with fast-growing species such as poplar in the susceptible areas of the country with high-yielding and compatible varieties in order to develop sustainably and continue its production. Understanding and properly utilizing environmental resources according to existing needs is essential for wood farming. With careful planning based on the talents and limitations of each region, in which climate, water resources, edaphic conditions, etc. are among the effective factors, it is possible to create a sustainable and reliable development for wood farming. One of the steps that must be evaluated before planting poplar is determining suitable and susceptible places for planting it. Geographic information systems have great capabilities in digitizing spatial information, mapping, data analysis, merging digital layers, and preparing final maps. In this research, for the first time, lands suitable for poplar wood farming in Golestan province are identified using hierarchical analysis and geographic information systems to be made available to the implementation department, wood users, and farmers.

## Materials and Methods

To conduct this research in Golestan Province, first, the ecological requirements indices of the *Populus euramericana* species including temperature, rainfall, soil and physiography were determined. The indices used included four main indices of climate, soil science, physiography and water resources and 14 sub-indices related to them (average annual rainfall, average rainfall during the growing season, average annual temperature, average annual minimum temperature, average annual maximum temperature, relative humidity, soil texture, pH, salinity, soil drainage, elevation, slope, aspect and distance from the river). Then, the climatic data of precipitation and temperature were obtained from 78 synoptic, climatology and meteorological rain gauge stations and rain gauge stations of the Ministry of Energy and soil data were obtained from the Soil and Water Research Institute of Iran and reproduced using the Co-kriging method. Satellite images and Landsat aerial imagery from 2016 were received from the Mapping Organization with a resolution of 10 meters and Google Earth images from Google satellite from 2019. In the initial estimate using these images, areas that were identified as suitable for poplar farming based on experience and field visits were determined, marked on the image, and used in the data calibration stage after visiting the site. The climate information layer, the non-forest land layer, the agricultural and garden land layer, the soil texture, salinity, and acidity layer, the physiographic layer, and the current status of poplar plantations layer were prepared. Digital layers or maps required for all indicators were prepared and transferred to ArcGIS software. Since the impact of each of these factors in determining the areas susceptible to timber farming is not the same, before combining these layers, the degree of importance or weight of each of these factors in poplar timber farming was determined using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and the weighted overlay command, and their weighted integration was performed in GIS. For this purpose, 30 expert questionnaires were completed by poplar farmers, users, and timber farmer specialists in the Research and Implementation Department, and then an average questionnaire (paired comparison matrix) was obtained for each of the paired comparisons of the sub-indices (a total of 4 questionnaires). These questionnaires were analyzed as paired comparison matrices in the Expert Choice software. Then, the importance or weight of the effective indices and sub-indices in poplar wood farming (called the extra-layer weight for each ecological layer) was determined using the analytic hierarchy process. According to the weight of each ecological indices and the cultivation capability of the *P. euramericana* species, areas with suitable and unsuitable potential for the development of poplar farming were classified and prioritized in the Geographic Information System (GIS).

## Results

The Consistency Ratio (CR) of the pairwise comparison matrices range from 0.022 to 0.05, with values less than 0.1 indicating the consistency of the indices weight. The results from the questionnaire analysis in the Analytical Hierarchy Process method showed that the highest weight belonged to the climatic index, specifically the sub-

index of average annual precipitation. The weights and importance of the climatic indices were found to be 0.42 for climate, 0.25 for soil science, 0.22 for physiography, and 0.11 for water resources. The 14 sub-indices related to average annual precipitation, average rainfall during the growth season, average annual temperature, average minimum annual temperature, average maximum annual temperature, relative humidity, soil texture, pH, salinity, soil drainage, elevation, slope, aspect of slope, and distance from rivers had weights of 0.34, 0.28, 0.05, 0.08, 0.14, 0.11, 0.23, 0.12, 0.46, 0.19, 0.36, 0.43, 0.21, and 1, respectively, related to the potential for poplar cultivation. The results indicated that the potential for poplar development in Golestan Province is 233.57 ha, classified into irrigated and rain-fed systems with supplemental irrigation, of which 6.53 hectares is rain-fed with supplemental irrigation. The type of irrigation in Bandar Gaz County is 6.53 ha as rain-fed with supplemental irrigation during the summer, while in other counties, the potential for poplar farming is through irrigation, with the largest potential area in Kurdkuh County under irrigation. This potential for poplar farming in the province is 63.61% higher than the current levels of wood farming in the province. According to the obtained map, most of the areas susceptible for poplar farming development are located in the southern half of the province.

**Conclusion**

This potential of poplar plantation in Golestan province is 63.61% higher than the current levels of timber farming in the province. The current levels of timber farming in the province are only about 0.3 % of the lands susceptible and suitable for poplar plantation in the country, and the full potential of these areas has not been utilized for timber production. With proper and documented planning and by adopting appropriate and scientific strategies, it is possible to increase the levels of wood farming in the province using these abilities and capabilities. Golestan province, with 84.62 hectares of poplar plantation, ranks 18th in terms of area in the country. By assessing the potential of the province's lands, it was determined that the area of these lands can be developed up to 233.57 hectares. In this province, poplar trees are cultivated in a strip from the west of the province to the center and to some extent to the east of the province, and their amount decreases towards the east of the province, so that the extreme eastern region of the province, which has the least poplar plantation, reaches Galikesh County. Research maps show that in the northern region of Golestan, the main limiting factor is soil salinity and low rainfall. The highest soil salinity is observed in the northern regions of the province in the counties of Aqqala, Gonbad-e Kavus, and Bandar-e Torkman. Since only ecological indices have been used for the potential for poplar development, it is necessary to consider economic and social issues in future research.

**References**

Ahmadloo, F., Mirakhorlou, Kh., Calagari, M., & Salehi, A. (2021). Using Sentinel-2 satellite image data and ground data to surveying and mapping poplar plantation of Tehran province. *Journal of Environmental Science and Technology (JEST)*, 23(7), 253-266. http://dx.doi.org/10.30495/jest.2021.52793.5074 (In Persian)

Ahmadloo, F., Rezaei, A. R., Calagari, M., Eskandari, S., Teimori, S., Dargahiyan, F., Farahpour, M., & Mirakhorlou, K. (2023). Estimation of susceptible land area of wood farming in non-forest lands of Guilan province. *Journal of Iran Nature*, 8(4), 49-59. http://dx.doi.org/10.22092/IRN.2023.363010.1531 (In Persian)

Amin Amlashi, M., & Mirakhorlou, Kh. (2019). Evaluation of area and canopy density of forests in the Guilan Province using satellite data. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 27(1), 100-111. http://dx.doi.org/10.22092/IJFPR.2019.119185 (In Persian)

Asadi, F., Espahbodi pardkolaei, K., & Sadati, S. E. (2019). Evaluation of technical defects of poplar farming in Mazandaran province. *Iranian Journal of Forest*, 11(3), 401-414. Retrieved from https://www.ijf-isaforestry.ir/article_98932.html/ (In Persian)

Asgharpour, M. J. (2006). *Multi Criteria Decision Making*. Tehran University Press, Tehran, Iran, 400p. (In Persian)

Baniaghi, A., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., & Faramarzi, H. (2017). Potential Climatic Zoning of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Golestan Province. *Journal of Agroecology*, 9(3), 821-833. http://dx.doi.org/10.-22067/jag.v9i3.52027 (In Persian)

Bayatkashkoli, A., Ameri, S., Faezipour, M., & Dousthoseyni, K. (2007). Economical assessment of poplar small-diameter timber and marketing of its wood products. *Journal of the Iranian Natural Resource*, 59(4), 963-980. Retrieved from https://journals.ut.ac.ir/article_27541.html/ (In Persian)

Bazrafshan Daryasari, M., Meftah Halghi, M., Ghorbani, Kh., & Ghahraman, N. (2016). Comparative study of climatic regions of Golestan province under different climate change scenarios. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(5), 187-202. http://dx.doi.org/20.1001.1.23222069.1394.22.5.11.1 (In Persian)

Calagari, M. (2018). Introduction of high wood production poplar clones for cultivation in the north of country. *Journal of Iran Nature*, 3(2), 50-58. http://dx.doi.org/10.22092/IRN.2018.116436 (In Persian)

Dayawansa, N. D. K., & Ekanayake, G. K. (2003). Land suitability identification for a production forest through GIS Techniques. *Forestry and Biodiversity*, Map India Conference.

Dimitriou, I., & Mola-Yudego, B. (2017). Impact of Populus plantations on water and soil quality. *BioEnergy Research*, 10(1), 750–759. https://doi.org/10.1007/s12155-017-9836-5

Eskandari, S.; Behnamfar, K.; Pourghasemi, H. R.; & Tiefenbacher, J. P. (2022). Provision of Eucalyptus wood farming potential map in Iran: An application of land cover, ecological, climatic, hydrologic, and edaphic analysis in a GIS-based fuzzy AHP framework. *Ecological Indicators*, 136, 108621. https://doi.org/10.1016/-j.ecolind.2022.108621

Ghaneie Motlagh, Gh., Pashaee Aval, A., Khormali, F., & Mosaedi, A. (2009). Preparing the soil salinity map for site-specific management, Case study: some farmlands in northeast of Aq-Qala. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(6), 75-82. (In Persian)

Ghodsipour, H. (2011). *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Tehran, Iran: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic) Publications, p. 224. (In Persian)

Gholizadeh, A., Bagherzadeh, A., & Keshavarzi, A. (2020). Model application in evaluating land suitability for OAK and PINE forest plantations in Northeast of Iran. Geology, *Ecology, and Landscapes*, 4(3), 236-250. https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1633217

Ghorbani, Kh., Bazrafshan Daryasary, M., & Meftah Halaghi, M. (2016). The effects of climate change on DeMartone climatic classification in Golestan province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(2), 319-332. http://dx.doi.org/20.1001.1.2008479.1395.47.2.10.3 (In Persian)

Haidari, M., Jaafari, A., Calagari, M., Pourhashemi, M., & Yousefi, B. (2023). Overcoming challenges and formulating management strategies for wood farming development in Kurdistan Province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(3), 169-185. http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.2023.361640.2093 (In Persian)

Isebrands, J. G., & Richardson, J. (2014). *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment*, *2th Edition*. CABI Publishing, Technology & Engineering, New York. 656p.

Jafari Mofidabadi, A. (2015). Production of inter-specific hybrid between *Populus caspica* and *P. nigra* using mature embryo culture. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 23(1), 49-55. http://dx.doi.org/10.22092/IJRFPBGR.2015.101535 (In Persian)

Jafari Mofidabadi, A., & Sharzad, S. (2015). Asexual reproduction of hybrid poplar "Mofid" (*Populus euphratica* Oliv. X *P. alba* L.) using tissue culture. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 2(3), 127-142. http://dx.doi.org/20.1001.1.23222077.1394.22.3.7.3 (In Persian)

Kazemi Poshtmasari, H., Tahmasebi, Z., Kamkar, B., Shataei, S., & Sadeghi, S. (2012). Evaluation of geostatistical methods for estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands of Golestan province. *Journal of Water and Soil Science*, 22(1), 201-220. Retrieved from https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_1117.html?lang=fa (In Persian)

Kefayati, N., Ghorbani, Kh., & Abdollahzade, Gh. H. (2021). Regional leveling of drought vulnerability in Golestan province. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 8(2), 15-32. http://dx.doi.org/10.52547/jsaeh.8.-2.15 (In Persian)

Mirakhorlou, Kh. (2019). *Survey of the distribution and area of poplar plantations in the country using Sentinel-2 satellite image data*. Final report of the research project, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 60 p. (In Persian)

Nasroallahi, N., Kazemi, H., & Kamkar, B. (2015). Land Suitability of Aq-Qala Township for Barley production

in rainfed condition by Geographical Information System (GIS). *Electronic Journal of Crop Production*, 8(3), 159-182. http://dx.doi.org/20.1001.1.2008739.1394.8.3.9.3 (In Persian)

Oettel, J., Braun, M., Sallmannshofer, M., de Groot, M., Schueler, S., Virgillito, C., Westergren, M., Božič, G., Nagy, L., Stojnić, S., & Lapin, K. (2022). River distance, stand basal area, and climatic conditions are the main drivers influencing lying deadwood in riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 520, 120415. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120415

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York. 120 p.

Shabani, S., Faramarzi, H., Ahmadi, A., Bayat, M., Agherkakli, B. M., & Taheri, S. (2023). Estimation of afforestation area in the plantation stands in the east of Golestan province. *Journal of Iran Nature*, 8(4), 61-70. http://dx.doi.org/10.22092/IRN.2023.363163.1538 (In Persian)

Wu, C., Xiao, Q., McPherson, E. G. (2008). A method for locating potential tree-planting sites in urban areas: A case study of Los Angeles, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7(2), 65–76. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.01.002

Yazdanpanah, H., Kamali, Gh., Hejazi-Zadeh, Z., & Ziaeian, Z. (2007). Determination of climatic potential of East Azerbayjan Province for rainfed almond using GIS. *Geography and Development*, 4(8), 193-204. http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2006.3792 (In Persian)

نشریه کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی
rsgi.tabrizu.ac.ir

# برآورد سطح اراضی مستعد کاشت صنوبر اورامریکن در استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

فاطمه احمدلو[1]✉، سعیده اسکندری[2]

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: ahmadloo@rifr-ac.ir

۲. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. رایانامه: saeede.scandari@yahoo.com

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله پژوهشی

**تاریخ دریافت:** ۱۴۰۴/۰۱/۲۹
**تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۴/۰۲/۰۶
**تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۱۰/۰۶
**تاریخ انتشار:** ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

**کلیدواژه‌ها:**
استعدادیابی،
اقلیم،
زراعت صنوبر،
شاخص‌های اکولوژیک،
فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP).

**چکیده**

**هدف:** با توجه به توقف بهره‌برداری از جنگل‌های صنعتی شمال ایران، توسعه زراعت چوب برای تأمین نیاز چوبی کشور ضروری است. یکی از راه‌های افزایش تولید در واحد سطح، شناسائی ظرفیت تولید اراضی و انتخاب کاربری متناسب با این ظرفیت است. پتانسیل‌یابی اراضی برای زراعت چوب به‌منظور برنامه‌ریزی برای آینده امری ضروری است، لیکن با توجه به تغییرات اقلیمی و دینامیک بودن موضوع چه ازنظر نیاز صنایع به چوب و چه ازنظر اجتماعی و اقتصادی، این امر چالشی حساس است که باید به آن توجه شود.

