

Research Article

Feasibility of Suitable Areas for Alfalfa Cultivation with AHP, FAHP, ANP and WLC Methods in GIS Environment (Case study: Ardabil Province)

B Sobhani*

Received: July 23, 2021

Accepted: January 29, 2023

Revised: November 30, 2021

Published online: December 22, 2023

Prof., Dept. of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

*Corresponding Author, E-mail: sobhani@uma.ac.ir

Abstract

Background and Objectives

Alfalfa plant with the scientific name *Medicago sativa* L is considered the most important fodder plant in the world and it is a very high quality fodder suitable for all kinds of livestock. Alfalfa fodder plant is known as the queen of fodder plants in terms of nutritional value and palatability due to the variety of species compared to other fodder plants. In Iran, the area under alfalfa cultivation is 340,767 hectares and its production amount is 3,551,850 tons, and in Ardabil Province, the area under alfalfa cultivation is 9,065 hectares with annual production of 63,105 tons. Examining weather data and their effect on plants is one of the most important factors in increasing productivity. Therefore, each area has potential and limitations regarding crop cultivation that is compatible with a specific climate. The main goal of this research is to locate alfalfa fodder cultivation in Ardabil Province using water and meteorological criteria during alfalfa growth period. The difference between the present research and other studies in this field is that it addresses the efficiency of four methods during the alfalfa fodder growth period.

Methodology

Ardabil Province is located in the northwest of Iran, and its location is in the latitude of 37 degrees and 45 minutes to 39 degrees and 42 minutes of north latitude and the geographical longitude of 47 degrees and 3 minutes to 48 degrees and 55 minutes of east longitude. In this research, the data of annual precipitation, average annual temperature, minimum annual temperature and maximum annual temperature from six synoptic stations during the statistical period (1990 to 2020) and the height and slope of the land, as well as software; ARC GIS, Export Choice and Super Decision have been used. In order to weight and locate alfalfa crops, the methods of Analytical Hierarchy Process (AHP), Analytical Network Model (ANP), Fuzzy Hierarchical Process (FAHP) and Weighted Method (WLC) have been used.

Findings

In the AHP method, the results with Export Choice software analysis showed that annual precipitation with a weight of 0.377, average temperature with a weight of 0.258, and maximum temperature with a weight of 0.112 were recognized as the most important criteria during the alfalfa growth period. The results of the FAHP method showed that precipitation with a weight of 0.367, average temperature with a weight of 0.259, and minimum temperature with a weight of 0.105 are effective in the stages of alfalfa fodder cultivation. In the ANP method with the analysis of Super Decision software, the results showed that temperature criteria (average, minimum and maximum) with a weight of 0.404, annual precipitation with a weight of 0.289 and topography (height and slope) with a weight of 0.056 are the most important effective parameters, respectively. During the growth period, fodder is alfalfa. By combining the studied criteria during the growth period of



alfalfa fodder with the WLC method in the GIS environment, the location of alfalfa cultivation in Ardabil Province was done.

Conclusion

The results showed that in all studied methods, precipitation has the most important effect during the alfalfa growth period; but only 3% of the area of the province is suitable for alfalfa cultivation in terms of rainfall, so rainfall is the most limiting criterion for alfalfa cultivation in Ardabil province. The results of weight criteria of AHP, FAHP, ANP methods showed that precipitation, average temperature and minimum temperature with the highest weight are respectively the most important influencing parameters in alfalfa fodder cultivation. The results of combining the criteria with the WLC method in the GIS environment showed that the arable lands of Ardabil Province have very suitable (22%), suitable (31%), slightly suitable (23%) and unsuitable (24%) for alfalfa fodder cultivation.

Keywords: Alfalfa, Ardabil Province, Climatic elements and topography, Multi-Criteria.

مقاله پژوهشی

امکان‌سنجی مناطق مناسب برای کشت یونجه با روش‌های AHP, FAHP, ANP and WLC در محیط GIS (مطالعه موردی: استان اردبیل)

بهروز سبحانی *

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۰۱

تاریخ انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۹

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: sobhani@uma.ac.ir

چکیده

یونجه یکی از نباتات علوفه‌ای مهم در دنیا و ایران است و به علت دارا بودن مواد غذایی فراوان برتری خاصی نسبت به علوفه‌های دیگر دارد. بر همین اساس امکان‌سنجی کشت یونجه، متناسب با شرایط آب و هوایی نیاز ضروری است. هدف از این تحقیق شناسایی نواحی کشت علوفه یونجه در استان اردبیل با روش‌های چندمعیاره است. امکان‌سنجی پتانسیل منطقه با استفاده از هفت معیار؛ بارش، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و خاک و در محیط GIS انجام شد. برای تعیین وزن معیارها، از روش‌های AHP، FAHP و ANP استفاده گردید. با استفاده روش ترکیب خطی وزنی WLC در محیط GIS لایه‌های اطلاعاتی با همدیگر تلفیق و نقشه نهایی کشت علوفه یونجه به چهار کلاس؛ خیلی مناسب، مناسب، کمی مناسب و نامناسب طبقه‌بندی شدند. کلاس‌های یک و دو مناسب به کشت یونجه (حدود ۴۳ درصد) و کلاس‌های سه و چهار (حدود ۴۷ درصد) نامناسب به کشت یونجه تقسیم شدند. نتایج ارزیابی روش‌های AHP و FAHP نشان داد که بارش با معیار وزنی ۰/۳۷۷ و ۰/۳۶۷ و متوسط دما با معیار وزنی ۰/۴۰۴ با روش ANP در بین معیارهای مورد مطالعه، بیشترین تأثیر را در مراحل رشد یونجه دارند و همچنین کمبود منابع آبی بعد از برداشت اول از مهم‌ترین موانع کشت یونجه در منطقه به شمار می‌آید.

