Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

(OPEN ACCESS)

Agro-ecological zoning of lands in Behshahr county for the cultivation of autumn wheat and barley (Case study: Yaneh-Sar region)

Karim Riahi[1], Hossein Kazemi[*2], Afshin Soltani[3], Fardin Sadeghzadeh[4]

1. Ph.D. Student of Agro-technology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: k.reyahi@yahoo.com
2. Corresponding Author, Professor, Dept. of Horticultural Sciences, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: hkazemi@gau.ac.ir
3. Professor, Dept. of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: afshin.soltani@gmail.com
4. Associate Prof., Dept. of Soil Science, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. E-mail: fardin@sanru.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.28.2024
Revised: 08.13.2024
Accepted: 08.30.2024

Keywords:
AHP,
Barley,
Geographical Information System (GIS),
Land use suitability,
Wheat

ABSTRACT

Background and Objectives: One of the best ways to know the ecological ability of each region is the method of land surveying and evaluating land suitability. By these methods, it is possible to determine the suitable area for the cultivation of each plant on a wide scale compared to the laboratory and field methods, and to take steps towards the sustainability of agriculture and prevention of environmental destruction with targeted management principles. This study was conducted with the aim of agro-ecological evaluation of agricultural lands in Behshahr county (Mazandarn province) for the cultivation of wheat and barley using spatial analysis of GIS and AHP in 2020-2021.

Materials and Methods: For this purpose, climatic variables (minimum, maximum, average temperatures and annual precipitation), topography (slope, direction and height) and soil characteristics (texture, K, P, Cu, Mn, N, Fe, TNV, organic matter, EC, pH and OC) were used. Thematic maps of each variable were prepared by using ArcGIS 10.8, then the final map was created by assigning AHP weights. The final map was classified into four classes: highly suitable, suitable, semi-suitable and non-suitable.

Results: Based on the obtained results, it was found that the most suitable areas for wheat cultivation are located in the north and northwest regions, respectively, and for barley in the southeast parts of the region. In general, the area of two high suitable and suitable classes for two crops of wheat and barley included 13, 23.5, 35 and 28% of the total area respectively, but the area of semi-suitable and non-suitable classes for two crops were 35 and 59%, respectively. According to the obtained results, climatic conditions, especially rainfall, soil organic matter and topography were the main reasons for this condition.

Conclusion: In this research, it was found that for wheat and barley, 23 and 37% of the studied agricultural lands were suitable for production in

terms of topography, soil and climate, and there is no limitation in terms of these variables. In general, among the limiting factors, annual rainfall, low percentage of organic matter and poor soil fertility are identified as the limiting factors for rainfed wheat and barley cultivation in semi-suitable and non-suitable classes.

Cite this article: Riahi, Karim, Kazemi, Hossein, Soltani, Afshin, Sadeghzadeh, Fardin. 2026. Agro-ecological zoning of lands in Behshahr county for the cultivation of autumn wheat and barley (Case study: Yaneh-Sar region). *Journal of Plant Production Research*, 33 (1), 1-25.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jopp.2024.22261.3126
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

پهنه‌بندی زراعی– بوم‌شناختی اراضی شهرستان بهشهر جهت کشت گندم و جو پاییزه (مطالعه موردی: بخش یانه‌سر)

کریم ریاحی[۱]، حسین کاظمی*[۲]، افشین سلطانی[۳]، فردین صادق‌زاده[٤]

۱. دانشجوی دکتری آگروتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: k.reyahi@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: hkazemi@gau.ac.ir

۳. استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: afshin.soltani@gmail.com

٤. دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. رایانامه: fardin@sanru.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/۰۳/۰۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۳/۰٥/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۰٦/۰۹

واژه‌های کلیدی:
استعدادسنجی اراضی،
جو،
سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)،
گندم،
AHP

چکیده

مقدمه و هدف: یکی از بهترین روش‌ها برای سنجش توان بوم‌شناختی هر منطقه، روش مساحی و ارزیابی تناسب کاربری اراضی است. به‌وسیله این روش مناطق مستعد برای کشت هر گیاه در یک مقیاس بزرگ در مقایسه با مطالعات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای مشخص می گردد. این دست مطالعات در راستای کشاورزی پایدار بوده و از تخریب منابع محیطی جلوگیری می‌کند. این مطالعه با هدف ارزیابی زراعی- بوم شناختی اراضی زراعی شهرستان بهشهر (استان مازندران) جهت کشت دو گیاه گندم (*Triticum aestivum*) و جو (*Hordeum vulgare*) با استفاده تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل سلسله‌مراتبی در سال ۱٤۰۱-۱٤۰۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور از متغیرهای اقلیمی (درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه، متوسط و بارش سالانه)، توپوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) و خصوصیات خاک (K، P، Cu، Mn، N، Fe، TNV، OM، EC، pH و OC) استفاده شد. نقشه‌های موضوعی هر یک از متغیرها در ArcGIS 10.8 تهیه شد، سپس نقشه نهایی با اختصاص وزن‌های AHP روی‌هم‌گذاری شدند. نقشه نهایی در چهار طبقه بسیار مستعد، مستعد، نیمه مستعد و غیر مستعد طبقه‌بندی شد.