**روش پژوهش:** برای اجرای این پژوهش در استان گلستان، ابتدا شاخص‌های نیازهای اکولوژیکی گونه صنوبر اورامریکن شامل دما، بارندگی، خاک و فیزیوگرافی تعیین شد. سپس، داده‌های اقلیمی بارش و دما از ایستگاه‌های هواشناسی استان جمع‌آوری و لایه اطلاعات اقلیمی، لایه اراضی غیرجنگلی، لایه اراضی کشاورزی و باغی، لایه بافت، شوری و اسیدیته خاک، لایه فیزیوگرافی و لایه وضعیت موجود صنوبرکاری‌ها تهیه شد. با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و دستور weighted overlay و با توجه به وزن هر یک از شاخص‌های اکولوژیک و با توجه به قابلیت زراعت گونه اورامریکن، مناطق با پتانسیل مناسب و نامناسب برای توسعه کشت صنوبر در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) طبقه‌بندی و اولویت‌بندی شدند.

**نتایج:** نتایج نشان داد که پتانسیل توسعه صنوبر در استان گلستان به میزان ۲۳۳/۵۷ هکتار است و به دو صورت آبیاری و دیم به همراه آبیاری تکمیلی طبقه‌بندی شده که ۶/۵۳ هکتار آن به‌صورت دیم به همراه آبیاری تکمیلی است. نوع آبیاری در شهرستان بندرگز به میزان ۶/۵۳ هکتار به‌صورت دیم به همراه آبیاری تکمیلی در فصل تابستان می‌باشد و در سایر شهرستان‌ها پتانسیل کشت صنوبر به‌صورت آبیاری است.

**نتیجه‌گیری:** این میزان پتانسیل صنوبرکاری استان گلستان، ۶۳/۶۱ درصد بیشتر از سطوح فعلی زراعت چوب استان است. در این استان، درختان صنوبر از غرب استان به‌صورت نواری تا مرکز و تا حدودی به طرف شرق استان مورد کشت قرار گرفته و به طرف شرق استان، از مقدار آن کاسته می‌شود به‌طوری‌که منتهی‌الیه منطقه شرقی استان که کمترین ضنوبرکاری را دارد، به شهرستان گالیکش می‌رسد.

**استناد:** احمدلو، فاطمه و اسکندری، سعیده (۱۴۰۵). برآورد سطح اراضی مستعد کاشت صنوبر اورامریکن در استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. *کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی*، ۶ (۱۸)، ۵۷-۳۶.
http//doi.org/10.22034/rsgi.2025.66847.1133

ناشر: دانشگاه تبریز.
© نویسندگان.

## مقدمه

اطلاع از میزان تولید چوب در کشور برای تأمین نیاز چوبی و برنامه‌ریزی صنایع چوب اهمیت بالایی دارد. هر چقدر که این اطلاعات دقیق‌تر باشد، برای استقرار و ادامه فعالیت صنایع چوب با دقت بیشتری برنامه‌ریزی می‌شود. براساس آخرین آماز سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور از وضعیت زراعت چوب در سال ۱۳۹۸، ۳۲۵۰۰ هکتار صنوبرکاری، ۵۱۳۲ هکتار اکالیپتوس‌کاری و درمجموع ۳۷۶۳۲ هکتار زراعت چوب وجود داشته است و این مقدار در پایان سال ۱۴۰۱، ۶۳۸۰۰ هکتار صنوبرکاری، ۹۵۰۰ هکتار اکالیپتوس‌کاری و درمجموع ۷۳۳۰۰ هکتار بوده است. از طرف دیگر، توقف بهره‌برداری از جنگل‌های تجارتی در قالب طرح تنفس جنگل، انتظار تولید چوب بیشتر در صنوبرکاری‌های کشور را افزایش داده است. مقادیر تولید چوب در عرصه صنوبرکاری‌ها از یک طرف به میزان تولید در هکتار و از طرف دیگر به سطح و پتانسیل توسعه صنوبرکاری‌ها وابسته است. بنابراین، یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌ها در برآورد تولید چوب کشور تعیین پتانسیل توسعه صنوبرکاری‌ها است. زراعت چوب یکی از راه‌حل‌های پیش‌روی صنایع تولید مواد چوبی برای تأمین مواد اولیه است. منابع آب کشور به‌شدت رو به کاهش است و این مسئله هوشیاری در استفاده از این منابع را می‌طلبد. در این میان، کاشت گیاهان مختلفی که علاوه‌بر سریع‌الرشد بودن، آب کمتری نیز دریافت می‌کنند، همچنین بهبود سیستم‌های آبیاری برای توسعه کشت صنوبر و تولید چوب راه‌حل مناسبی به نظر می‌رسد. گونه‌های صنوبر با سرعت رشد بالا به‌لحاظ سرشت اکولوژیکی و اقلیمی با مناطق مختلف ایران سازگار شده‌اند. گونه صنوبر اورامریکن[1] از جنس صنوبر به‌دلیل نیاز بارندگی و رطوبت در مناطق جلگه‌ای شمال کشور به‌ویژه استان گلستان کشت می‌شوند. دانستن مناطق مناسب برای کشت درختان تندرشد از یک سو و شناسایی منابع موردنیاز برای افزایش تولید در سطح از سوی دیگر می‌تواند کمک شایانی را به برنامه‌ریزان برای تعیین مسیرهای درست در راستای تأمین نیاز چوبی کشور بکند. بررسی روند تغییرات اقلیمی و منابع آب از مسائل بسیار مهم در این گونه پژوهش‌ها است، به طوری که اگر عرصه‌ای دارای آب باشد، امکان توسعه سطوح زراعت چوب در آن وجود دارد. مصرف چوب خام در صنایع سلولزی کشور سالانه ۶ میلیون و ۶۹۰ هزار مترمکعب است که از این مقدار حدود یک میلیون و ۲۰۰ هزار مترمکعب سهم واردات است، این رقم معادل ۱۸درصد کل مصرف صنایع چوب است (احمدلو و همکاران، ۱۴۰۲). ضمن اینکه رقمی معادل ۴ میلیون و ۷۰۰ هزار مترمکعب چوب مصرفی از محل زراعت چوب و ضایعات چوبی و باغی تأمین می‌شود (احمدلو و همکاران، ۱۴۰۰). با توجه به احداث واحدهای جدید صنعتی و در حال احداث صنایع به تعداد ۲۶ واحد با نیاز مصرفی سالانه ۶ میلیون و پانصد هزار مترمکعب چوب، تا پایان برنامه ششم توسعه نیاز مصرفی سالانه چوب صنایع سلولزی به میزان ۱۳ میلیون و یکصد و نود هزار مترمکعب خواهد رسید (احمدلو و همکاران، ۱۴۰۲) که باید برای از بین بردن خلأ نیاز مصرفی چوب در کوتاه‌مدت سهم واردات چوب و سهم زراعت چوب در میان‌مدت و بلندمدت توسعه یابد. واردات چوب علاوه‌بر صرف هزینه‌های ارزی بالا، با موانع و محدودیت‌های بسیاری از قبیل اشغال ظرفیت‌های بسیار زیادی از بنادر کشور، هزینه‌های سنگین جابه‌جایی و انتقال به مراکز مصرف، مشکلات انبارداری، نیازهای قرنطینه‌ای و ورود آفات و امراض مختلف به داخل کشور و تهدید رویشگاه‌های طبیعی کشور مواجه است که نامطلوب بودن وابستگی به واردات چوب را نشان می‌دهد (بیات کشکولی و همکاران، ۱۳۸۵).

افزایش سطح زیر کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح، تنظیم منطقی واردات و صادرات چوب، منطقی نمودن قیمت این محصول و افزایش پتانسیل و شرایط درآمدزایی و ارزآوری محصول، ازجمله راهکارهای ارتقای ضریب موفقیت توسعه زراعت چوب به‌شمار می‌رود. با توجه به اینکه زراعت چوب یک راهکار عملی در تولید و تأمین چوب برای خودکفایی کشور است، ضروری است به‌منظور توسعه پایدار و استمرار تولید آن، توسعه زراعت چوب با گونه‌های تندرشد مانند صنوبر در مناطق مستعد کشور با ارقام پرمحصول و سازگار، مطالعه و پتانسیل‌یابی شود. شناخت و استفاده صحیح از منابع محیطی با توجه به نیازهای موجود برای کشت چوب ضروری است. با برنامه‌ریزی دقیق براساس استعدادها و محدودیت‌های هر منطقه، که اقلیم، منابع آبی،

1. *Populus euramericana* (Dode) Guinier

شرایط ادافیکی و غیره از عوامل مؤثر در آن است، می‌توان توسعه پایدار و مطمئنی را برای زراعت چوب ایجاد نمود. یکی از مراحلی که قبل از کاشت صنوبر باید ارزیابی شود، تعیین مکان‌های مناسب و مستعد کاشت آن است. روش تحلیل سلسله مراتبی فازی یا AHP، روشی برای ساده‌سازی تصمیم‌گیری‌های پیچیده است، با این توصیف که در تحلیل تصمیم چندمعیاره به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد (اصغرپور، ۱۳۹۲). در این روش ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای متناسب با هدف یا اهداف تصمیم توسط کارشناسان تعیین و پس از وزن‌دهی و اولویت‌بندی، به‌منظور انجام ارزیابی توان و مکان‌یابی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از مزیت‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها است. وقتی اهمیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید سنجه‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (اسکندری[1] و همکاران، ۲۰۲۲) که این امر با تحلیل نرخ سازگاری قضاوت‌ها انجام می‌گیرد.

هدف اصلی فرایند مکان‌یابی به‌عنوان یک تحلیل مکانی، جلوگیری از هدر رفتن هزینه‌ها و تضمین کارایی حداکثر و افزایش عملکرد محصول در واحد سطح است و مانند هر فرایند دیگری برای اجرای مکان‌یابی، وجود داده‌های خام ورودی ضروری است (یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۸۵). ورودی‌های موردنیاز شامل لایه‌های اطلاعاتی مختلف و مؤثر در هدف مورد نظر است که از منابع مختلف تهیه می‌شود و همه آنها باید قبل از ورود به مدل‌های مکان‌یابی آماده‌سازی شوند. علاوه‌بر لایه‌های ورودی، معمولاً یک مجموعه مقادیر عددی نیز برای اعمال وزن لایه‌ها و کلاس‌های مختلف آنها وارد مدل می‌شود. خروجی مدل‌های مکان‌یابی، مکان‌های مناسب برای ایجاد فعالیتی خاص است که حاصل ارزیابی و تلفیق داده‌های ورودی است.

تاکنون بررسی‌های کمی در خصوص پتانسیل‌یابی اکولوژیک و شناخت اراضی مستعد کاشت گونه‌های تند رشد و مناسب تولید چوب در ایران و جهان انجام شده است که به برخی از موارد اشاره می‌شود: دایاوانسا[2] و اکانایکه[3] (۲۰۰۳) برای شناسایی مناطق مناسب تولید چوب از ویژگی‌های اقلیم، شیب، خاک، توپوگرافی و پوشش گیاهی در تهیه نقشه پتانسیل اراضی در سریلانکا استفاده کردند و گزارش کردند که بیشتر محدوده بررسی شده به‌دلیل دسترسی نداشتن به منابع آبی و شیب زیاد، برای تولید چوب نامناسب است. یزدان‌پناه و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از GIS و تهیه لایه‌های بارش، احتمال وقوع سرمازدگی، شاخص رطوبت در دسترس، درجات روز رشد و توزیع بارش در سال و تعیین شاخص وزنی، نقشه مناطق مستعد کشت بادام دیم در استان آذربایجان شرقی را به‌دست آوردند. نقشه تولیدی به چهار پهنه مناطق بسیار مطلوب (درجه یک)، مناطق نسبتاً مطلوب (درجه دو)، مناطق ضعیف (درجه سه) و مناطق نامناسب (درجه چهار) تقسیم‌بندی شد که بیشتر آن در پهنه مناطق نسبتاً مطلوب به‌دلیل نسبت بارش کم فصل رشد به کل بارش قرار دارد. وو[4] و همکاران (۲۰۰۸) شاخص‌هایی برای شناسایی مکان‌های کاشت درختان در فضای سبز شهری بر اساس پوشش گیاهی و مبتنی بر GIS در لس آنجلس، ایالات متحده در نظر گرفتند و تعداد ۲/۲ میلیون مکان کاشت که تقریباً ۱۰۹/۳ کیلومتر مربع از تاج پوشش درختان را شامل می‌شود به‌عنوان پتانسیل فضای سبز شناسایی کردند. قلی‌زاده و همکاران (۲۰۲۰) ارزیابی تناسب اراضی با رویکردهای پارامتریک و AHP برای مکان‌یابی جنگل‌کاری بلوط[5] و کاج[6] را در حوزه آبخیز طرق، شمال شرق ایران انجام دادند. محققین متغیرهای ارتفاع از سطح دریا، جهت، عمق خاک و بافت خاک را از عوامل محدود کننده برای جنگل‌کاری دو گونه در منطقه مورد مطالعه گزارش کردند به‌طوری‌که توزیع فضایی تناسب زمین الگوی مشابهی را برای دو گونه نشان داد و از شرق به غرب دشت مقادیر محدودیت‌ها افزایش یافت. نقشه قابلیت اراضی مناسب برای زراعت چوب اکالیپتوس در سیستم اطلاعات مکانی در استان خوزستان با چهار شاخص اصلی

1. Eskandari
2. Dayawansa
3. Ekanayake
4. Wu
5. *Quercus robur* L.
6. *Pinus sylvestris* L.

منابع آبی در دسترس، خاکشناسی، اقلیمی و پوشش زمین و ۲۲ زیرشاخص مربوط به آنها توسط اسکندری و همکاران (۲۰۲۲) انجام گرفت. بدین منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی برای وزن‌دهی به شاخص‌های مؤثر و تهیه نقشه پتانسیل زراعت چوب اکالیپتوس استفاده کردند. نتایج نشان داد که نقشه پتانسیل زراعت چوب اکالیپتوس همخوانی قابل قبولی با اکالیپتوس‌کاری‌های موجود دارد و دقت آن در شناسایی مناطق مستعد زراعت چوب اکالیپتوس مطلوب است. احمدلو و همکاران (۱۴۰۲) در برآورد سطح اراضی مستعد زراعت چوب استان گیلان گزارش دادند که پتانسیل توسعه صنوبر در استان گیلان به میزان ۶۳۸۰۶ هکتار است و به دو صورت دیم و دیم به همراه آبیاری تکمیلی طبقه‌بندی شده که ۱۲۳۳۵/۷۴ هکتار آن به‌صورت دیم است.