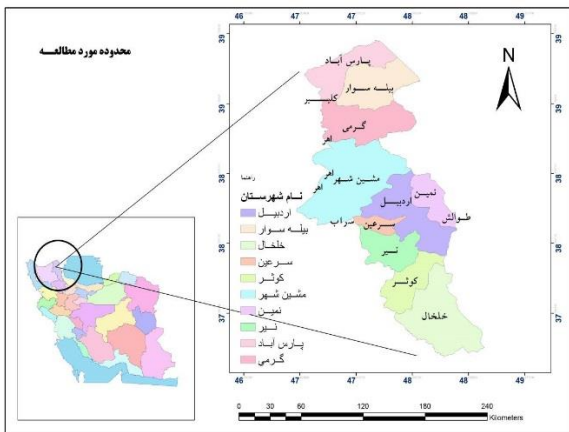
واژه‌های کلیدی: استان اردبیل، داده‌های اقلیمی و توپوگرافی، شاخص‌های چندمعیاره، یونجه.

مقدمه

که نواحی مورد مطالعه به چهار طبقه؛ خیلی مناسب، مناسب، کمی مناسب و نامناسب تقسیم شده‌اند. قائمیان و همکاران (۲۰۰۴) پتانسیل کشت گیاهان یونجه، چغندر و گندم را شهرستان پیرانشهر مطالعه و نشان دادند که کشت گندم و چغندر قند نسبت به یونجه شرایط مناسب‌تری دارد. یوسفی فاتح و همکاران (۲۰۱۵) مدل‌سازی الگوی بهینه کشت گندم آبی، علوفه یونجه و سیب‌زمینی را با استفاده از روش AHP و در محیط GIS در دشت اسدآباد همدان انجام و نتایج نشان داد نواحی که؛ متوسط درجه حرارت ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد، شیب زمین صفر تا ۱۵ درصد و عمق خاک ۷۵ تا ۲۰۰ سانتی‌متر باشد مکان مناسب برای کشت یونجه است. منیری فر و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از متوسط دما، حداکثر مطلق دما، حداقل مطلق دما، میانگین بارش سالانه، حداقل و حداکثر رطوبت نسبی و میزان تبخیر و تعرق ایستگاه تحقیقاتی خسرو شاه در دشت تبریز، شناسایی و ارقام مناسب یونجه را برای شرایط کم آبیاری بررسی و نتایج نشان داد که اکو تیپ ورزقان مناسب‌ترین ارقام برای شرایط کم آبیاری است. قنوتی و همکاران (۲۰۱۲) ارزیابی اکو جغرافیایی پراکنش گونه‌های اسپرس در ارتباط خاک و اقلیم در استان کرمانشاه را مطالعه و نشان دادند که اقلیم و توپوگرافی بیشترین تأثیر در پراکنش اسپرس دارند. واعظ مدنی و همکاران (۲۰۲۱) تحلیل پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم را بر اساس شاخص RPI در استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های بارش و تبخیر و تعرق مطالعه و نشان دادند که مناطق جنوبی استان دارای پتانسیل بالا و مناطق غربی دارای پتانسیل ضعیف برای کشت دیم گندم است. آلمایه و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های آب و هواشناسی و پستی و بلندی، مکان‌یابی کشت یونجه را در کشور اتیوپی انجام دادند و بر اساس روش AHP

گیاه یونجه بانام علمی *Medicago sativa* L مهم ترین گیاه علوفه‌ای در جهان به شمار می‌رود و علوفه‌ای بسیار باکیفیت و مناسب برای انواع دام است (کریمی ۲۰۰۲). این گیاه با توجه به تنوع گونه‌ها نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای، به لحاظ ارزش غذایی و خوش‌خوراکی به‌عنوان ملکه گیاهان علوفه‌ای شناخته شده است (بی‌نام ۲۰۱۴ و توران و همکاران ۲۰۱۷). در کشور ایران سطح زیر کشت یونجه ۳۴۰۷۶۷ هکتار و میزان تولید آن ۳۵۵۱۸۵۰ تن و در استان اردبیل نیز سطح کشت یونجه ۹۰۶۵ هکتار و تولید سالانه یونجه ۶۳۱۰۵ تن است (بی‌نام، ۲۰۲۰). بررسی داده‌های آب‌وهوایی و تأثیر آن‌ها بر روی گیاهان از مهم‌ترین عامل در افزایش بهره‌وری است. با شناسایی نیازهای مطلوب اقلیمی محصولات می‌توان به عملکرد بیشتری دست‌یافت (سید شریفی و حکم علی پور ۲۰۱۰)؛ بنابراین، هر ناحیه دارای پتانسیل و محدودیت‌های در مورد کشت زراعی است که با آب‌وهوایی خاصی سازگاری دارد که با مطالعه آن، امکان‌سنجی مناطق مناسب به کشت فراهم می‌شود. تحقیقاتی در داخل و خارج از کشور در رابطه با مکان‌یابی کشت علوفه یونجه انجام شده است. در این خصوص می‌توان به تحقیقات؛ زاهانگ و همکاران (۲۰۱۴) و دیو رینگ و همکاران (۲۰۱۳) در مورد مهم‌ترین متغیرهای اقلیمی از قبیل؛ تابش خورشید، تبخیر و تعرق و رژیم بارندگی که در طول دوره رشد یونجه مؤثر هستند اشاره کرد. گیوی (۲۰۱۶) نیازهای اقلیمی کشت یونجه را در موسسه تحقیقات و آب‌و خاک کشور مطالعه و درجه‌بندی نواحی کشت یونجه را از صفر تا ۱۰۰ تعیین نمود که در جدول ۲ ارائه شده است. نصراللهی و همکاران (۲۰۱۵) در استان گلستان مکان‌یابی نواحی مناسب برای کشت گیاه علوفه یونجه را در منطقه آق‌قلا انجام داده‌اند و نتایج نشان داد

۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۴۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقه واقع شده است (شکل ۱). در فصول سرد تحت تأثیر توده‌هواهای مهاجر از شمال، شمال غرب و غرب قرار دارد و در تابستان نیز گاهی سامانه‌های کم‌فشار باران-زایی تأثیر گذاشته و بارندگی‌های تابستانه اتفاق می‌افتد. نواحی از استان تحت تأثیر اقلیم خزری است و دریای خزر در شرق استان بر شرایط دمایی و رطوبتی تأثیر دارد (سبحانی ۲۰۲۲).