یافته‌ها: مساحت دو طبقه بسیار مستعد و مستعد برای گیاه گندم به ترتیب ۱۳/۳، ۲۳/٦ و جو ۲۰/۱ و ۲۳/۷ درصد از کل منطقه در برگرفت. هم‌چنین دو پهنه با قابلیت کشت نیمه مستعد و

غیر مستعد برای این دو گیاه به ترتیب ۲۸/۲ و ۳۵/۱ درصد برای گندم و ۲۸/٦ و ۲۷/٦ برای جو از کل مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل شد. بر اساس نتایج مشخص شد مناطق بسیار مستعد در قسمت‌هایی از شمال غربی و مناطق مستعد و نیمه مستعد در قسمت‌های مرکزی و مناطق غیر مستعد در قسمت‌های شرقی و جنوب شرقی منطقه واقع شده است.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه مشخص شد شرایط اقلیمی به‌خصوص بارندگی که از غرب به شرق به صورت نزولی و دما از سمت غرب به شرق روند سعودی داشته و هم‌چنین از نظر توپوگرافی مناطق شرقی و جنوب شرقی از ارتفاعات بالاتری برخوردار بوده و کاهش ماده آلی خاک در قسمت‌های شرقی و جنوبی، از دلایل اصلی وضعیت ضعیف استعداد اراضی در منطقه می‌باشد.

استناد: ریاحی، کریم، کاظمی، حسین، سلطانی، افشین، صادق‌زاده، فردین (۱۴۰۵). پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی اراضی شهرستان بهشهر جهت کشت گندم و جو پاییزه (مطالعه موردی: بخش یانه‌سر). *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۳ (۱)، ۲۵-۱.
DOI: 10.22069/jopp.2024.22261.3126

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

رشد سریع جمعیت جهان فشار قابل توجهی را بر منابع طبیعی کمیاب وارد می‌کند و نیاز به توسعه سامانه‌های تولید کشاورزی کارآمدتر و پایدار برای تغذیه این جمعیت در حال رشد را برمی‌انگیزد (۱۹). بسیاری از متغیرهایی که بر رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارند را می‌توان توسط کشاورزان اصلاح کرد (۱۳ و ۳۰). اصلاح و بهبود مدیریت اراضی و الگوهای کشت برای افزایش تولیدات کشاورزی با استفاده بهینه از منابع زمین، می‌تواند یکی از مهم‌ترین اهداف در کشاورزی در نظر گرفته شود (۳۱ و ۳۳). این موارد باعث شد که در سال ۱۹۹٦ سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد[1] برنامه‌ریزی کاربری زمین را به‌عنوان ارزیابی منظم و پیوسته پتانسیل زمین و آب، جایگزین‌های کاربری زمین و شرایط اجتماعی- اقتصادی به منظور اتخاذ بهترین گزینه‌های کاربری زمین تعریف کند (٤). برای این ارزیابی، مناسب‌ترین نوع کاربری زمین از طریق تحلیل‌های تناسب سرزمین که ویژگی‌های زمین و نیازهای کاربری را در نظر می‌گیرد، تعیین می‌شود (۱). با این‌حال تجزیه و تحلیل تناسب زمین برای کاربری خاص نوعی فرآیند پیچیده بوده که ممکن است شامل جنبه‌های بیوفیزیکی، اجتماعی- اقتصادی و فنی باشد (۳٦). اساساً تعیین کاربری‌های مناسب در هر منطقه برای استفاده بهینه از منابع اساسی و در عین‌حال جلوگیری از تخریب آن‌ها می‌تواند گام مؤثری در جهت توسعه پایدار محسوب شود (۲۱). زیرا کاربری اراضی بدون شناسایی تفاوت در پتانسیل‌های بوم‌شناختی منجر به نتایج نامطلوبی مانند فرسایش خاک، بیابان‌زایی، آلودگی و تخریب محیط‌زیست می‌شود. هدف اصلی تناسب زمین کشاورزی پیش‌بینی پتانسیل و محدودیت زمین برای تولید محصول است (۲۸ و ۲۹). در این کار دو جنبه مهم وجود دارد: اول: مناسب بودن بالقوه زمین برای یک کاربری خاص و دوم: شیوه‌های مدیریتی که عوامل مختلفی مانند استعداد زراعی-بوم شناختی، اثرات محیطی، شرایط آبی- اقلیمی و محدودیت‌های اجتماعی- اقتصادی را در بر می‌گیرد (۳۲). ضمن توجه به نوع کاربری و استعداد تولید محصول، باید به افزایش تولید غذا نیز توجه کرد، زیرا افزایش جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ حدود ۹/۱ میلیارد (۳٤ درصد بیش‌تر از امروز) پیش‌بینی می‌شود و تولید غذا باید ۷۰ درصد افزایش یابد (۲۰). این پیش‌بینی نشان می‌دهد که قرار است غذای بیش‌تری با استفاده از زمین کم‌تر تولید شود، در حالی‌که سایر منابع از جمله آب و انرژی دارای محدودیت هستند (۷). در این راستا یکی از ابزارهای لازم برای تحقیقات بخش کشاورزی استفاده از نتایج پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی است که با تلفیقی از لایه‌های اطلاعاتی محیطی همراه است و در آن منابع اقلیم، آب، پستی و بلندی و شرایط خاک به صورت یک مجموعه همگن زیست‌محیطی در ارتباط با سامانه‌های زراعی مشخص، کاربری اراضی و تنوع زیستی بررسی می‌گردد (۱۵).

پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی با تلفیق اجزاء اصلی و مؤثر کشاورزی، امکان بررسی همه‌جانبه شرایط تولید فراهم شده و پتانسیل‌ها و محدودیت‌های محیطی بهتر بررسی گردیده و تصمیم‌گیرندگان عرصه کشاورزی با داشتن یک نقشه جامع و کامل به جای نقشه‌های واحد و پراکنده، تصمیمات درستی اتخاذ می‌کنند (۹). در این راستا مطالعاتی در داخل و خارج از کشور توسط پژوهش‌گران انجام شده است از جمله رضوان و همکاران (۳٤) به منظور پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت جو لخت و تعیین تاریخ کاشت مناسب این

1- Food and Agriculture Organization of the United Nations

گیاه، پژوهشی در دو بعد زمانی و مکانی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[2] انجام دادند. نتایج نشان داد که حدود ۲۰۸۹۹/۳۵ هکتار (۳۲/٦٤ درصد) از اراضی شهرستان گرگان در پهنه بسیار مناسب و ۲۵۷۵۹/۱۳ هکتار (٤۰/۲٤ درصد) در پهنه مناسب قرار گرفتند.

فرهادیان عزیزی و همکاران (۸) برای تعیین نیازهای زراعی- بوم شناختی گیاه گندم، نقشه های موضوعی محیطی را تهیه کردند، سپس متغیرهای محیطی مانند درجه حرارت متوسط سالانه، درجه حرارت کمینه سالانه، درجه حرارت بیشینه سالانه، درجه حرارت مطلوب جوانه‌زنی، درجه حرارت مطلوب سنبله‌دهی، درجه حرارت مطلوب پر شدن دانه، متوسط تشعشع، بارندگی سالانه، بارندگی پاییزه، بارندگی بهاره، بارندگی اردیبهشت ماه، درصد شیب، ارتفاع از سطح دریا، جهت شیب، ماده آلی، شوری و pH را تحلیل و در نهایت از فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی برای تعیین وزن معیارها از طریق تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌های AHP استفاده کردند. نتایج نشان داد که به ترتیب ۹/۲۰ و ۲٤/۷۳ درصد از زمین‌های کشاورزی شهرستان گنبدکاوس جهت تولید گندم در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار می‌گیرند. پناه‌نژاد و همکاران (۲٦) با بررسی تناسب کاربری زراعت آبی در بخشی از اراضی حوضه نازلوچای، عوامل مؤثر بر ارزیابی تناسب کاربری زراعت آبی شامل شکل زمین (شیب، جهت و ارتفاع)، خاک (بافت، حاصلخیزی، اسیدیته، عمق، زهکشی، فرسایش، شوری، درصد آهک و کربن آلی)، اقلیم (بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی) و منابع آب (دبی آب) شناسایی، داده‌های لازم جمع‌آوری و هم‌پوشانی لایه‌ها با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره در قالب تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام شد. نتایج نشان داد که ٤۲ درصد از منطقه فاقد توان، ۲۸/۵ درصد منطقه دارای بالاترین توان، ۱۷/۵ درصد سطح دارای توان متوسط و ۱۲ درصد از منطقه دارای توان کم برای زراعی آبی بودند.