براساس آمار و اطلاعات موجود، وسعت جنگل‌های استان‌های شمالی کشور روند رو به کاهشی دارند. اعلام طرح تنفس و ممنوعیت برداشت چوب از جنگل‌های هیرکانی، درواقع هشداری نسبت به فاجعه‌آمیز بودن برداشت‌های بی‌رویه از جنگل‌های شمال است. هرچند برای افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی، طبق مصوبه سال ۱۳۸۹ مجلس شورای اسلامی، دولت مکلف به توسعه زراعت چوب شده است، همچنان این مقوله در زمینه اجرا مورد بی‌مهری قرار دارد. کمبود چوب در کشور موجب تعطیلی کارخانه‌ها و کاهش سطح اشتغال شده است به طوری‌که کاهش فعالیت کارخانجات و بالطبع کاهش تعداد کارگران عملاً کارخانجات را به تعطیلی کشانده است. همچنین ممکن است بازار برای تأمین نیاز چوبی خود، سبب گسترش قاچاق چوب و تخریب بیشتر جنگل‌ها شود. امری که در دو سال اخیر به‌واسطه طرح تنفس جنگل برای جنگلبانان ملموس‌تر شده است. بنابراین، زراعت چوب از مهم‌ترین روش‌های تولید منابع و مواد اولیه صنایع چوبی کشور است. بنابر آمار، سالانه حدود ۲ میلیون مترمکعب چوب صنوبر در کشور تولید می‌شود که برابر با ۴۰ درصد کل چوب مصرفی کشور است. با در نظر گرفتن مصرف سرانه کمتر از ۰/۲ مترمکعب چوب، با جمعیت فعلی ۸۰ میلیون نفر در کشور حداقل ۱۶ میلیون مترمکعب چوب در سال نیاز خواهیم داشت. زراعت چوب سنتی به‌طور متوسط ۱۰ تا ۱۵ مترمکعب رویش سالانه دارد. به‌این‌ترتیب، سطح صنوبرکاری برای تأمین این میزان چوب باید بین یک تا ۱/۶ میلیون هکتار باشد. اما سوابق موجود نشان می‌دهد، سطح صنوبرکاری‌ها به مراتب کمتر است. درنتیجه کمبود چوب یا باید از طریق واردات، یا از طریق توسعه زراعت چوب جبران شود. به‌دلیل کاهش ارزش پول ملی در سال‌های اخیر، واردات چوب بسیار پرهزینه خواهد بود و زراعت چوب نیز توسعه چندانی ندارد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۷). فقدان واردات چوب در حجم بالای مورد نیاز کشور، همچنین ناتوانی عرصه‌های جنگلی در تأمین چوب موردنیاز سبب شده است تا بسیاری از صنایع کوچک مانند تخته‌بری‌ها و جعبه‌سازی‌ها به‌دلیل مشکلات تهیه مواد اولیه به فعالیت‌های فصلی و موقت روی آورند. در این میان صنایع بزرگ نیز با ظرفیت‌های به مراتب کمتر از میزان نصب‌شده مشغول فعالیت بوده و بسیاری هم در آستانه تعطیلی موقت یا دائم قرار گرفته‌اند. بنابراین، راهکار اصلی برای تأمین مواد اولیه چوبی کشور، تولید بیشتر چوب در خارج از عرصه‌های جنگلی، زراعت چوب با گونه‌های تندرشد است (کلاگری، ۱۳۹۷). در بررسی موانع توسعه زراعت چوب در استان کردستان و تعیین راهبردهای مدیریتی، برنامه‌های راهبردی احداث کارخانه وابسته به صنایع چوب (صنایع چوب و کاغذ) در شهر سنندج، مشارکت تعاونی‌ها و تشکل‌های محلی در توسعه زراعت چوب استان، مشارکت فنی کارشناسان منابع طبیعی در اجرای طرح‌های توسعه زراعت چوب، تأسیس تعاونی‌های صنفی صنوبرکاران، ایجاد امکان خرید تضمینی چوب، برگزاری جشنواره صنوبر و معرفی رویشگاه‌های مناسب برای توسعه زراعت چوب تعیین شد (حیدری و همکاران، ۱۴۰۲).

مسائل مربوط به کشت و توسعه زراعت چوب در سطح کلان به برنامه‌ریزان برای برنامه‌ریزی توسعه کمک می‌کند و میزان ظرفیت توسعه زراعت چوب در مناطق مستعد کشور را تعیین خواهد نمود. سه راه‌حل اساسی واردات چوب، زراعت چوب و استفاده از سایر مواد لیگنوسلولزی برای برون‌رفت از معضل کمبود چوب پیشنهاد شده است. در مبحث استفاده از منابع داخلی و زراعت چوب اولین سؤال آن است که تولید چوب در هر استان کشور چقدر است؟ این مقدار هم ازنظر کمی و هم ازنظر کیفی و تطبیق با صنایع مهم است. پرسش دیگر آن است که میزان پتانسیل سرزمین ما برای توسعه این درختان تند رشد و مناسب تولید چوب

چقدر است؟ آیا با توجه به وضعیت اقلیمی و کاهش شدید منابع آب می‌توان به توسعه کشت درختان تندرشد امید داشت؟ یا اینکه تبدیل این گونه‌ها، که خواه‌ناخواه از آب استفاده می‌کنند، به رقم‌های با تولید بالاتر، تنها راه پیش‌روی ماست. این مسئله مستلزم استفاده از اصول و روش‌های علمی و شناخت توان و قابلیت‌های محیطی هر منطقه است.

در این راستا، استان گلستان یکی از استان‌های مهم در تولید محصولات کشاورزی و چوبی محسوب می‌گردد. بر اساس بررسی‌های به‌عمل آمده کل سطح زیرکشت کشاورزی در استان ۷۳۶۱۱۵ هکتار بوده که از این مقدار ۳۱۶۳۲۶ هکتار (۴۳ درصد) تحت کشت آبی و ۴۱۹۷۸۹ هکتار (۵۷ درصد) به‌صورت دیم بهره‌برداری می‌شود (بنی‌عقیل و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین از میان اراضی آبی موجود در استان ۲۸ درصد از طریق آب‌های سطحی و ۷۲ درصد از طریق آب‌های زیرزمینی آبیاری می‌شوند. سابقه کاشت درختان تند رشد و مناسب تولید چوب اگرچه در گلستان به‌دهه ۴۰ شمسی بر می‌گردد و در آن دوره در قالب قطعات ۱۰ هکتاری و در مناطق جلگه‌ای شمال استان زراعت چوب اجرا شد، اما پس از پیروزی انقلاب اسلامی و در چند دهه گذشته با استقرار صنایع چوب در استان‌های شمالی کم و بیش این زراعت مورد توجه برخی کشاورزان و علاقمندان و نیز واحدهای تولیدی مرتبط با صنایع چوب قرار گرفت. عدم برآورد توان استان برای کاشت صنوبر با توجه به ویژگی‌ها و عوامل بوم‌شناختی منطقه، باعث تخریب محیط زیست و منابع طبیعی، استفاده نادرست از اراضی کشاورزی، کاهش سفره آب زیرزمینی و در نهایت ناپایداری بوم‌نظام‌های کشاورزی در این استان می‌شود.

با توجه به اهمیت محصول استراتژیک چوب، شناسایی مناطق مساعد برای کاشت صنوبر بر اساس داده‌های اقلیمی و محیطی سبب افزایش عملکرد آن خواهد شد. هدف از این مطالعه، شناخت عوامل محیطی مؤثر در کشت صنوبر در استان گلستان و تعیین شاخص‌های مناسب برای پهنه‌بندی عرصه‌های مستعد کشت صنوبر با روش تحلیل سلسله مراتبی و بر اساس نظرات متخصصین و کارشناسان منابع طبیعی کشور و با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به‌منظور تحلیل مکانی است. این پژوهش در مناطق غیرجنگلی استان انجام شده است که نتایج آن به مدیران زراعت چوب برای شناخت بهتر عرصه‌های دارای پتانسیل مناسب برای این امر کمک شایانی می‌کند.

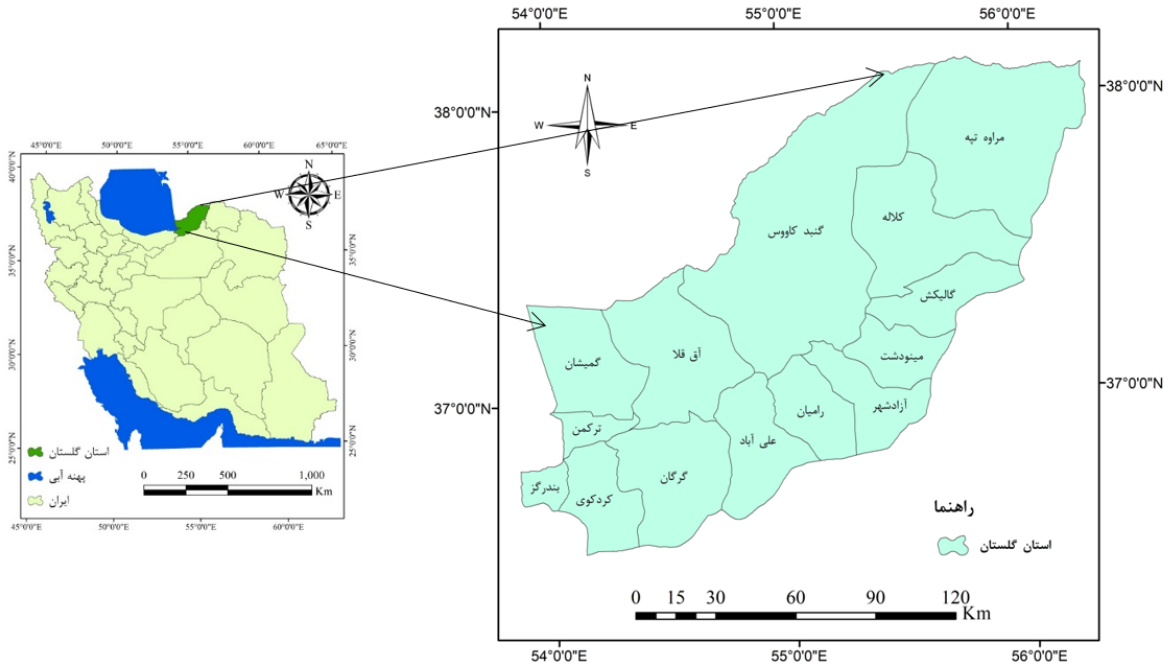
## روش پژوهش

### منطقه مورد مطالعه

استان گلستان یکی از استان‌های شمالی کشور با مساحت ۲۰۴۳۷/۷۵ کیلومترمربع است که تشکیل‌دهنده ۱/۳ درصد مساحت کل کشور و ۱۱/۷ درصد از مساحت حوضه آبریز دریای خزر می‌باشد. این استان در ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار قرار گرفته است (بذرافشان دریاسری و همکاران، ۱۳۹۴). براساس آخرین تقسیمات کشوری، این استان ۱۴ شهرستان، ۳۳ شهر، ۲۷ بخش، ۶۰ دهستان و ۱۰۴۹ آبادی دارد. استان گلستان به روش سیستم دمارتن به ۵ پهنه آب‌وهوایی که عبارتند از اقلیم نیمه‌خشک، مدیترانه ای، نیمه‌مرطوب، مرطوب و بسیار مرطوب، تقسیم شده است. به‌طورکلی بیشترین پهنه استان، در طبقه اقلیمی نیمه خشک قرار دارد. میزان بارندگی سالانه در مناطق مختلف استان بین ۱۹۲ تا ۹۶۲ میلی‌متر در نوسان می‌باشد و میانگین آن در سطح استان ۵۳۰ میلی‌متر است. میانگین رطوبت نسبی سالانه در گرگان ۷۱ درصد برآورد شده است (کفایتی و همکاران، ۱۴۰۰). از ۱۳ اقلیم شناخته‌شده در سطح جهان، هشت اقلیم معتدل مرطوب، معتدل مدیترانه‌ای، معتدل خشک، معتدل کوهستانی، سرد کوهستانی، خشک سرد، نیمه‌خشک و خشک در استان گلستان وجود دارد. پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی ۲۴۸۵ میلیون مترمکعب است، محدوده ارتفاعی آن بین صفر تا ۳۹۴۵ متر از سطح دریای آزاد در نوسان است (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۲).

استان گلستان دارای بیش از ۷۱۳ هزار هکتار (حدود ۳۵ درصد مساحت استان) اراضی کشاورزی است که از این میزان، ۶۸۲۹۵۵ هکتار به کشت محصولات زراعی با احتساب کشت دوم و ۳۰۱۷۳ هکتار به کشت محصولات باغی اختصاص یافته است. میزان ۱۹۳۷۷/۳۹ هکتار جنگل‌کاری نیز در شرق استان گلستان انجام شده که در این میان شهرستان مراوه‌تپه با بیش از

۹۲۵۶ هکتار، بیشترین میزان جنگل‌کاری را با گونه‌های سرو نقره‌ای، سرو زربین و کاج بروسیا به خود اختصاص داده است (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۲). وجود عرصه‌های وسیع و حاصلخیز مناسب رویش صنوبر، شرایطی را به وجود آورده است که بخش‌هایی از اراضی مستعد استان به کشت و توسعه صنوبرکاری اختصاص یابد. نقشه موقعیت شهرستان‌های استان گلستان در شکل ۱ نشان داده شده است.




**شکل ۱. نقشه موقعیت شهرستان‌های استان گلستان در سطح کشور و استان**

**Fig. 1. Location map of the counties of Golestan Province at the level of the country and province**

## روش اجرایی پژوهش

مراحل اجرایی پژوهش پیش‌رو به شرح زیر است:

### تشکیل تیم کاری و آموزش

به‌عنوان اولین گام، تیم کارشناسی تشکیل و همکاران از ادارات منابع طبیعی، جهاد کشاورزی، سازمان نظام مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، معاونت ترویج و کارشناسان پهنه و شوراها و دهیاری‌های روستاها انتخاب شدند. به همکاران در خصوص معرفی صنوبرها و نحوه تشخیص آنها، نحوه پرکردن فرم اطلاعات توصیفی و مختصات جغرافیایی منطقه و چگونگی درج اطلاعات در کنار نقشه‌ها به‌صورت رقومی آموزش داده شد. آموزش صحرائی نیز به موازات آموزش‌های تئوریک برگزار گردید.