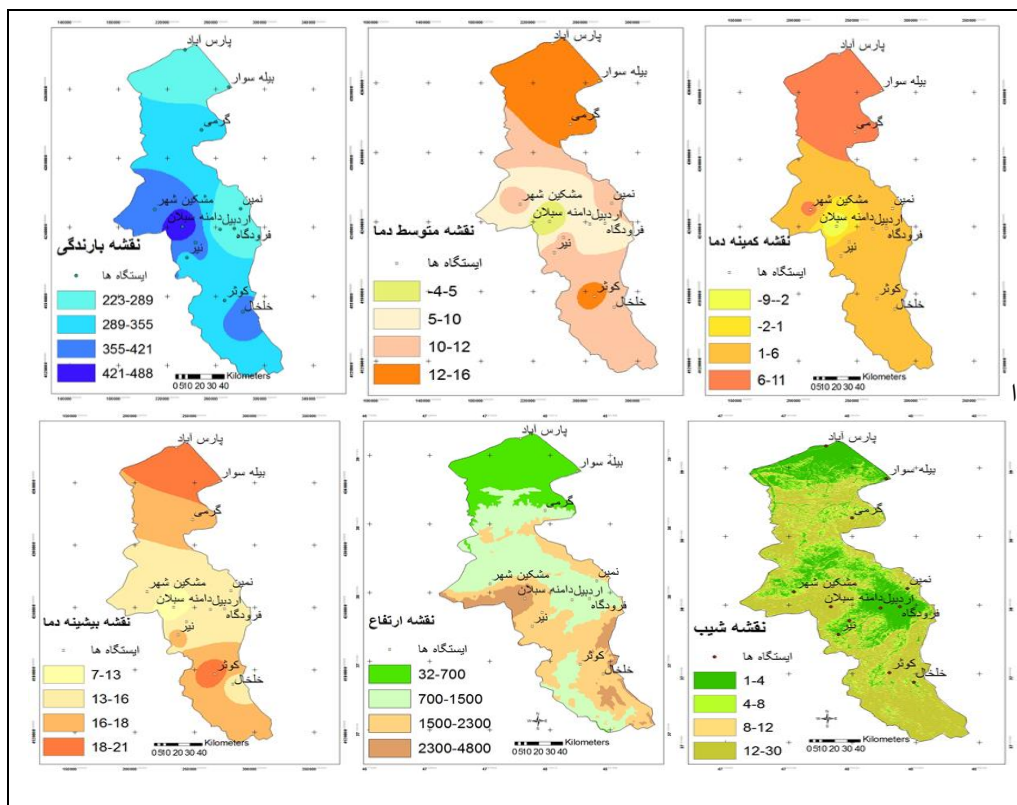
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان اردبیل در کشور.

داده‌های مورد مطالعه: در این تحقیق از داده‌های بارش، متوسط دما، کمینه دما و بیشینه دما در طول دوره آماری (۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰) و ارتفاع، شیب زمین و عمق خاک که در شکل ۲ مشاهده می‌شود و همچنین از نرم‌افزارهای ARC GIS، Export Choice و Super Decision برای تحلیل داده‌ها و از روش‌های فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، مدل تحلیل شبکه (ANP)، فرایند سلسله‌مراتبی فازی (FAHP) و (WLC) برای وزن دهی و مکان‌یابی استفاده شده است.

معیارهای که به ترتیب اولویت در مراحل رشد یونجه مؤثر بودند تعیین کردند و همچنین با استفاده از مدل اکوکراپ EcoCrop فاکتورهای اقلیمی که برای تناسب اراضی کشت یونجه مهم بودند طبقه‌بندی کردند. دنگ و همکاران (۲۰۱۴) ارزیابی تناسب زمین برای کشت یونجه را در محیط GIS در استپ‌های خشک قاره‌ای شمال چین انجام داده‌اند و نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است. مظاهری و مجنون حسینی (۲۰۰۸) قانون بردباری یا درجه بردباری را در مورد انتشار گیاهان زراعی بر روی سطح زمین تعریف و به این نتیجه رسیده‌اند که گندم بین ۴ تا ۳۸ درجه می‌تواند رشد کند لذا میدان بردباری آن ۳۴ درجه سانتی‌گراد است. همچنین تحقیقاتی توسط: ژائو و همکاران (۲۰۰۴) در مورد بررسی بیلان آب و خاک کشت یونجه در آب‌وهوای نیمه‌خشک، منتظر (۲۰۱۹) بررسی نیاز آبی یونجه در فصول بهار و تابستان در کالیفرنیا و آل وارو (۲۰۱۹) کشت یونجه در جنوب غربی اروگوئه انجام شده است. هدف اصلی این تحقیق مکان‌یابی کشت علوفه یونجه در استان اردبیل با استفاده از معیارهای آب و هواشناسی در طول دوره رشد یونجه است. تفاوت تحقیق حاضر با مطالعات صورت گرفته در این زمینه، این است که از معیارهای بیشتر و داده‌های جدید و همچنین از کارآمدی چهار روش در طول دوره رشد علوفه یونجه استفاده شده است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: استان اردبیل در شمال غرب ایران با مساحت ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع، بین عرض جغرافیایی



شکل ۲- نقشه کلاس‌بندی شده متغیرهای هواشناسی و توپوگرافی در محدوده استان اردبیل.

روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

اولین اقدام در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، تعیین ضریب اهمیت معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها درکشت علوفه یونجه است. این مقیاس بندی توسط ساعتی و وارگاس (۱۹۹۱) در جدول ۱ نشان داده شده است. برای تحلیل داده‌های مورد مطالعه در فرایند سلسله‌مراتبی از نرم‌افزار Export Choice استفاده شد. پس از تعیین وزن نسبی معیارها، محاسبه ضریب ناسازگاری است که اگر این ضریب کمتر یا برابر ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است (موسوی و همکاران ۲۰۱۷).

روش تحلیل فرایند سلسله‌مراتبی فازی (FAHP)

در این روش، ارزش وزنی هر یک از معیارها بر اساس تابع عضویت مثلثی با نماد $\tilde{A}=(1,2,3)$ $\lambda\mu = (x)$ که دارای

سه عدد وزنی فازی؛ حد پایین، متوسط و حد بالا بر طبق جدول ۱ تعیین می‌شود. برای ایجاد ماتریس مقایسات زوجی هر یک از اعداد AHP تبدیل به اعداد فازی می‌شود، یعنی ارزش وزنی معیاری که در روش AHP عدد ۵ است در فازی به اعداد (۴،۵،۶) تبدیل می‌گردد. برای محاسبه میانگین هندسی وزنی فازی مقدار عددهای پایین، متوسط و بالای هر یک از معیارها جداگانه به همدیگر ضرب و به توان ریشه آن، که در این تحقیق از هفت معیار است به توان یک‌هفتم می‌رسد. هر یک از میانگین وزنی (حد پایین، متوسط و بالا) به صورت ستونی جمع شده و معکوس می‌شوند و در نهایت وزن فازی معیارها به دست می‌آید که مقدار آن ۱ یا کمتر است.

روش ترکیبی خطی وزنی (WLC)

این روش، رایج‌ترین تکنیک در تحلیل چند معیاره بر مبنای مفهوم میانگین وزنی است و تحلیل‌گر مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی، هر معیار و وزن‌هایی به معیارها می‌دهد (مخدوم ۲۰۱۰). پس از آن که مقدار نهایی هر گزینه مشخص و گزینه‌های که بیش‌ترین وزن را داشته باشد هدف موردنظر خواهد بود. برای ارزیابی هر گزینه یا A_i از رابطه ۱ استفاده می‌شود:

$$A_i = \sum W_j X_{ij} \quad [1]$$

که در آن X_{ij} معرف گزینه i ام در ارتباط با معیار j ام و W_j وزن استاندارد شده معیار j ام، به گونه‌ای که مجموع W_j برابر یک باشد. وزن اهمیت نسبی هر معیار را به نمایش می‌گذارند (ناصری و همکاران ۲۰۱۸). با تعیین ارزش حداکثر A_i اولویت‌دارترین گزینه انتخاب می‌شود. روش WLC علاوه بر این که همه پارامترها یا لایه‌ها را باهم تلفیق می‌کند، اهمیت هر یک از پارامترها را بر اساس وزنی که به آن پارامتر داده می‌شود را نیز در نظر می‌گیرد. در نتیجه، نقشه حاصل از مکان‌یابی به روش WLC دارای قابلیت بالایی برای ارائه گزینه‌های مناسب است.

نیازمندی‌های بوم‌شناختی علوفه یونجه

در این پژوهش از طریق جستجو در منابع علمی مختلف، نیازهای اکولوژیکی علوفه یونجه جمع‌آوری شد و سپس حد بحرانی و مطلوب آن‌ها برای رشد این گیاه مشخص گردید و در نهایت ارزش‌گذاری معیارهای مورد مطالعه بر اساس جدول ۲ صورت گرفت.

جدول ۱- اهمیت وزنی فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

و سلسله مراتبی فازی (FAHP).

اهمیت	وزن AHP	وزن FAHP
اهمیت برابر یا مساوی	۱	(۱،۱،۱)
اهمیت متوسط	۳	(۲،۳،۴)
اهمیت قوی (بالا)	۵	(۴،۵،۶)
اهمیت خیلی قوی	۷	(۶،۷،۸)
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹	(۹،۹،۹)
اهمیت واسطه‌ای یا بینابین	۲،۴،۶،۸	(۱،۲،۳)، (۳،۴،۵)، (۵،۶،۷) و (۷،۸،۹)

فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)

این روش برای حل معیارها و گزینه‌های که از هم مستقل نیستند به کار می‌رود. برای اجرای فرایند ANP و تعیین وزن معیارها و زیر معیارها از پرسش‌نامه استفاده می‌شود (شکل ۳). وزن دهی پرسش‌نامه بر اساس جدول ۱ انجام و تجزیه و تحلیل آن به کمک نرم‌افزار Super Decision انجام می‌شود. بدین صورت اطلاعات هر پرسش‌نامه وارد نرم‌افزار شده و اگر ضریب ناسازگاری آن کمتر از ۰/۱ باشد پرسش‌نامه معتبر است (سبحانی و نصیری ۲۰۲۲).

شکل ۳- نمونه‌ای از مقایسات زوجی ANP در نرم‌افزار

Super Decisions.

جدول ۲ - نیاز مطلوب اقلیمی کشت یونجه.

معيار	كلاس	خیلی مناسب	مناسب	كمی مناسب	نامناسب
بارش (mm)	بیشتر از ۵۰۰	۵۰۰-۴۵۰	۴۵۰-۳۰۰	کمتر از ۳۰۰	
دمای متوسط (°C)	۱۵-۲۰	۲۰-۲۳	۲۵-۲۳	بیشتر از ۳۵ و کمتر از ۸	
بیشینه دما (°C)	۳۰-۲۰	۳۰-۲۵	۳۸-۳۰	بیشتر از ۲۸	
كمینه دما (°C)	۱۵-۱۰	۱۰-۵	۵-۰	کمتر از ۰	
ارتفاع (m)	۱۰۰۰-۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۲۵۰۰-۱۵۰۰	بیشتر از ۲۵۰۰	
شیب (درصد)	۴-۰	۸-۴	۱۲-۸	بیشتر از ۱۲	
خاک (cm)	عمیق	نیمه عمیق	کم عمق	خیلی کم عمق	
	۱۵۰ <	۱۵۰-۱۰۰	۱۰۰-۵۰	< ۵۰	

منبع: گیوی ۱۹۹۷، دنگ و همکاران ۲۰۱۴ و نصراللهی و همکاران ۲۰۱۸.

نتایج و بحث

روش تحلیل سلسله مراتبی: نتایج ارزیابی معیارها با روش AHP نشان داد که داده‌های اقلیمی چندان محدودیتی برای رشد یونجه ایجاد نمی‌کند. جدول ۳ ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مورد مطالعه درکشت علوفه یونجه را نشان می‌دهد که معیار بارش، متوسط دما و بیشینه دما بیشترین تأثیر درکشت یونجه با روش AHP دارند. چون ضریب ناسازگاری ماتریس مقایسه

زوجی ۰/۰۷ و کمتر از ۰/۱ است مقایسه درست بوده و نشان‌دهنده نسبی بودن اهمیت معیارها است. اسفندیاری و همکاران (۲۰۱۷) و باقری و اسدی (۲۰۱۸) تأثیر داده‌های اقلیمی را درکشت یونجه با روش AHP در استان کرمانشاه مطالعه، نشان دادند که بارش و دمای متوسط مهم‌ترین عامل مؤثر درکشت یونجه است و معیارهای خاک، شیب و ارتفاع به ترتیب به‌عنوان

جدول ۳- مقایسه زوجی معیارها.