### اقدامات مربوط به مرحله شناخت عرصه در استان

با مراجعه به اداره کل منابع طبیعی و سازمان جهاد کشاورزی استان و شورا و دهیاری هر روستا نسبت به شناخت صنوبرکاران اقدام و با مراجعه به آنها برای دریافت اطلاعات و پرکردن فرم اطلاعات منطقه اقدام شد. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای گوگل نسبت به تهیه نقشه اقدام شد. برای برخی نقاط از عکس‌های هوایی ارتو شده سازمان نقشه‌برداری استفاده شد.

## تهیه نقشه‌های اراضی غیرجنگلی و اراضی کشاورزی و باغی استان

از آنجایی که زراعت چوب در اراضی مستثنیات خصوصی است و امکان برداشت و فروش توسط مردم انجام می‌گیرد ولیکن در عرصه‌های جنگلی ملی است و به راحتی امکان فروش چوب نیست و مشکلات قاچاق چوب سایر گونه‌های جنگلی نیز وجود دارد بنابراین پتانسیل زراعت چوب در اراضی غیرجنگلی مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، با در دست داشتن نقشه اراضی جنگلی استان گلستان، سایر مناطق از این نقشه جدا شده و نقشه نهایی به عنوان نقشه اراضی غیرجنگلی استان مورد استفاده قرار گرفت.

## شناسایی نیازهای اکولوژیکی صنوبر و تعیین شاخص‌های مؤثر در شناسایی مناطق مستعد زراعت چوب صنوبر

در این مطالعه نیازهای اکولوژیک گونه صنوبر اورامریکن با استفاده از بازدیدهای صحرایی، نظر متخصصان، مقالات علمی، منابع کتابخانه‌ای، دانش بومی و وضعیت موجود مطابق جدول ۱ مشخص شد.

**جدول ۱. نیازها و محدودیت‌های اکولوژیکی صنوبر اورامریکن در استان‌های شمالی کشور**

**Table 1. Ecological needs and limitations of *Populus euramericana* in the northern provinces of the country**

| شاخص‌های اصلی | شاخص‌های فرعی | مقیاس | قابلیت خوب (S1) | قابلیت متوسط (S2) | قابلیت ضعیف (S3) |
|---|---|---|---|---|---|
| اقلیم | میانگین دمای سالانه | درجه سانتی‌گراد | ۱۸–۲۰ | ۱۶–۱۸ | ۱۴–۱۶ |
| | میانگین بیشینه دمای سالانه | | ۲۴–۲۶ | ۲۷–۲۸ | ۲۹–۳۲ |
| | میانگین کمینه دمای سالانه | | ۶–۸ | ۳–۵ | ۱–۲ |
| | میانگین بارندگی سالانه | میلی‌متر | بیش از ۱۰۰۰ | ۷۰۰–۱۰۰۰ | ۵۰۰–۷۰۰ |
| | میانگین بارندگی در فصل رشد | | بیش از ۴۰۰ | ۳۰۰–۴۰۰ | ۲۰۰–۳۰۰ |
| | متوسط رطوبت نسبی | درصد | بیش از ۷۰ درصد | ۵۰ تا ۷۰ درصد | کمتر از ۵۰ درصد |
| خاک | هدایت الکتریکی (Ec) | دسی‌زیمنس بر متر | کمتر از یک | ۱–۳ | ۴–۵ |
| | اسیدیته خاک (pH) | | ۶/۵ تا ۷/۵ | ۷/۵ تا ۸/۳ | کمتر از ۶ و بیشتر از ۸/۳ |
| | بافت خاک | | شنی– لومی، لومی رسی، شنی رسی و لومی | رسی لومی و رسی شنی | رسی |
| | زهکشی خاک | | خوب | متوسط | کم |
| منابع آبی | فاصله از رودخانه | متر | ۲۵–۵۰ | ۵۰–۱۰۰ | بیشتر از ۱۰۰ |
| فیزیوگرافی | ارتفاع از سطح دریا | متر | کمتر از ۱۰۰۰ | ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ | ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ |
| | شیب | درصد | کمتر از ۵ | ۵ تا ۱۰ | ۱۰–۱۵ |
| | جهت شیب | شمال، جنوبی، غربی یا شرقی و غیره | جنوب و جنوب غربی | | |

## تهیه نقشه‌های شاخص‌های مؤثر

- اطلاعات شاخص‌های اکولوژیک موجود، از منابع مختلف جمع‌آوری و دسته‌بندی شدند.
- داده‌های اقلیمی بارش و دما مربوط به بازه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۲۰–۲۰۰۰) از ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران‌سنجی هواشناسی و ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو به تعداد ۷۸ ایستگاه با استفاده از روش کوکریجینگ[1]

1. Co-kriging

بازتولید شدند. براساس نیازهای اکولوژیک صنوبر (ایزبرندز[1] و ریچاردسون[2]، ۲۰۱۴)، بارندگی بیش از ۸۰۰ میلی‌متر به‌صورت پتانسیل دیم، بارندگی بین ۸۰۰–۶۰۰ میلی‌متر به‌صورت دیم به همراه آبیاری تکمیلی و کمتر از ۶۰۰ میلی‌متر به‌صورت آبیاری کامل در زمان رویش در نظر گرفته شد.

- داده‌های خاک از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه و سپس نقشه لایه خاک ترسیم شد.
- لایه وضعیت موجود صنوبرکاری‌ها به‌دست‌آمده از پروژه «بررسی و پراکنش و مساحی صنوبرکاری‌های کشور با استفاده از داده‌های ماهواره سنتینل ۲[3]» مربوط به سال ۱۳۹۷ (مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور) تهیه شد.
- تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی لندست مربوط به سال ۱۳۹۵ از سازمان نقشه‌برداری کشور با تفکیک ۱۰ متر و تصاویر گوگل‌ارث از ماهواره گوگل مربوط به سال ۲۰۱۹ دریافت شد. در برآورد اولیه با استفاده از این تصاویر، مناطقی که با توجه به تجربه و بازدیدهای میدانی مناسب کشت صنوبر تشخیص داده شدند، تعیین، روی تصویر علامت‌گذاری و پس از مراجعه به محل در مرحله واسنجی اطلاعات استفاده شدند.
- تهیه لایه توپوگرافی ازجمله ارتفاع با مقیاس ۲۰۰۰ متر از سازمان نقشه‌برداری کشور که از روی آن لایه مدل رقومی ارتفاعی[4] ساخته شد و براساس آن نقشه‌های شیب و جهت شیب برای منطقه موردنظر به دست آمد.
- نقشه نهایی پتانسیل‌یابی در دو کلاس مناسب و نامناسب با همپوشانی لایه‌های مختلف اطلاعاتی در نرم‌افزار ArcGIS تولید شد.
- کلیه اطلاعات تهیه‌شده در قالب نقشه و اطلاعات توصیفی است. خروجی اطلاعات نقشه‌ها که به‌صورت جدول است، به نرم‌افزار اکسل وارد شد. در پایان یک بانک اطلاعاتی شامل نقشه و اطلاعات توصیفی ایجاد شد.
- لایه‌های رقومی یا نقشه‌های موردنیاز همه شاخص‌ها تهیه و به نرم‌افزار ArcGIS منتقل شدند. ازآنجایی‌که تأثیر هر یک از این عوامل در تعیین مناطق مستعد زراعت چوب یکسان نیست، بنابراین، قبل از تلفیق این لایه‌ها، درجه اهمیت یا وزن هر یک از این عوامل در زراعت چوب صنوبر، با روش AHP تعیین شد و تلفیق وزنی آنها در GIS انجام شد.
- نقشه‌های همه شاخص‌های مؤثر شامل نقشه‌های اقلیمی (شامل میانگین بارندگی سالانه، میانگین بارندگی در فصل رشد، میانگین دمای سالانه، میانگین کمینه دمای سالانه، میانگین بیشینه دمای سالانه و رطوبت نسبی)، نقشه‌های خاک‌شناسی (شامل بافت، pH، شوری خاک)، نقشه های فیزیوگرافی (ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت شیب) و نقشه منابع آبی (شامل فاصله از رودخانه) در سیستم اطلاعات مکانی تهیه شدند.

## تعیین وزن یا اهمیت شاخص‌ها با روش تحلیل سلسله مراتبی

در این پژوهش از روش تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن یا اهمیت شاخص‌های موثر در زراعت چوب صنوبر استفاده شد.

- تعداد ۳۰ پرسشنامه توسط صنوبرکاران، بهره‌برداران و متخصصان زراعت چوب در بخش تحقیقات و اجرا تکمیل شد و سپس یک پرسشنامه میانگین (ماتریس مقایسه زوجی) برای هر یک از مقایسه‌های زوجی زیرشاخص‌ها (در مجموع ۴ پرسشنامه) به‌دست‌آمد. این پرسشنامه‌ها به عنوان ماتریس‌های مقایسه زوجی در نرم‌افزار اکسپرت چویس[5] تحلیل شدند. سپس اهمیت یا وزن شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مؤثر در زراعت چوب صنوبر (با عنوان وزن برون‌لایه‌ای برای هر لایه

1. Isebrands
2. Richardson
3. Sentinel-2
4. DEM
5. Expert Choice

اکولوژیکی) با روش تحلیل سلسله مراتبی تعیین شد (ساعتی[1]، ۱۹۸۰).

- شاخص‌های مؤثر در زراعت چوب گونه صنوبر به روش خطی، استانداردسازی و بی‌مقیاس‌سازی شدند.
- میانگین ارزش لاندا (λmax) که بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی است مطابق رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\lambda max = \frac{\lambda max1 + \lambda max2 + \cdots + \lambda maxn}{n}$$ رابطه ۱)

- شاخص سازگاری (Consistency Index; CI) برای هریک از ماتریس‌های مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی و زیرشاخص‌های هر شاخص، برای اطمینان از انسجام قضاوت‌ها در مقایسه زوجی، طبق رابطه ۲ محاسبه شد.

$$CI = (\lambda max - n)/(n - 1)$$ رابطه ۲)

در این رابطه؛ n بعد ماتریس مقایسه زوجی و λmax بزرگترین مقدار ویژه ماتریس مقایسه زوجی است.

- همچنین نسبت سازگاری (Consistency Ratio; CR) برای هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی و زیرشاخص‌های مؤثر از رابطه ۳ به‌دست آمد.

$$CR = CI/RI$$ رابطه ۳)

در این رابطه؛ RI شاخص تصادفی (Random Index)، یک ماتریس با مقادیر تصادفی است. مقادیر RI برای هر یک از ماتریس‌های مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی و زیرشاخص‌های مؤثر در این پژوهش از منبع قدسی‌پور (۱۳۹۰) استخراج شد.

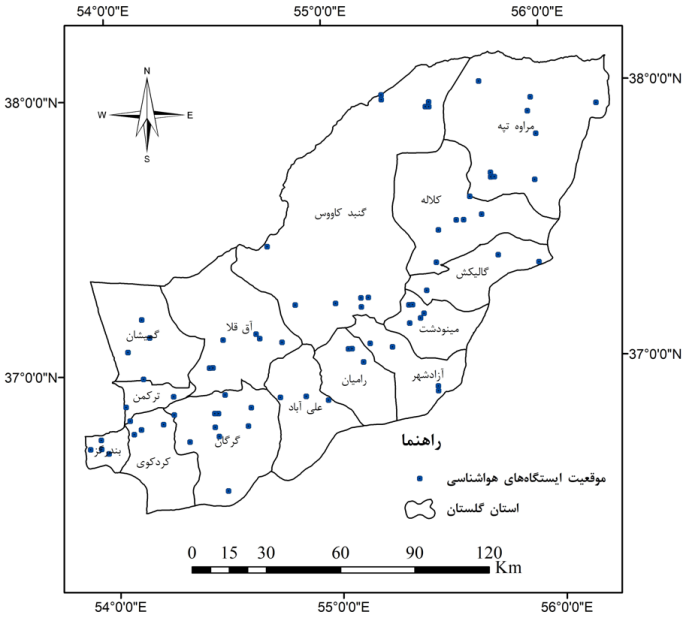
## ادغام لایه‌های شاخص‌های ورودی و تهیه نقشه پتانسیل زراعت چوب صنوبر در استان گلستان

- همه نقشه‌ها با یکدیگر تلفیق وزنی داده شدند و وزن‌های استاندارد آنها در جداول اطلاعاتی در محیط ArcGIS اضافه شد و مناطق با پتانسیل مناسب و نامناسب برای زراعت گونه اورامریکن طبقه‌بندی و اولویت‌بندی شدند.
- نقشه نهایی براساس قابلیت‌های پرس‌وجوی مکانی (Query) و مدل بولین MapCalculator ترسیم و از روش کریجینگ برای میان‌یابی نقاط در نرم‌افزار استفاده شد. برای درون‌یابی از سه روش Kriging، Co-Kriging و IDW استفاده شد که به‌دلیل ضریب ناسازگاری کمتر روش کریجینگ و ضریب اطمینان بالای کاربرد آن، این روش برای میان‌یابی انتخاب شد.
- در پایان با بازدیدهای متعدد میدانی، میزان دقت و صحت نتایج به‌دست‌آمده ارزیابی شد.

## تهیه لایه اطلاعاتی ایستگاه‌های هواشناسی

لایه‌های اطلاعاتی بیست ساله میانگین بارندگی و دمای سالیانه از تعداد ۷۸ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک و کلیماتولوژی تهیه شد که در شکل ۲ نشان داده شده است.