معيار	بارش سالانه (mm)	دمای متوسط (°C)	دمای کمینه (°C)	دمای بیشینه (°C)	ارتفاع (m)	شیب (درصد)	خاک (cm)	جمع معیارها	میانگین وزن
بارش (mm)	۰/۴۱۲	۰/۵۰۹	۰/۳۷۲	۰/۳۵۷	۰/۴۱۹	۰/۳۴۹	۰/۲۲۲	۲/۶۴	۰/۳۸
دمای متوسط (°C)	۰/۲۰۶	۰/۲۵۴	۰/۳۷۲	۰/۲۶۸	۰/۲۳۹	۰/۲۳۳	۰/۲۲۲	۱/۷۹۴	۰/۲۵۶
دمای بیشینه (°C)	۰/۱۰۳	۰/۰۶۴	۰/۰۹۳	۰/۱۷۹	۰/۱۲۰	۰/۱۱۶	۰/۱۱۱	۰/۷۸۹	۰/۱۱۲
دمای کمینه (°C)	۰/۱۰۳	۰/۰۱۳	۰/۰۴۷	۰/۰۸۹	۰/۱۲۰	۰/۱۱۶	۰/۱۳۹	۰/۶۲۷	۰/۰۸۹
ارتفاع (m)	۰/۰۵۸	۰/۰۶۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۶۰	۰/۱۱۶	۰/۱۳۹	۰/۵۲۹	۰/۰۷۴
شیب (درصد)	۰/۰۶۶	۰/۰۶۴	۰/۰۴۷	۰/۰۴۵	۰/۰۳۰	۰/۰۵۸	۰/۱۳۹	۰/۴۴۹	۰/۰۶۳
خاک (cm)	۰/۰۵۳	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸	۰/۱۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۲۸	۰/۱۸۷	۰/۰۲۶

محدودکننده‌ترین عامل در طول دوره رشد یونجه می‌باشند.

در جدول ۴، عدد یک که بیانگر نسبی بودن اهمیت معیارها است. نتایج نشان داد که در این روش نیز همانند AHP تأثیر داده‌های اقلیمی مهم‌تر از داده‌های توپوگرافی در رشد علوفه یونجه است. مقایسه نتایج این تحقیق با تحقیق (ثروتی و همکاران، ۲۰۱۴) نشان داد که روش فازی در تعیین معیارها بالاترین ضریب و توانایی بیشتری نسبت به AHP دارد.

روش سلسله مراتبی فازی: با استفاده از روش FAHP مقایسات زوجی وزن هر یک از معیارها برای کشت یونجه بر اساس نیاز مطلوب علوفه یونجه محاسبه شدند. جدول ۴ نتایج ارزیابی معیارها با روش فازی نشان داد که بارش، متوسط دما و کمینه دما برای کشت یونجه اهمیت بیشتری دارند و ضریب ناسازگاری ماتریس مقایسه زوجی ۰/۰۸ است. مجموع ضرایب وزن فازی معیارهای

جدول ۴- فرایند سلسله‌مراتبی فازی و وزن فازی معیارها.

معیارها	بارش (mm)	دمای متوسط (°C)	کمینه دما (°C)	بیشینه دما (°C)	ارتفاع (m)	شیب (درصد)	خاک (cm)	فازی معیارها
بارش (mm)	۱،۱،۱	۱،۲،۳	۳،۴،۵	۳،۴،۵	۶،۷،۸	۵،۶،۷	۷،۸،۹	۰/۳۶۷
دمای متوسط (°C)	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱،۱،۱	۳،۴،۵	۲،۳،۴	۳،۴،۵	۳،۴،۵	۷،۸،۹	۰/۲۵۹
بیشینه دما (°C)	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱،۱،۱	۱،۲،۳	۱،۲،۳	۱،۲،۳	۳،۴،۵	۰/۰۹۵
کمینه دما (°C)	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱/۲، ۱/۳، ۱/۴	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱،۱،۱	۱،۲،۳	۱،۲،۳	۴،۵،۶	۰/۱۰۵
ارتفاع (m)	۱/۶، ۱/۷، ۱/۸	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱،۱،۱	۱،۲،۳	۴،۵،۶	۰/۰۶۸
شیب (درصد)	۱/۵، ۱/۶، ۱/۷	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱/۱، ۱/۲، ۱/۳	۱،۱،۱	۴،۵،۶	۰/۰۶۸
خاک (cm)	۱/۷، ۱/۸، ۱/۹	۱/۷، ۱/۸، ۱/۹	۱/۳، ۱/۴، ۱/۵	۱/۴، ۱/۵، ۱/۶	۱/۴، ۱/۵، ۱/۶	۱/۴، ۱/۵، ۱/۶	۱،۱،۱	۰/۰۳۸
جمع فازی								۱

بعدی برای کشت یونجه شناخته شد و خلخال و اردبیل به علت محدودیت بارش و نوسان کمینه دما برداشت یونجه فقط یکبار در طول سال به عمل می‌آید. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود معیارهای دما، بارش و توپوگرافی با روش ANP به ترتیب بیشترین اهمیت وزنی به حالت نرمالیزه و حد را دارند. پناهی و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر داده‌های اقلیمی بر عملکرد علوفه یونجه را در مراغه مطالعه و در این تحقیق نشان دادند که در افزایش عملکرد یونجه؛ درجه حرارت و بارندگی بیشتر از سایر پارامترهای اقلیمی مؤثر هستند.