1. Saaty




**شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی و وزارت نیرو**

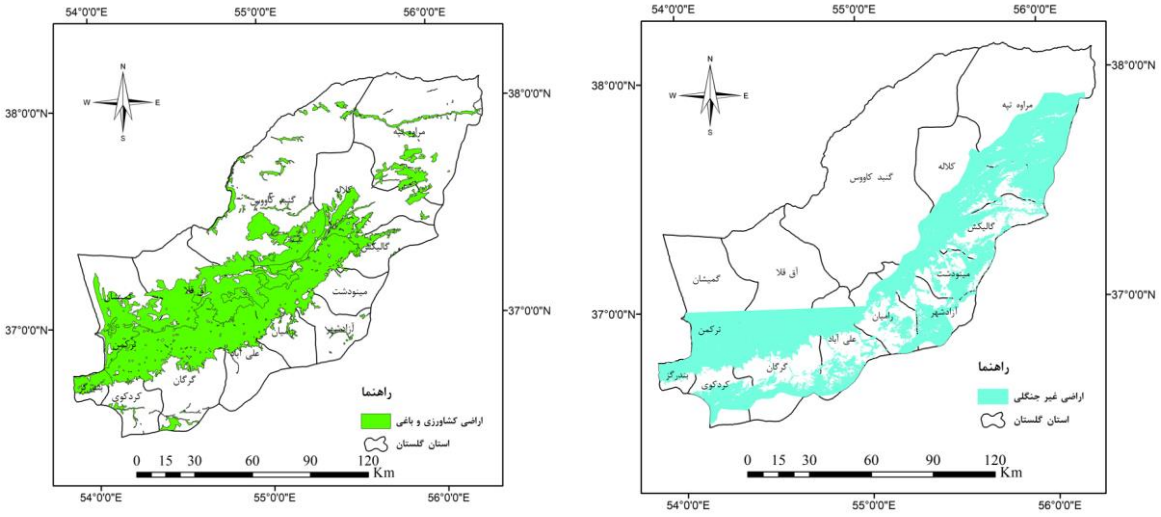
**Fig. 2. Location of meteorological stations and the Ministry of Energy**

## نتایج و بحث

### نقشه‌های شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مؤثر در کشت صنوبر

### تهیه نقشه اراضی غیرجنگلی و اراضی کشاورزی و باغی

ابتدا نقشه اراضی جنگلی که در پروژه «پهنه‌بندی محدوده جنگل‌های هیرکانی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای» مصوب مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به شمارهٔ ثبت ۵۱۴۴۴ به‌دست آمده بود، تهیه شد (امین املشی و میرآخورلو، ۱۳۹۸). سپس اراضی جنگلی از سطح استان کم شد و نقشه اراضی غیرجنگلی استان به دست آمد که مساحت آن ۵۶۴۳۷۸/۸۹ هکتار است (شکل ۳). سطح اراضی کشاورزی و باغی نیز ۶۱۸۳۲۳/۷۹ هکتار به‌دست آمد.



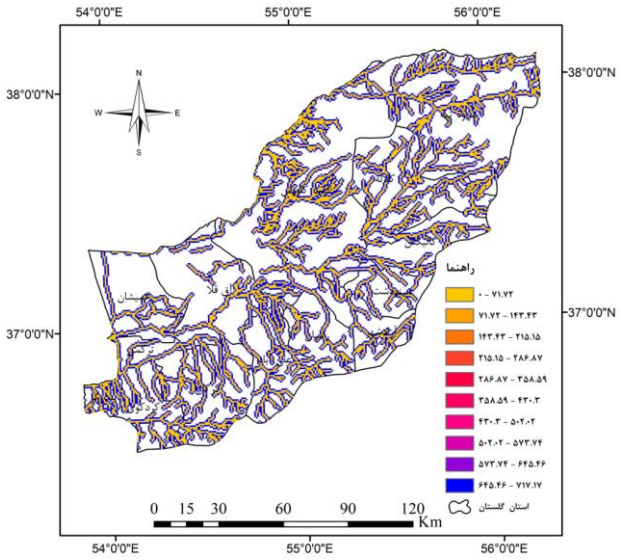

**شکل ۳. تهیه نقشه اراضی غیرجنگلی (راست) و اراضی کشاورزی و باغی (چپ)**

**Fig. 3. Preparation of a map of non-forest lands (right) and agricultural and garden lands (left)**

## تهیه لایه‌های اولیه

### تهیه نقشه فاصله از رودخانه

نقشه فاصله از رودخانه در ۱۰ طبقه در شکل ۴ ارائه شده است. طول کل رودخانه‌های استان ۲۷۰۰ کیلومتر است که شامل تعداد ۴۴ سرشاخه اصلی می‌باشد که در ۵ حوضه آبریز استان جریان دارند. حوضه‌های آبریز استان شامل حوضه‌های آبریز اترک سفلی، گرگانرود، قره‌سو، شرق خلیج گرگان و نکارود علیا است. با افزایش فاصله از حاشیه رودخانه، میزان تراکم و تولید چوب کاهش می‌یابد که هر چه از رودخانه فاصله بگیریم برای صنوبرکاری نیاز به آبیاری در فصل رشد است و با دور شدن از آن پتانسیل صنوبرکاری کاهش می‌یابد (اوتل[1] و همکاران، ۲۰۲۲).




**شکل ٤. نقشه فاصله از رودخانه به طول ۱۰۰۰ متر**

**Fig. 4. Map of the distance from the river with a length of 1000 meters**

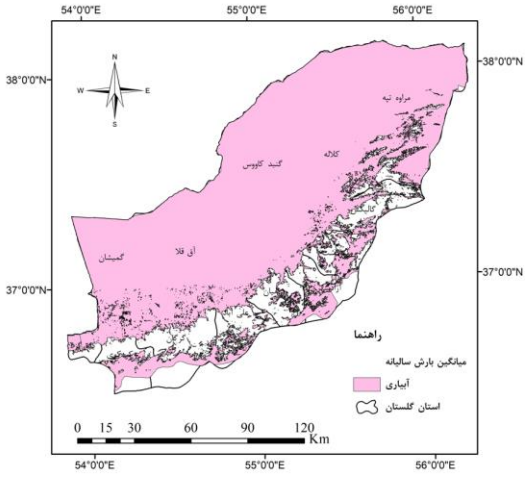
### تهیه نقشه میانگین بارش سالیانه

نقشه میانگین بارش سالیانه استان گلستان در شکل ۵ به صورت آبیاری آورده شده است که مساحت آن ۱۶۳۷۳۵۴ هکتار است. در بین توده‌های صنوبر مورد بررسی، توده‌های شهرستان گرگان با متوسط بارندگی سالانه معادل ۵۱۷/۳ میلی‌متر در خشک‌ترین ناحیه و توده‌های صنوبر شهرستان مینودشت با متوسط بارندگی سالانه معادل ۷۲۱/۹ میلی‌متر مرطوب‌ترین ناحیه استان قرار داشتند.

### تهیه نقشه بارش در فصل رشد (خرداد، تیر، مرداد و شهریور)

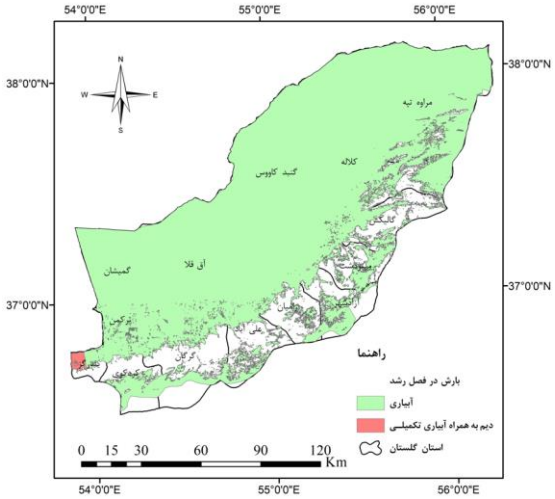
نقشه میانگین بارش در فصل رشد استان گلستان در شکل ۶ به دو صورت دیم به همراه آبیاری تکمیلی با مساحت ۵۳۴۳ هکتار در شهرستان بندر گز و آبیاری با مساحت ۱۶۳۶۱۳۶ هکتار آورده شده است.

1. Oettel




**شکل ۵. نقشه میانگین بارش سالیانه**

**Fig. 5. Map of the average annual precipitation**

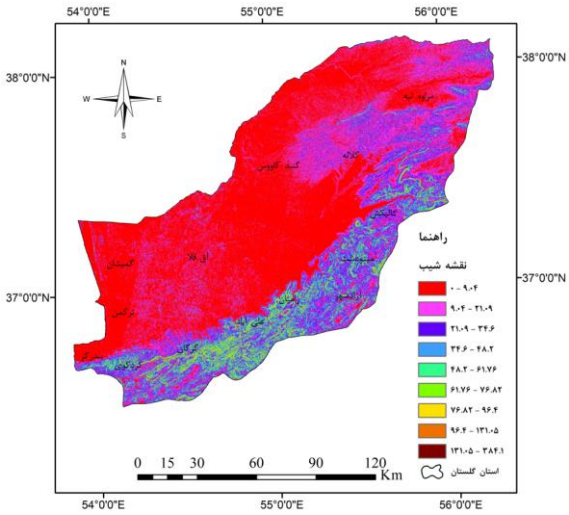


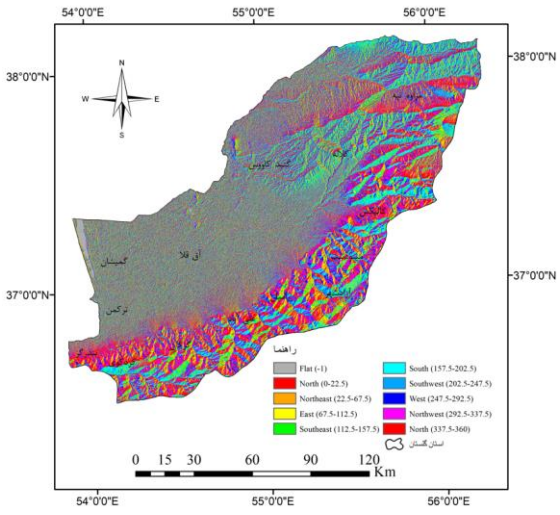

**شکل ٦. نقشه بارش در فصل رشد**

**Fig. 6. Map of precipitation in the growing season**

## تهیه نقشه شیب و جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا

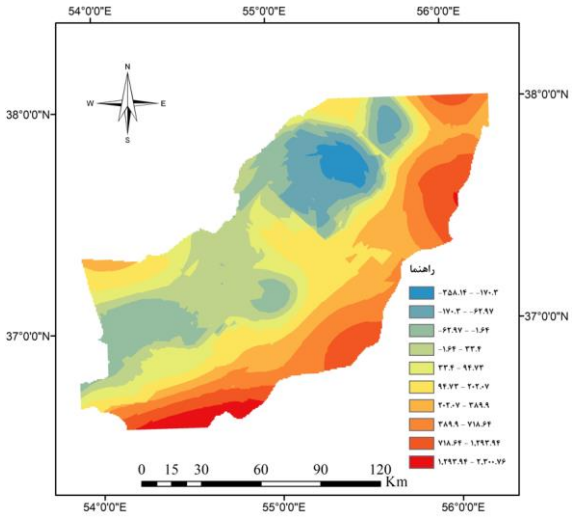
مدل رقومی ارتفاع (DEM) با دقت ۳۰ متر برای تهیه نقشه‌های شیب (درجه)، جهت شیب و ارتفاع از سطح دریا به‌کار گرفته شد. نقشه شیب در ۹ طبقه و جهت شیب در ۱۰ طبقه در شکل ۷ و نقشه ارتفاع از سطح دریا در ۱۰ طبقه در شکل ۸ ارائه شده است. بیشترین سطح استان (۱۰۷۴۲۶۹/۷۴ هکتار) شیب کمتر از ۱۰ درجه، جهت شیب شمال غربی (۳۱۸۵۷۵/۱۶ هکتار) و ارتفاع کمتر از ۵۰ متر از سطح دریا (۳۱۵۱۱۰/۱ متر) دارند.




**شکل ۷. نقشه‌های شیب (راست) و جهت شیب (چپ)**

**Fig 7. Maps of slope (right) and aspect (left)**

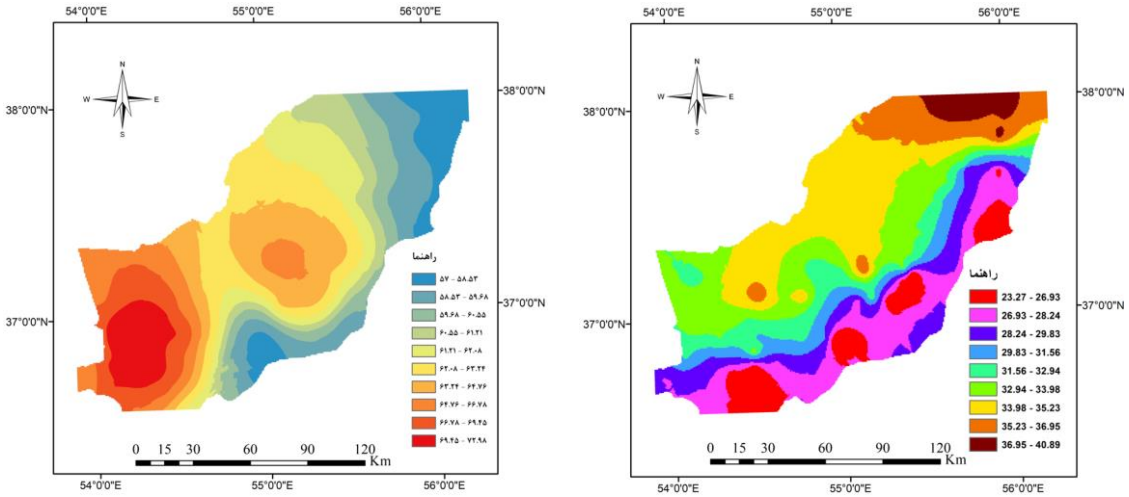



**شکل ۸. نقشه ارتفاع از سطح دریا**

**Fig. 8. Elevation map**

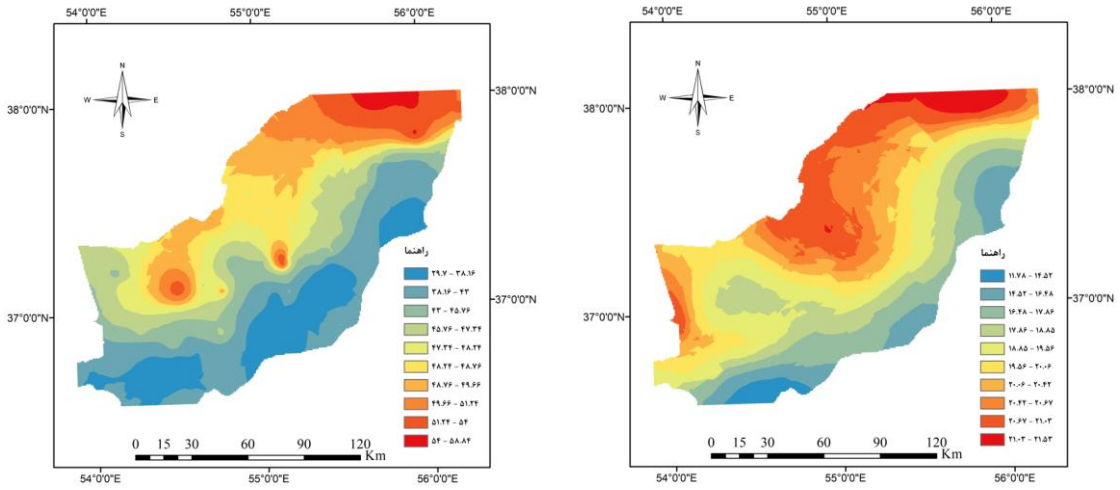
## تهیه نقشه دمای سالیانه و رطوبت نسبی

نقشه میانگین دمای سالیانه و رطوبت نسبی در شکل ۹ و دمای کمینه و بیشینه سالیانه در شکل ۱۰ ارائه شده است. شهرستان‌های مراوه تپه، کلاله، گنبدکاووس، آق قلا، گمیشان و بندر ترکمن میانگین دمای بیشتری را نسبت به سایر شهرستان‌های استان نشان می‌دهند. همچنین بیشترین مقدار رطوبت نسبی در شهرستان‌های گرگان، کردکوی و بندر گز است که این خود به علت نزدیکی به منبع رطوبتی دریای خزر است. اما در شهرستان‌های دیگر روند تغییر رطوبت نسبی بیشتر تابع کاهش دما در فصول مختلف سال می‌باشد که با افزایش و کاهش در میزان دما، روند رطوبت نسبی کاهش یا افزایش می‌یابد. بیشترین سطح استان دارای میانگین دما در محدوده ۳۳/۹۸ تا ۳۵/۲۳ سانتی‌متر (۴۴۳۶۰۶/۹۲ هکتار)، کمینه دما در محدوده ۲۱/۰۳ تا ۲۱/۵۳ سانتی‌متر (۳۶۹۸۱۲/۹۱ هکتار)، بیشینه دما در محدوده ۴۸/۷۶ تا ۴۹/۶۶ سانتی‌متر (۳۲۲۱۴۸/۱۴ هکتار) و رطوبت نسبی در بازه ۶۲/۰۸ تا ۶۳/۲۴ درصد (۳۱۱۵۷۰/۰۱ هکتار) می‌باشد.




**شکل ۹. نقشه میانگین دمای سالیانه (راست) و رطوبت نسبی (چپ)**

**Fig. 9. Map of average annual temperature (right) and relative humidity (left)**




**شکل ۱۰. نقشه دمای کمینه سالیانه (راست) و دمای بیشینه سالیانه (چپ)**

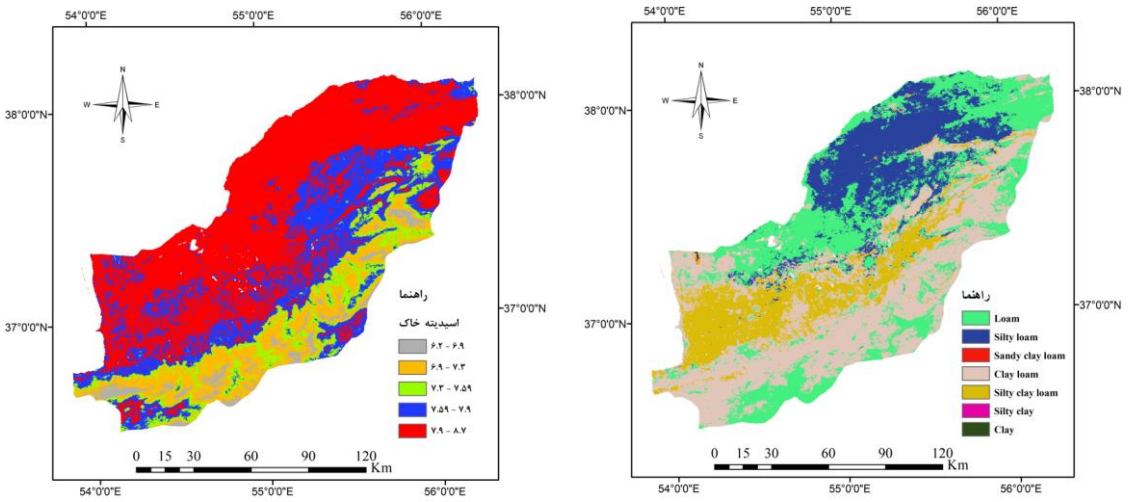
**Figure 10. Map of minimum annual temperature (right) and maximum annual temperature (left)**

دما از عناصر اصلی اقلیم هر ناحیه جغرافیایی است که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله عرض جغرافیایی، زاویه تابش، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریاها و غیره می باشد. توده‌های صنوبر شهرستان گالیکش با متوسط دمای حداقل معادل ۱۲/۳ درجه سانتی‌گراد در حوزه با کمترین دمای کمینه و توده‌های صنوبر شهرستان بندرگز با دمای متوسط حداقل ۱۴ درجه سانتی‌گراد بیشترین دمای کمینه را داشته همچنین شهرستان مینودشت با متوسط دمای حداکثر معادل ۲۴/۹ درجه سانتی‌گراد در حوزه بیشترین دمای بیشینه و گرگان با ۲۳ درجه سانتی‌گراد متوسط کمترین دمای بیشینه را داشته است. از نظر میانگین متوسط دما یا دمای بهینه هم توده‌های صنوبر علی آباد، آزادشهر و مینودشت با متوسط دمای بهینه معادل ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد در حوزه کمترین دمای بهینه و توده‌های صنوبر شهرستان مینودشت با متوسط دمای بهینه معادل ۱۹/۸ درجه سانتی‌گراد در حوزه بیشترین دمای بهینه را به خود اختصاص داده است. از نظر رطوبت نسبی، کمترین میزان مربوط به گالیکش با میانگین ۵۷/۵ و بیشترین میزان رطوبت نسبی مربوط به بندرگز با ۷۲/۵ درصد بوده است که به‌علت نزدیکی به دریا می‌باشد.

مقدار رطوبت نسبی تابع میزان دماست که با افزایش مقدار این پارامتر در طول سال کاهش و با کاهش دما بر اثر بارش یا عواملی دیگر افزایش می‌یابد. از آنجا که هرچه از غرب استان به طرف شرق استان پیش برویم روند بارش نامنظم‌تر می‌شود، در روند رطوبت نسبی نیز بی‌نظمی‌هایی دیده می‌شود. شرق استان گلستان به لحاظ اقلیمی جزو مناطق نیمه مرطوب کشور می‌باشد و یکنواختی که در بارش غرب استان وجود دارد در این منطقه وجود ندارد که این خود به علت فاصله گرفتن از منبع رطوبتی دریای خزر ایجاد می‌شود. هر چند نمی‌توان افزایش و کاهش در میزان رطوبت نسبی را تنها به کاهش یا افزایش در میزان دما مرتبط کرد. در رابطه با روند دما در استان می‌توان گفت که دمای میانگین نیز تابعی از دمای حداکثر و دمای حداقل است.

## تهیه نقشه بافت خاک و اسیدیته خاک

بافت خاک در ۷ طبقه و اسیدیته خاک در ۵ طبقه در شکل ۱۱ ارائه شده است. لایه لومی–رسی بیشترین سطح بافت خاک (۷۶۲۲۹۵/۷۶ هکتار) و لایه لومی–رسی–شنی کمترین سطح بافت خاک (۱۳/۰۲ هکتار) استان را تشکیل می‌دهند. اسیدیته در بازه ۷/۹ تا ۸/۷ بیشترین سطح اسیدیته خاک (۱۰۳۸۱۶۸ /۰۷ هکتار) و اسیدیته در بازه ۶/۲ تا ۶/۹ کمترین سطح اسیدیته خاک (۶۵۱۳۸/۸۷ هکتار) استان را دارند.




**شکل ۱۱. نقشه بافت خاک (راست) و اسیدیته خاک (چپ)**

**Fig. 11. Map of soil texture (right) and soil acidity (left)**

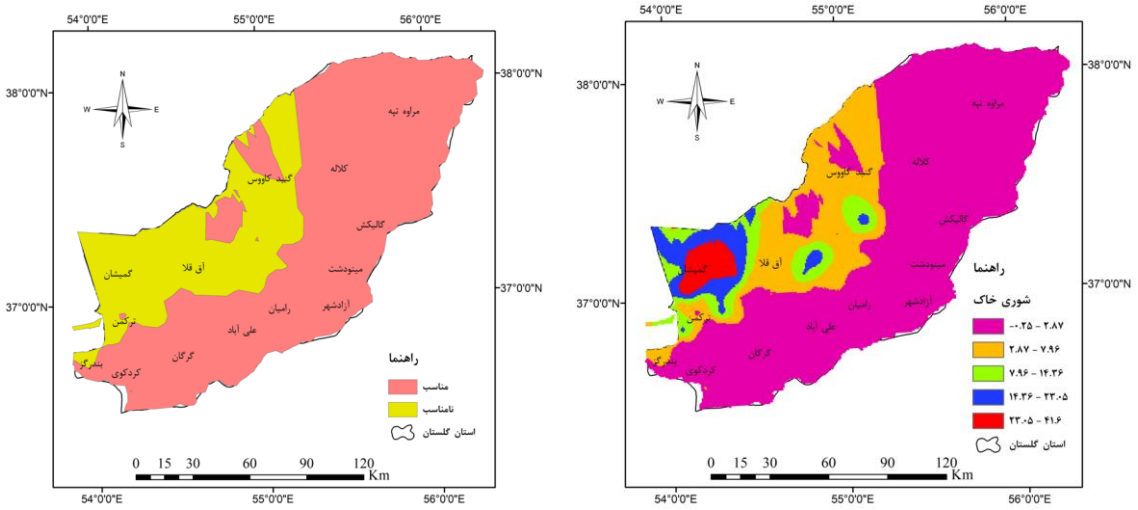
طبق بررسی‌های محققین در استان گلستان حدود ۳۰ درصد از ۲۴۰۰۰۰ هکتار خاک‌های دشت رسوبی گرگانرود و اترک با محدودیت‌هایی نظیر بالا بودن سطح آب زیرزمینی، شوری متوسط تا زیاد و سنگین بودن بافت خاک روبرو هستند (قانعی‌مطلق و همکاران، ۱۳۸۷). تأثیر بافت خاک از نظر تأمین مواد غذایی و زهکشی بر صنوبرکاری اهمیت دارد. مقدار رس به عنوان یکی از سه جزء تشکیل‌دهنده بافت خاک در تأمین حاصلخیزی خاک اهمیت دارد ولی بافت‌های سنگین که دارای رس زیاد هستند در صورت مرطوب بودن، زهکشی ناقصی دارند و مناسب‌ترین بافت خاک برای صنوبرکاری، بافت سبک تا متوسط است. بافت‌های بسیار سنگین رسی و رسی سیلتی که بیش از ۶۰ درصد رس دارند به‌دلیل ایجاد شرایط ضعیف زهکشی و نبود تهویه مناسب نیستند (دیمیتریو[1] و مولا یودگو[2]، ۲۰۱۷) که این امر روی ارزش وزنی بافت خاک در صنوبرکاری تأثیر گذاشته است.

## تهیه نقشه شوری خاک

شوری خاک در ۵ طبقه در شکل ۱۲ ارائه شده است که بیشترین سطح آن مربوط به شوری تا ۲/۸۷ دسی‌زیمنس بر متر (۱۳۸۲۰۵۱/۷۹ هکتار) است. به‌ترتیب خاک در سطح ۱۴۴۳۰۴۴/۵۷ هکتار دارای پتانسیل و در سطح ۵۹۷۰۹۵/۵۶ هکتار فاقد پتانسیل برای صنوبرکاری از لحاظ شوری است. نقشه‌های تحقیق نشان می‌دهد که در منطقه شمال گلستان عمده عامل محدود کننده شوری خاک و میزان کم بارش است. مقدار هدایت الکتریکی بر اساس تعریف ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری ایالات متحده برای خاک های شور، حداکثر ۲ دسی زیمنس بر متر در نظر گرفته شده است، ولی در کشور مقدار کمتر از ۴ دسی زیمنس بر متر جزو خاک های بدون محدودیت شوری است. با افزایش هدایت الکتریکی از ۲ دسی زیمنس بر متر، مقدار تولید صنوبر کاهش می یابد و در بیشتر از ۵ دسی زیمنس بر متر، صنوبرها دچار محدودیت رشد می شوند و فقط کلن‌های مقاوم به شوری، توانایی رشد دارند (جعفری مفیدآبادی، ۱۳۹۴). بیشترین میزان شوری خاک در مناطق شمالی استان در شهرستان‌های آق‌قلا، گنبد کاووس و بندرترکمن مشاهده می‌شود که علت آن می‌تواند رسوبگذاری دریای خزر، سیلاب‌های فصلی، تبخیر بیش از اندازه از سفره‌های زیرزمینی شور و کم عمق، شیب کم، بافت سنگین، وزش باد، پساب کارخانه‌ها و فاضلاب شهری و مدیریت نامناسب زراعی می‌باشد (نصراللهی و همکاران، ۱۳۹۴). در این راستا، اداره کل منابع طبیعی در آق‌قلا تعدادی از پایه‌های صنوبر مفید را کشت نموده است که در ۴ سالگی از رشد چشمگیری برخوردار بوده و شوری خاک را به‌خوبی تحمل کرده است. شوری خاک در اراضی شمالی دشت آق‌قلا به‌دلیل عمیق‌تر بودن آب زیرزمینی نسبت به اراضی جنوبی آن کمتر است. با توجه به سطوح

1. Dimitriou
2. Mola-Yudego

قابل توجه اراضی در مناطق نیمه خشک استان گلستان، بررسی استقرار ارقام سازگار با این مناطق در نظر گرفته شود و نیز مدیریت آبیاری و استفاده از آب‌های نامتعارف در استقرار و تولید صنوبر از برنامه‌های مورد نیاز این استان می‌باشد.