فرایند تحلیل شبکه‌ای: این روش رابطه متقابل متغیرها در تصمیم‌گیری و اولویت‌بندی گزینه‌ها برای تحلیل معیارهای فراهم می‌کند. جداول ۵ امتیاز نهایی معیارها و گزینه‌ها را نشان می‌دهد؛ معیارهای دما، توپوگرافی و بارش، به ترتیب بیشترین تأثیر را در کشت علوفه یونجه دارند. مکان‌یابی علوفه یونجه با روش ANP نشان داد که پارس‌آباد به علت شرایط اقلیمی، توپوگرافی و آب کافی برای آبیاری، مناسب‌ترین مکان برای کشت یونجه با چهار چین در سال است. مشکین‌شهر و دامنه سبلان با دوچین به علت بارش مناسب در فصل بهار در مرحله

جدول ۵- نمونه‌ای از روش سوپر ماتریس وزنی بر اساس معیارها و گزینه‌ها.

معیارها	آلترناتیو یا گزینه‌ها							معیارها	
	گزینه هاو معیارها	اردبیل	خلخال	دامنه سبلان	مشکین شهر	پارس آباد	بارش (mm)		توپوگرافی	درجه حرارت (°C)
اردبیل	.	.	.	.	.	۰/۰۲۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۶	
خلخال	.	.	.	.	.	۰/۰۸۸	۰/۰۵۲	۰/۰۶۲	
دامنه سبلان	.	.	.	.	.	۰/۱۵۲	۰/۱۵۱	۰/۰۱۲	
مشکین شهر	.	.	.	.	.	۰/۰۵۵	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸	
پارس آباد	.	.	.	.	.	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵	۰/۰۱۴	
بارش (mm)	۰/۲۷۶	۰/۳۰۰	۰/۳۰۸	۰/۲۳۱	۰/۳۳۳	.	۰/۰۸۳	۰/۳۳۳	
توپوگرافی	۰/۱۲۸	۰/۱۰۰	۰/۰۷۷	۰/۰۷۷	۰/۳۳۳	.	.	.	
درجه حرارت (°C)	۰/۵۹۵	۰/۶۰۰	۰/۶۱۵	۰/۶۹۲	۰/۳۳۳	۰/۳۳۳	۰/۲۵۰	.	

جدول ۶- اولویت‌بندی خوشه‌ها در مدل شبکه‌ای ANP به صورت نرمالیزه و حد.

نام	اردبیل	خلخال	دامنه سبلان	مشکین شهر	پارس آباد	توپوگرافی	بارش (mm)	درجه حرارت (°C)
نرمالیزه ^۱	۰/۰۹۳	۰/۲۱۴	۰/۲۲۸	۰/۲۲۶	۰/۲۲۸	۰/۰۵۶	۰۲۸۹	۰/۴۰۴
حد ^۲	۰/۰۱۹	۰/۰۴۳	۰/۰۴۵	۰/۰۴۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۵	۰/۲۳۲	۰/۳۲۴

روش ترکیب خطی وزنی WLC

هریک از معیارها بر اساس نیازهای مطلوب اقلیمی کشت علوفه یونجه، با روش WLC وزن دهی و نقشه مکان‌یابی کشت یونجه برای هر معیار در شکل ۴ تهیه شد. نتایج نشان داد که در سطح استان، از لحاظ مقدار بارش فقط یکبار در سال امکان برداشت یونجه میسر است و برای برداشت بیشتر نیاز به آبیاری است. در معیارهای متوسط دما و بیشینه دما ۶۵ درصد از مساحت استان محدودیتی برای کشت یونجه چند چین وجود ندارد. نتایج تحلیل داده‌های توپوگرافی نشان داد که حدود ۶۶ درصد بر اساس ارتفاع، ۴۵ درصد برحسب شیب زمین و ۳۵ درصد بر اساس عمق خاک برای کشت یونجه مناسب است؛ بنابراین محدودیت‌های نقش توپوگرافی در کشت

یونجه بیشتر از اقلیم است. در نواحی که عمق خاک کمتر از ۲۵ سانتی‌متر، شیب بیش از ۱۳ درصد و ارتفاع بالاتر ۲۰۰۰ متر از سطح دریا و همچنین بارش کمتر ۲۵۰ میلی‌متر است شرایط برای کشت یونجه مناسب نیست. در بسیاری از تحقیقات از داده‌های اقلیمی و توپوگرافی در مکان‌یابی کشت یونجه استفاده گردیده است (آلیانی و همکاران ۲۰۲۱؛ عباس زاده تهرانی ۲۰۱۸؛ دلاور و همکاران ۲۰۱۸ و یوهانس ۲۰۲۰).

با تلفیق معیارهای مورد مطالعه، نقشه نهایی مکان‌یابی کشت یونجه در شکل ۴ تهیه شد. مکان‌های مناسب برای کشت یونجه بیشتر در شمال و مرکز استان واقع شده است که علت آن استفاده از آب سد میل مغان، شیب کم، دمای مناسب، عمق خاک بیشتر و ارتفاع کمتر است و در

1-Normalized by Cluster

2-Limiting

ANP نشان داد که بارش، متوسط دما و کمینه دما با بیشترین وزن به ترتیب مهم‌ترین پارامتر تأثیرگذار در کشت علوفه یونجه می‌باشند. نتایج تلفیق معیارها با روش WLC در محیط GIS نشان داد که اراضی زراعی استان اردبیل دارای استعداد خیلی مناسب (۲۲ درصد)، مناسب (۳۱ درصد)، کمی مناسب (۲۳ درصد) و نامناسب (۲۴ درصد) برای کشت علوفه یونجه می‌باشند. همچنین به جز متوسط دما، هرکدام از معیارها در مکان‌های متفاوت باعث محدودیت رشد برای این گیاه است. در این تحقیق، جزئی‌نگری روش‌های مورد مطالعه سبب شد که توانایی‌ها و محدودیت‌های کشت علوفه یونجه بهتر امکان‌سنجی شود. تا بتوان استفاده بهینه بیشتری از زمین زراعی استان به عمل آورد.

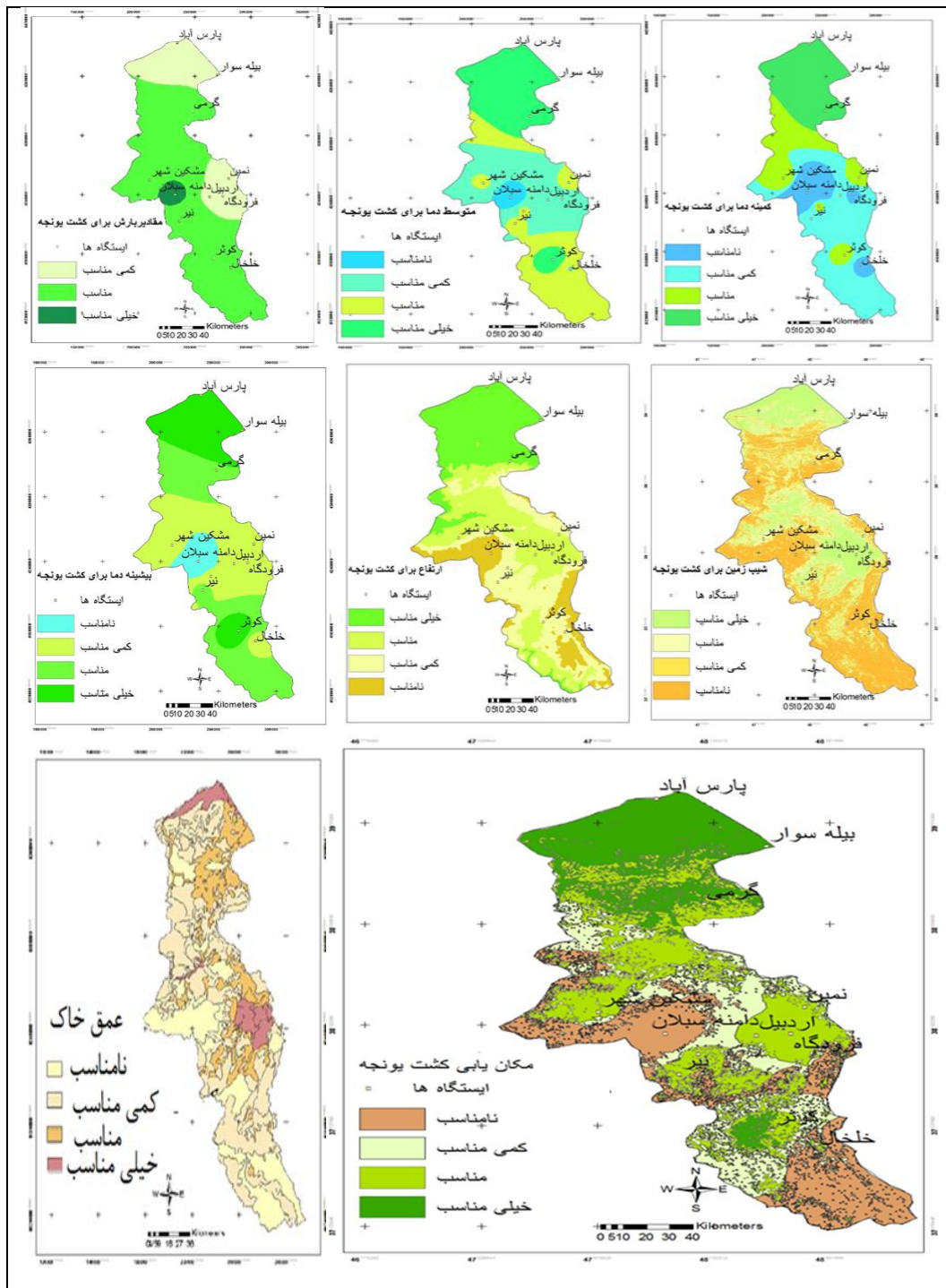
سپاسگزاری

بدین وسیله نویسنده مقاله، از دانشگاه محقق اردبیلی که این پژوهش با حمایت مالی این دانشگاه به شماره قرارداد ۱۴۰۱/د/۹/۶۴۷۸ صورت گرفته کمال تشکر و سپاسگزاری را دارد.

نواحی مرکزی نیز شرایط همانند شمال استان است اما نیاز آبی از طریق چاه‌های عمیق تأمین می‌شود. در نواحی کمی مناسب محدودیت اقلیمی و توپوگرافی و تأمین نیاز آبی وابسته به بارندگی است. در نواحی نامناسب نیازهای مطلوب اقلیمی برای کشت یونجه در همه معیارها پایین‌تر از حد آستانه رشد علوفه یونجه است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش برای مکان‌یابی کشت علوفه یونجه از روش‌های ANP، FAHP، AHP، WLC و همچنین از معیارهای؛ بارش، متوسط دما، کمینه دما، بیشینه دما، ارتفاع، شیب و عمق خاک استفاده شد. با بهره‌گیری از نیاز مطلوب اقلیمی یونجه به وسیله نرم‌افزارهای Exper Choice و SuperDecision وزن معیارها محاسبه گردید. نتایج نشان داد که در همه روش‌های مورد مطالعه، بارش مهم‌ترین تأثیر را در طول دوره رشد یونجه دارد؛ اما فقط ۳ درصد از مساحت استان از لحاظ بارش برای کشت یونجه مناسب است بنابراین بارش به‌عنوان محدودکننده‌ترین معیار در کشت یونجه در استان اردبیل است. نتایج معیارهای وزنی روش‌های AHP، FAHP،



شکل ۴- مکان‌یابی علوفه کشت یونجه بر اساس داده‌های مورد مطالعه و تلفیق داده‌ها.