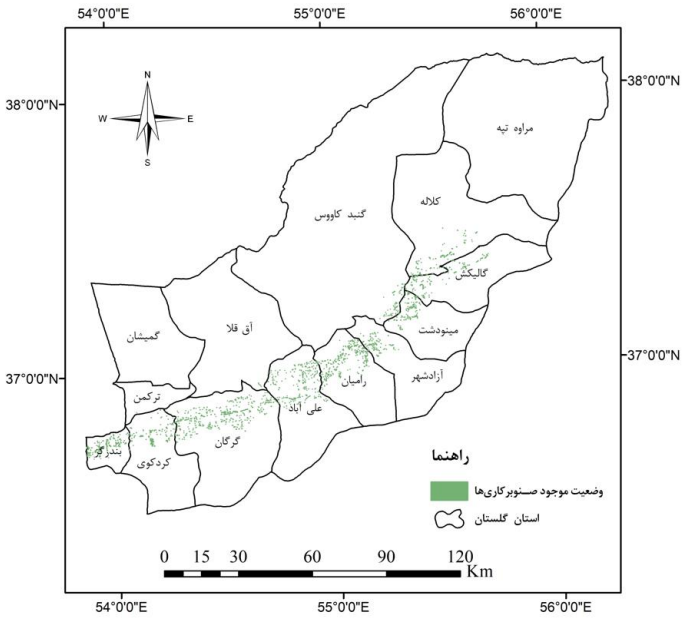



**شکل ۱۲. نقشه شوری خاک (راست) و استعداد خاک برای صنوبرکاری از لحاظ شوری (چپ)**

**Fig. 12. Map of soil salinity (right) and soil suitability for poplar plantation in terms of salinity (left)**

## تهیه نقشه وضعیت موجود صنوبرکاری‌ها

نقشه وضعیت موجود صنوبرکاری‌های استان در شکل ۱۳ ارائه شده است که مساحت آن به میزان ۸۴/۶۲ هکتار می‌باشد و بیشتر قطعات صنوبرکاری در شهرستان‌های بندر گز، گرگان، آزادشهر و علی آباد قرار دارد (میرآخورلو، ۱۳۹۸). بهترین راهنما برای توسعه یک محصول کشاورزی توجه به وضعیت در حال حاضر آن است. در حقیقت جایی‌که محصولی مانند صنوبر در حال حاضر مستقر است و به نوعی قطب تولید آن محسوب می‌گردد قابلیت مطالعه شرایط خاکی و آب را بیشتر از سایر مناطق به قصد توسعه دارا است.




**شکل ۱۳. نقشه وضعیت موجود صنوبرکاری‌های استان گلستان**

**Fig. 13. Map of the current status of poplar plantations in Golestan Province**

## آزمون سازگاری وزن شاخص‌ها بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

نتایج محاسبه نسبت سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی و زیر شاخص‌ها براساس روش تحلیل سلسله مراتبی در جدول ۲ آورده شده است. نتایج جدول مذکور نشان‌دهنده این است که نسبت سازگاری (CR) ماتریس‌های مقایسه زوجی از ۰۲۲ /۰ تا ۰/۰۵ است که مقادیر کمتر از ۰/۱ را به خود اختصاص داده‌اند که نشان‌دهنده سازگاری وزن شاخص‌ها است.

**جدول ۲. نسبت سازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی شاخص‌های اصلی و زیر شاخص‌ها براساس روش تحلیل سلسله مراتبی**

**Table 2. Consistency ratio of pairwise comparison matrices of main indices and sub-indices based on the analytic hierarchy process**

| شاخص | λmax | CI= (λmax − n)/(n − 1) | RI | CR= CI/RI |
|---|---|---|---|---|
| شاخص‌های اصلی | ۴/۰۵۸ | ۰/۰۱۹ | ۰/۹ | ۰/۰۲۲ |
| زیرشاخص‌های اقلیم | ۶/۲۰۶ | ۰/۰۴۱ | ۱/۲۴ | ۰/۰۳۳ |
| زیرشاخص‌های خاک‌شناسی | ۴/۰۸۱ | ۰/۰۲۷ | ۰/۹ | ۰/۰۳ |
| زیرشاخص‌های فیزیوگرافی | ۳/۰۵۹ | ۰/۰۲۹ | ۰/۵۸ | ۰/۰۵ |
| زیرشاخص‌های منابع آبی | – | – | – | – |

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌ها در روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که بیشترین وزن مربوط به شاخص اقلیمی با زیرشاخص میانگین بارندگی سالانه است. وزن و اهمیت شاخص‌های اقلیمی برابر با ۰/۴۲، خاک‌شناسی ۰/۲۵، فیزیوگرافی ۰/۲۲ و منابع آبی ۰/۱۱ به‌دست آمد (جدول ۳).

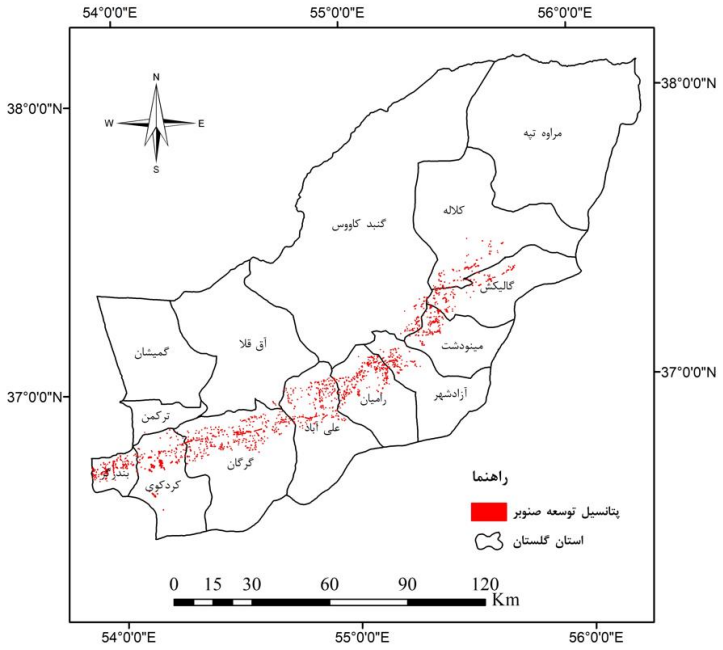
**جدول ۳- ارزش وزنی شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مربوط به عوامل تأثیرگذار بر پتانسیل توسعه صنوبر در استان گلستان**

**Table 3. Weighted values of indices and sub-indices related to factors affecting the potential of poplar development in Golestan Province**

| شاخص/ زیر شاخص | ارزش وزنی | شاخص/ زیر شاخص | ارزش وزنی | شاخص/ زیر شاخص | ارزش وزنی | شاخص/ زیر شاخص | ارزش وزنی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اقلیم | ۰/۴۲ | خاک‌شناسی | ۰/۲۵ | فیزیوگرافی | ۰/۲۲ | منابع آبی | ۰/۱۱ |
| میانگین بارندگی سالانه | ۰/۳۴ | بافت | ۰/۲۳ | ارتفاع از سطح دریا | ۰/۳۶ | فاصله از رودخانه | ۱ |
| میانگین بارندگی در فصل رشد | ۰/۲۸ | pH | ۰/۱۲ | شیب | ۰/۴۳ | | |
| میانگین دمای سالانه | ۰/۰۵ | شوری | ۰/۴۶ | جهت شیب | ۰/۲۱ | | |
| میانگین کمینه دمای سالانه | ۰/۰۸ | زهکشی خاک | ۰/۱۹ | | | | |
| میانگین بیشینه دمای سالانه | ۰/۱۴ | | | | | | |
| رطوبت نسبی | ۰/۱۱ | | | | | | |

## نقشه پتانسیل توسعه کشت صنوبر در استان گلستان

با تلفیق نقشه‌های اقلیمی، منابع آبی، خاکشناسی، فیزیوگرافی و وضعیت موجود صنوبرکاری‌ها، پتانسیل توسعه صنوبر استان به دست آمد. نتایج نشان داد که مجموع مناطق مناسب برای پتانسیل توسعه صنوبر در استان گلستان، ۲۳۳/۵۷ هکتار است که نقشه آن در شکل ۱۴ ارائه شده است. این میزان پتانسیل صنوبرکاری استان ۶۳/۶۱ درصد بیشتر از سطوح فعلی زراعت چوب استان است. براساس نقشه به دست آمده، بیشتر مناطق مستعد توسعه کشت صنوبر در نیمه جنوبی استان قرار گرفته‌اند.




**شکل ١٤. نقشه پتانسیل توسعه کشت صنوبر در استان گلستان**

**Figure 14. Map of the development potential of poplar farming in Golestan province**

مساحت کل پتانسیل توسعه کشت صنوبر بر حسب هکتار و به‌صورت آبیاری به تفکیک هر یک از شهرستان‌ها نیز در جدول ۴ ارائه شده است. براساس نتایج، بیشترین مساحت پتانسیل در شهرستان کردکوی و به‌صورت آبیاری وجود دارد. نوع آبیاری در شهرستان بندرگز به میزان ۶/۵۳ هکتار به‌صورت دیم به همراه آبیاری تکمیلی در فصل تابستان می‌باشد و در سایر شهرستان‌ها پتانسیل کشت صنوبر به‌صورت آبیاری است. با پتانسیل سنجی اراضی استان مشخص شد مساحت این اراضی قابل توسعه تا سطح ۲۳۳/۵۷ هکتار است. بیشتر قطعات صنوبرکاری استان به‌صورت نواری یا خطی در حاشیه باغ‌ها و نهرهای انتقال آب به مزارع کشت شده‌اند که علاوه بر تولید چوب نقش بادشکن و حصار باغ را به عهده دارند. در استان گلستان، درختان صنوبر در گستره از غرب استان به‌صورت نواری تا مرکز و تا حدودی به طرف شرق استان مورد کشت قرار گرفته و هرچه به طرف شرق استان پیش می‌رویم از مقدار آن کاسته می‌شود به‌طوری‌که منتهی‌الیه منطقه شرقی استان به شهرستان گالیکش می‌رسد. استان گلستان در پهنه‌بندی اقلیمی در دو اقلیم مرطوب (علی آباد کتول، گرگان، رامیان و بندر گز) و خشک (مراوه تپه، گنبد کاووس، کلاله، بندر ترکمن، مینو دشت و گمیشان و آزاد شهر) قرار دارد که پتانسیل صنوبرکاری در مناطق مرطوب آن با شرایط خاکی مناسب است.

**جدول ٤. مساحت کل و دیم پتانسیل توسعه کشت صنوبر بر حسب هکتار در هر یک از شهرستان‌های استان گلستان**

**Table 4. Total area and rainfed potential for poplar farming development in hectares for each of the counties in Golestan Province**

| شهرستان‌ها | مساحت کل پتانسیل (ha) | مساحت پتانسیل به‌صورت آبیاری (ha) | مساحت پتانسیل به‌صورت دیم به همراه آبیاری تکمیلی (ha) |
|---|---|---|---|
| کردکوی | ۱۵۰/۲۴ | ۱۵۰/۲۴ | ۰ |
| گرگان | ۲۳/۹۲ | ۲۳/۹۲ | ۰ |
| بندرگز | ۱۵/۵۱ | ۸/۹۸ | ۶/۵۳ |
| علی آباد | ۱۱/۹۱ | ۱۱/۹۱ | ۰ |
| رامیان | ۹/۷۹ | ۹/۷۹ | ۰ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| گالیکش | ۵/۶ | ۵/۶ | ۰ |
| مینودشت | ۵/۴۷ | ۵/۴۷ | ۰ |
| آزادشهر | ۴/۴۲ | ۴/۴۲ | ۰ |
| کلاله | ۴/۳۷ | ۴/۳۷ | ۰ |
| گنبد کاووس | ۲/۱۲ | ۲/۱۲ | ۰ |
| آق قلا | ۰/۱۹ | ۰/۱۹ | ۰ |
| ترکمن | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰ |
| گمیشان | ۰ | ۰ | ۰ |
| مراوه تپه | ۰ | ۰ | ۰ |
| مجموع | ۲۳۳/۵۷ | ۲۲۷/۰۳ | ۶/۵۳ |

## نتیجه‌گیری

برای زراعت چوب در مناطق با پتانسیل بالا و مستعد صنوبرکاری، باید شرایط آب‌وهوایی و خاک منطقه برای انتخاب و گزینش کلن‌های برتر بررسی شود. نتایج بررسی‌ها و مطالعات سازمان‌های اجرایی و بخش‌های تحقیقاتی کشور نشان می‌دهد سطوح فعلی زراعت چوب استان تنها حدود ۰/۳ درصد از اراضی مستعد و مناسب برای صنوبرکاری در کشور است و از تمام توان این مناطق برای تولید چوب به کار گرفته نشده است و در صورت برنامه‌ریزی صحیح، مدون و اتخاذ راهکارهای مناسب و علمی می‌توان با استفاده از این توانایی‌ها و قابلیت‌ها سطوح زراعت چوب استان را افزایش داد (میرآخورلو، ۱۳۹۸). استان گلستان با داشتن ۸۴/۶۲ هکتار صنوبرکاری مقام هجدهم را از نظر سطح در کشور به خود اختصاص داده است (میرآخورلو، ۱۳۹۸). میزان ۶۵ درصد مساحت استان را اقلیمی نیمه خشک تشکیل داده که نسبت به پدیده خشکسالی بسیار آسیب‌پذیر می‌باشد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۵). براساس نقشه اقلیمی استان، منطقه انتشار صنوبرها در استان در اقلیم مدیترانه‌ای معتدل و اقلیم مرطوب معتدل بوده و اساساً کشاورزان بیشتر در این ناحیه اقلیمی مبادرت به کاشت آن نموده‌اند. گونه اصلی کشت شده در این مناطق گونه صنوبر اورامریکن و پس از آن گونه صنوبر تبریزی می‌باشد. البته اخیراً گونه صنوبر مفید در بعضی نقاط به‌صورت تحقیقاتی وارد شده و مورد کشت قرار گرفته است و نتایج اولیه آن حکایت از شرایط خوب رشدی این گونه دارد.