منابع مورد استفاده

- Abbaszadeh Tehrani N, Beheshti Far MR and Morbi M, 2018. Estimation of alfalfa and wheat crop area in Qazvin Province by using multi-temporal images. *Environmental Researches* 2(3): 96-87. (In Persian with English abstract).
- Alemayehu S, Ayana E, Dile Y, Yiman YT, Demissie T, Yimam Y, Girvetz E, Aynekulu E, Solomon D and Worqlul AW, 2020. Evaluating land suitability and potential climate change impacts on alfalfa (*Medicago sativa*) production in Ethiopia. *Atmosphere*, DOI: 10.3390/atmos11101124.
- Aliani H, Ghanbari M and Halimi M, 2021. Comparison of WLC and TOPSIS models in land suitability analysis for urban development (Case study: Fuman and Shaft). *Journal of Geographical Sciences Research* 22(65): 173-191. (In Persian with English abstract).
- Alvaro O and Marina C, 2019. Variability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seasonal forage production in the Southwest of Uruguay. *Agrociencia Uruguay* 23(1):1-11.
- Anonymous, 2014. A complete guide to alfalfa (planting, growing, harvesting), Karaj: Agricultural Research, Education and Promotion Organization.
- Anonymous, 2020. Agricultural Jihad Statistics. Agricultural Research, Education and Promotion Organization.
- Bagheri A and Asadi S, 2018. Determining one-year alfalfa cultivation areas using AHP hierarchical analysis process and geographic information system in Kermanshah province. *Journal of Agroecology* 11(2): 467-482. (In Persian with English abstract).
- Delavar MA, Safari Y, Alamdari P and Nouri Z, 2018. Assessing the suitability of Zanjan plain lands for irrigated cultivation of wheat, alfalfa and ground wheat using comparative suitability index. *Water and Soil Science* 29(1): 151-163. (In Persian with English abstract).
- Deng F, Li X, Wang H, Zhang M, Li R and Li X, 2014. GIS-based assessment of land suitability for alfalfa cultivation: a case study in the dry continental steppes of northern China. *Spanish Journal of Agricultural Research* 12(2): 364-375.
- Durigon A and De Jong var Lier Q, 2013. Canopy temperature versus soil water pressure head for the prediction of crop water stress. *Agricultural Water Management* 5: 127:1-6.
- Esfandiari S, Hassan Lee A M and Farshadfar M, 2017. Smart comparison of yield and characteristics of 5 annual alfalfa species in dry conditions of Kermanshah province. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* 16(2): 294-285. (In Persian with English abstract).
- Givey J, 2016. Assessing the quality of land suitability for agricultural and garden plants. Agricultural Extension Research and Training Organization, Ministry of Agricultural Jihad.
- Karimi H, 2002. Alfalfa, Academic Jihad Publications. Ministry of Agricultural Jihad.
- Makhdoom M, 2010. The Foundation of Land Preparation. Tehran University Press.
- Mazaheri D and Majnoon Hosseini N, 2008. Basics of General Agriculture. Tehran University Publications.
- Monirifar Hassan, Moradian P, Ahmadi R and Moghadam, A, 2019. Identification of alfalfa cultivars suitable for low irrigation conditions in Tabriz plain. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 30: (4): 264-249. (In Persian with English abstract).
- Montazar A, 2019. Update alfalfa crop water use information: An estimation for spring and summer harvest cycles in California low desert. *Agricultural Science* 22: 202-205.
- Mousavi SA, Sarmadian F and Taati A, 2017. Land suitability evaluation of rainfed barley using Analytical Hierarchy Process Technique and GIS in a part of Kuhin Area. *Water and Soil Science* 28 (2): 177-189. (In Persian with English abstract).
- Nasrullahi N, Kazemi H and Kamkar B, 2015. Feasibility of one-year alfalfa cultivation in Agh Qola city in Golestan province using GIS. *Journal of Agroecology* 7(3): 397-411. (In Persian with English abstract).
- Nasseri D, Shamsipour AA and Rizvani M, 2018. Assessment and zoning of land suitability for pasture use using hierarchical process-fuzzy logic. *Human and Environment Quarterly* 50: 87-102. (In Persian with English abstract).
- Panahi S, Samadianfard S and Nazemi AH, 2021. Modeling the yield of rain-fed wheat, barley and alfalfa products using support vector regression and genetic programming. *Water and Soil Science* 32(2): 97-111. (In Persian with English abstract).

- Qaimian N, Abdol Rahman B, Mahmoudi S and Amari P, 2004. Assessment of suitability of land for wheat, sugar beet and alfalfa by parametric method in the lands of Piranshahr region. *Water and Soil Science* 16(1): 83-94. (In Persian with English abstract).
- Qanvati F, Nazari F and Amirabadi H, 2012. Eco-geographical assessment of spruce species distribution in relation to soil and climate in Kermanshah province. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops Journal* 1(2): 131-147. (In Persian with English abstract).
- Saaty TL and Vargas LG, 1991. *Predictin, Proecton and Forecasting*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Seyed Sharifi R and Hakem Alipour S, 2010. *Cultivation of Fodder Plants*. Mohaghegh Ardabili University Publications.
- Sobhani B, 2022. Application of Methods AHP, FAHP and ANP in Agricultural Meteorology. *Gonash Negar Ardabil*.
- Sobhani B and Nasiri F, 2021. Agroecological zoning of rapeseed cultivation in Ardabil plain. *Journal of Applied Researches in Geographical Sciences* 23(65): 61-78. (In Persian with English abstract).
- Tharvati M, Jafarzadeh AA, Ghorbani MA, Shahbazi F and Duvatgar N, 2014. Assessment of suitability of land for alfalfa in Khaja region using parametric square root method and fuzzy set theory. *Water and Soil Science* 24(2): 105-93. (In Persian with English abstract).
- Turan N, Celen AE and Ozyazici MA, 2017. Yield and quality characteristics of some alfalfa (*Medicago sativa* L) varieties grown in the eastern Turkey. *Turkish Journal of Field Crops* 22: 160-165.
- Vaez Madani MA, Fakher Fard A and Majnooni Heris A, 2021. Analysis of rainfed wheat farming climatic potential based on RPI index (Case study: East Azerbaijan Province). *Water and Soil Science* 32(2): 1-10. (In Persian with English abstract).
- Yohannes Y, Evan G, Ermias A, Dawit S and Abeyou WW, 2020. Evaluating land suitability and potential climate change impacts on alfalfa (*Medicago sativa*) production in Ethiopia. *Atmosphere*, DOI: 10.3390/atmos11101124.
- Yousef Fateh M, Aghamohammadi H and Behzadi S, 2015. Spatial modeling of the optimal cropping pattern using hierarchical analysis and GIS in the Asadabad Plain of Hamadan. *Geospatial Engineering Journal* 7(2): 13-27. (In Persian with English abstract).
- Zahang T, Kang J, Guo W and Zhao Z, 2014. Yield evaluation of twenty-eight alfalfa cultivars in Hebei Province of China. *Journal of Integrative Agriculture* 13(10): 2260-2267.
- Zhao CZF and Chen G, 2004. Soil water balance simulation of alfalfa (*Medicago sativa* L) in the semiarid Chinese Loess Plateau. *Agricultural Water Management* 69: 101-114.