در مجموع با توجه به شرایط اقلیمی با بارش نسبتاً مناسب و رطوبت نسبی خوب برای گونه صنوبر اورامریکن در بررسی‌های منطقه‌ای به نظر می‌رسد که این گونه شرایط رشدی مناسبی با شرایط اقلیمی استان گلستان دارد. با توجه به وجود گونه پده در فلور مناطق نیمه خشک استان که در بررسی‌های میدانی مشاهده گردیده است، به نظر می‌رسد برای توسعه صنوبرکاری‌ها در این مناطق استان از گونه صنوبر مفید و یا گونه پده می‌توان نسبت به توسعه این مناطق اقدام نمود. از میان گونه‌های صنوبر، هیبرید جدید صنوبر رقم مفید از تلاقی بین دو گونه صنوبر پده و کبوده به‌دلیل عملکرد بالا و مقاومت در برابر گرمای هوا و شوری، از آن در توسعه زراعت چوب به‌ویژه در مناطق لب شور و شور با دوره رشد طولانی استفاده می‌شود (جعفری مفیدآبادی و شهرزاد، ۱۳۹۴). توسعه زراعت چوب در استان گلستان عمدتاً در شهرستان‌های کردکوی، بندر گز، گرگان، آزادشهر و علی‌آباد می‌باشد. استان گلستان به دلیل شرایط متنوع اقلیمی، منابع خاک متفاوتی دارد، به‌طوری‌که از قسمت جنوبی استان به سمت شمال، مطابق با کاهش نزولات جوی، منابع خاک نیز ازنظر کیفی کاهش می‌یابد (کاظمی پشت مساری و همکاران، ۱۳۹۱). زمین‌های کشاورزی برخی بخش‌های شمالی و شرقی این استان به‌دلیل میزان بارش و پتانسیل منابع آبی پایین، شوری و دمای بالا جزو مناطق نامناسب برای کشت صنوبر تعیین شدند. در این راستا، شاخص اقلیم و زیرشاخص بارندگی نیز وزن بسیار بالایی در تعیین پتانسیل صنوبرکاری در استان گیلان داشتند که برای توسعه صنوبرکاری، آبیاری تکمیلی در فصل تابستان در مناطقی با بارندگی کم نیاز است (احمدلو و همکاران، ۱۴۰۲).

صنوبرکاری یک فعالیت زراعی است که در آن اقداماتی شامل انتخاب زمین، انتخاب کلن، عملیات کاشت، داشت و برداشت نیازمند دانش کافی برای اجرای موفقیت‌آمیز آن است. برای انتخاب زمین اطلاع از نیازهای رویشگاهی و اقلیمی گونه، بارندگی و

میزان آب در دسترس، توپوگرافی، دسترسی به جاده، عبور احتمالی خطوط انتقال آب، نفت، گاز و برق در عرصه، شکل و ابعاد زمین و نوع استفاده در گذشته از زمین مهم است. آنچه که در توسعه صنوبرکاری باید انجام شود، رعایت معیارهای فنی و علمی است.

علاوه‌بر نکات فنی، کوتاه کردن دست واسطه‌ها با تشکیل تعاونی‌های تولیدکنندگان چوب یا صنوبرکاران می‌تواند سوددهی و استمرار صنوبرکاری را تضمین نماید. هرچند در ظاهر به نظر می‌رسد میزان درآمد سالانه صنوبرکاری‌ها تابعی از مقادیر رویش باشد، اما عوامل اساسی دیگری مانند قیمت چوب، عرضه و تقاضا و فعالیت واسطه‌ها نیز در برخی موارد بسیار مهم هستند. بعضی از صنوبرکاران اظهار می‌کنند، صاحبان صنایع از خرید مستقیم چوب از آنها امتناع و چوب را به‌طور غیرمستقیم از واسطه‌ها خریداری می‌کنند. این امر علاوه‌بر آنکه قدرت چانه‌زنی صنوبرکاران را کاهش می‌دهد و بخشی از سود و زحمت چند ساله صنوبرکار را به جیب واسطه‌ها سرازیر می‌کند، با ایجاد یک بازار کاملاً انحصاری به صنوبرکاران ضرر می‌زند. به‌این‌ترتیب با کم شدن سوددهی صنوبرکاری، بدون تردید امکان توسعه زراعت چوب در عرصه‌های مردمی به حداقل خواهد رسید. این موضوع همان چشم‌انداز نگران‌کننده صنوبرکاری در آینده است.

افزایش سطح زیر کشت صنوبر زمانی امکان‌پذیر است که نسبت به سایر محصولات متداول قابل کشت از رقابت‌پذیری و سود مناسبی برخوردار باشد. ازآنجایی‌که فقط شاخص‌های اکولوژیکی برای پتانسیل توسعه صنوبر استفاده شده است، ضرورت دارد در پژوهش‌های آینده مسائل اقتصادی و اجتماعی نیز موردتوجه قرار گیرند. در رابطه با برنامه راهبردی زراعت چوب ضروری است، پروژه‌های مکمل زراعت چوب برای استان و کشور تعریف و پژوهش‌های مربوطه تا تبدیل آن به یک بسته ترویجی قابل اجرا برای توسعه تولید چوب در استان‌های شمالی به‌ویژه گلستان و کشور ادامه یابد. از طریق کشت صنوبر در حاشیه مزارع در مناطق غربی و مرکزی و حاشیه رودخانه‌ها و مناطق مستعد شرق استان می‌توان سطح زیرکشت را افزایش داد. بخش‌های شمالی استان از سطح دریای آزاد پایین‌تر قرار دارد و به سمت شرق و جنوب بر میزان ارتفاعات افزوده می‌شود. تشکیل تعاونی تولیدکنندگان صنوبر در راستای توسعه کشت این محصول و حفظ جنگل‌های هیرکانی، ایجاد اتحادیه صنفی صنوبرکاران با همکاری اتاق اصناف و اداره صنعت، معدن و تجارت برای استفاده از کمک‌های فنی و علمی با محوریت کارخانجات و افراد صاحب‌نظر، ایجاد دفتر ترویج زراعت چوب در واحد ترویج و آموزش کشاورزی و تسهیل در واگذاری اراضی ملی و مستعد برای زراعت چوب در قالب ماده ۳ به صنوبرکاران و صنایع برای کشت متمرکز و اقتصادی می‌تواند سبب توسعه زراعت چوب و صنوبرکاری در استان گلستان شود. در این راستا پیشنهاد می‌شود که موضوع «چالش‌ها و راهبردهای مدیریتی تولید و برداشت صنوبر و زراعت چوب در استان گلستان» در پژوهش‌های آینده توسط سایر محققین بررسی شود.

## سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور به خاطر حمایت مالی در اجرای پژوهش حاضر سپاسگزاری می‌شود. از آقایان دکتر محسن کلاگری، دکتر مهدی فرح‌پور، مهندس خسرو میرآخورلو و مهندس علیرضا رضایی و خانم‌ها دکتر فاطمه درگاهیان و دکتر سارا تیموری به خاطر بازبینی متن مقاله و ارائه نظرهای ساختاری تشکر و قدردانی می‌شود. از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

## References

Ahmadloo, F., Mirakhorlou, Kh., Calagari, M., & Salehi, A. (2021). Using Sentinel-2 satellite image data and ground data to surveying and mapping poplar plantation of Tehran province. *Journal of Environmental Science and Technology (JEST)*, 23(7), 253-266. http://dx.doi.org/10.30495/jest.2021.52793.5074 (In Persian)

Ahmadloo, F., Rezaei, A. R., Calagari, M., Eskandari, S., Teimori, S., Dargahiyan, F., Farahpour, M.,

& Mirakhorlou, K. (2023). Estimation of susceptible land area of wood farming in non-forest lands of Guilan province. *Journal of Iran Nature*, 8(4), 49-59. http://dx.doi.org/10.22092/IRN.2023.363010.1531 (In Persian)

Amin Amlashi, M., & Mirakhorlou, Kh. (2019). Evaluation of area and canopy density of forests in the Guilan Province using satellite data. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 27(1), 100-111. http://dx.doi.org/10.22092/IJFPR.2019.119185 (In Persian)

Asadi, F., Espahbodi pardkolaei, K., & Sadati, S. E. (2019). Evaluation of technical defects of poplar farming in Mazandaran province. *Iranian Journal of Forest*, 11(3), 401-414. Retrieved from https://www.ijf-isaforestry.ir/article_98932.html/ (In Persian)

Asgharpour, M. J. (2006). *Multi Criteria Decision Making*. Tehran University Press, Tehran, Iran, 400p. (In Persian)

Baniaghi, A., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., & Faramarzi, H. (2017). Potential Climatic Zoning of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Golestan Province. *Journal of Agroecology*, 9(3), 821-833. http://dx.doi.org/10.22067/jag.v9i3.52027 (In Persian)

Bayatkashkoli, A., Ameri, S., Faezipour, M., & Dousthoseyni, K. (2007). Economical assessment of poplar small-diameter timber and marketing of its wood products. *Journal of the Iranian Natural Resource*, 59(4), 963-980. Retrieved from https://journals.ut.ac.ir/article_27541.html/ (In Persian)

Bazrafshan Daryasari, M., Meftah Halghi, M., Ghorbani, Kh., & Ghahraman, N. (2016). Comparative study of climatic regions of Golestan province under different climate change scenarios. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(5), 187-202. http://dx.doi.org/20.1001.1.23222069.1394.22.5.11.1 (In Persian)

Calagari, M. (2018). Introduction of high wood production poplar clones for cultivation in the north of country. *Journal of Iran Nature*, 3(2), 50-58. http://dx.doi.org/10.22092/IRN.2018.116436 (In Persian)

Dayawansa, N. D. K., & Ekanayake, G. K. (2003). Land suitability identification for a production forest through GIS Techniques. *Forestry and Biodiversity*, Map India Conference.

Dimitriou, I., & Mola-Yudego, B. (2017). Impact of Populus plantations on water and soil quality. *BioEnergy Research*, 10(1), 750–759. https://doi.org/10.1007/s12155-017-9836-5

Eskandari, S.; Behnamfar, K.; Pourghasemi, H. R.; & Tiefenbacher, J. P. (2022): Provision of *Eucalyptus* wood farming potential map in Iran: An application of land cover, ecological, climatic, hydrologic, and edaphic analysis in a GIS-based fuzzy AHP framework. *Ecological Indicators*, 136, 108621. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108621

Ghaneie Motlagh, Gh., Pashaee Aval, A., Khormali, F., & Mosaedi, A. (2009). Preparing the soil salinity map for site-specific management, Case study: some farmlands in northeast of Aq-Qala. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(6), 75-82. (In Persian)

Ghodsipour, H. (2011). *Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Tehran, Iran: Amirkabir University of Technology (Tehran Polytechnic) Publications, p. 224. (In Persian)

Gholizadeh, A., Bagherzadeh, A., & Keshavarzi, A. (2020). Model application in evaluating land suitability for OAK and PINE forest plantations in Northeast of Iran. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 4(3), 236-250. https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1633217

Ghorbani, Kh., Bazrafshan Daryasary, M., & Meftah Halaghi, M. (2016). The effects of climate change on DeMartone climatic classification in Golestan province. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 47(2), 319-332. http://dx.doi.org/20.1001.1.2008479.1395.47.2.10.3 (In Persian)

Haidari, M., Jaafari, A., Calagari, M., Pourhashemi, M., & Yousefi, B. (2023). Overcoming challenges and formulating management strategies for wood farming development in Kurdistan Province, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 31(3), 169-185. http://dx.doi.org/10.22092/ijfpr.

2023.361640.2093 (In Persian)

Isebrands, J. G., & Richardson, J. (2014). *Poplars and Willows: Trees for Society and the Environment, 2th Edition*. CABI Publishing, Technology & Engineering, New York. 656p.

Jafari Mofidabadi, A. (2015). Production of inter-specific hybrid between *Populus caspica* and *P. nigra* using mature embryo culture. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 23(1), 49-55. http://dx.doi.org/10.22092/IJRFPBGR.2015.101535 (In Persian)

Jafari Mofidabadi, A., & Sharzad, S. (2015). Asexual reproduction of hybrid poplar "Mofid" (*Populus euphratica* Oliv. X *P. alba* L.) using tissue culture. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 2(3), 127-142. http://dx.doi.org/20.1001.1.23222077.1394.22.3.7.3 (In Persian)

Kazemi Poshtmasari, H., Tahmasebi, Z., Kamkar, B., Shataei, S., & Sadeghi, S. (2012). Evaluation of geostatistical methods for estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands of Golestan province. *Journal of Water and Soil Science*, 22(1), 201-220. Retrieved from https://water-soil.tabrizu.ac.ir/article_1117.html?lang=fa (In Persian)

Kefayati, N., Ghorbani, Kh., & Abdollahzade, Gh. H. (2021). Regional leveling of drought vulnerability in Golestan province. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 8(2), 15-32. http://dx.doi.org/10.52547/jsaeh.8.2.15 (In Persian)

Mirakhorlou, Kh. (2019). *Survey of the distribution and area of poplar plantations in the country using Sentinel-2 satellite image data*. Final report of the research project, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, 60 p. (In Persian)

Nasroallahi, N., Kazemi, H., & Kamkar, B. (2015). Land Suitability of Aq-Qala Township for Barley production in rainfed condition by Geographical Information System (GIS). *Electronic Journal of Crop Production*, 8(3), 159-182. http://dx.doi.org/20.1001.1.2008739.1394.8.3.9.3 (In Persian)

Oettel, J., Braun, M., Sallmannshofer, M., de Groot, M., Schueler, S., Virgillito, C., Westergren, M., Božič, G., Nagy, L., Stojnić, S., & Lapin, K. (2022). River distance, stand basal area, and climatic conditions are the main drivers influencing lying deadwood in riparian forests. *Forest Ecology and Management*, 520, 120415. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120415

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill, New York. 120 p.

Shabani, S., Faramarzi, H., Ahmadi, A., Bayat, M., Agherkakli, B. M., & Taheri, S. (2023). Estimation of afforestation area in the plantation stands in the east of Golestan province. *Journal of Iran Nature*, 8(4), 61-70. http://dx.doi.org/10.22092/IRN.2023.363163.1538 (In Persian)

Wu, C., Xiao, Q., McPherson, E. G. (2008). A method for locating potential tree-planting sites in urban areas: A case study of Los Angeles, USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7(2), 65–76. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.01.002

Yazdanpanah, H., Kamali, Gh., Hejazi-Zadeh, Z., & Ziaeian, Z. (2007). Determination of climatic potential of East Azerbayjan Province for rainfed almond using GIS. *Geography and Development*, 4(8), 193-204. http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2006.3792 (In Persian)