کاظمی و آکینچی (۱۵) مطالعه‌ای به منظور تحلیل تناسب کاربری اراضی استان گلستان برای زراعت دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره[3]، به‌کارگیری نقشه‌های مختلف از متغیرهای محیطی شامل خاک، اقلیم و توپوگرافی و نظرخواهی از کارشناسان محلی انجام و نشان دادند که برخی از متغیرهای اقلیمی مانند دما، بارندگی سالانه و ساعات آفتابی از عوامل محدودکننده برای کشت دیم در این منطقه نیستند. با این‌حال، سایر متغیرهای محیطی مانند شوری، ماده آلی، فرسایش خاک، طبقات بافت خاک و بارندگی‌های پاییز، بهار، اردیبهشت و خرداد به‌عنوان عوامل محدودکننده عملکرد دیم در مناطق شمالی و شمال شرقی استان گلستان شناسایی شدند. در مطالعه دیگری کاظمی و همکاران (۱٦) به منظور ارزیابی تناسب اراضی برای کشت باقلا دیم (*Vicia faba* L.) در منطقه گنبدکاووس (استان گلستان) از سامانه اطلاعات جغرافیایی[4] و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی[5] استفاده کردند. AHP روشی است منعطف، قوی و ساده که برای تصمیم‌گیری در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری متضاد انتخاب بین گزینه‌ها را با مشکل مواجه می‌سازد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که ۲۳/٤۸ درصد از منطقه مورد مطالعه برای کشت باقلا بسیار مناسب و ۲۵/۳۸ درصد نسبتاً مناسب بود. از کل مساحت منطقه تنها ۲٦/۱۱ درصد برای تولید این محصول نامناسب

1- Geographic Information Systems
2- Analytic Hierarchy process

3- MCDA
4- Geographic Information System
5- The Analytic Hierarchy Process

شناخته شد، از جمله عوامل محدودکننده رشد گیاه باقلا، شوری خاک، مواد آلی کم، بارندگی کم، محتوای کلسیم بالا و کمبود مقادیر فسفر و آهن در منطقه اعلام شد.

کلیک و همکاران (۱۸) در حوضه واقع در قسمت بالایی یشیلو مارک[1] ترکیه، مشخصات توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت) حوضه و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (بافت، pH، هدایت الکتریکی، آهک، ماده آلی و عمق خاک) به عنوان معیار در تعیین طبقات مناسب جهت تحلیل تناسب زمین برای کشت گندم (*Triticum aestivum*) انتخاب و تهیه نقشه تناسب زمین برای گندم را با تلفیق الگوریتم تحلیل سلسله‌مراتبی فازی با سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند در این مطالعه بیش‌ترین وزن برای عمق خاک (۰/۲۳۲) و ارتفاع (۰/۲۱۸) به‌دست آمد. اراضی بسیار مناسب، متوسط و ضعیف برای کشت گندم به‌ترتیب ۲/۶۳، ۹/۸۵ و ۳۲/۵۹ درصد از مساحت منطقه را شامل شد. آیمن و همکاران (۲) تناسب سرزمین را برای کاربری کشاورزی بر اساس پنج معیار بارندگی، دما، درصد شیب، نوع خاک و توزیع آب چاه‌ها ارزیابی کردند سپس لایه‌های مختلف با استفاده از روش هم‌پوشانی وزنی تهیه شد. نتایج نشان داد که که تنها حدود ۰/۲ درصد از کل مساحت برای کشاورزی وابسته به بارندگی (دیم)، بسیار مناسب است، در حالی‌که حدود ۱/٤ درصد برای محصولات آبی مناسب است. دلیل اصلی پایین بودن سطح مناسب برای کشاورزی، حاصلخیزی بسیار پایین خاک و کمبود آب بود.

با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که از اصول مهم و اولیه کشاورزی پایدار، همسو بودن کشت گیاهان با توانایی و استعداد سرزمین جهت تأمین نیازهای بوم‌شناختی آن‌هاست و در گام‌های بعدی می‌توان با مدیریت صحیح زراعی، پایداری کشاورزی را حفظ و تداوم بخشید (۱۳). بنابراین برای شناخت توانایی بوم‌شناختی هر منطقه، بهترین روش آمایش سرزمین و ارزیابی توان آن می‌باشد. زیرا با استفاده از این روش می‌توان منطقه مستعد کشت هر یک از گیاهان را در سطح وسیع با استفاده از اندازه‌گیری در محیط آزمایشگاه و میدانی (مزرعه) تعیین کرد و با اصول مدیریتی هدفمند در جهت پایداری کشاورزی و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست گام برداشت.

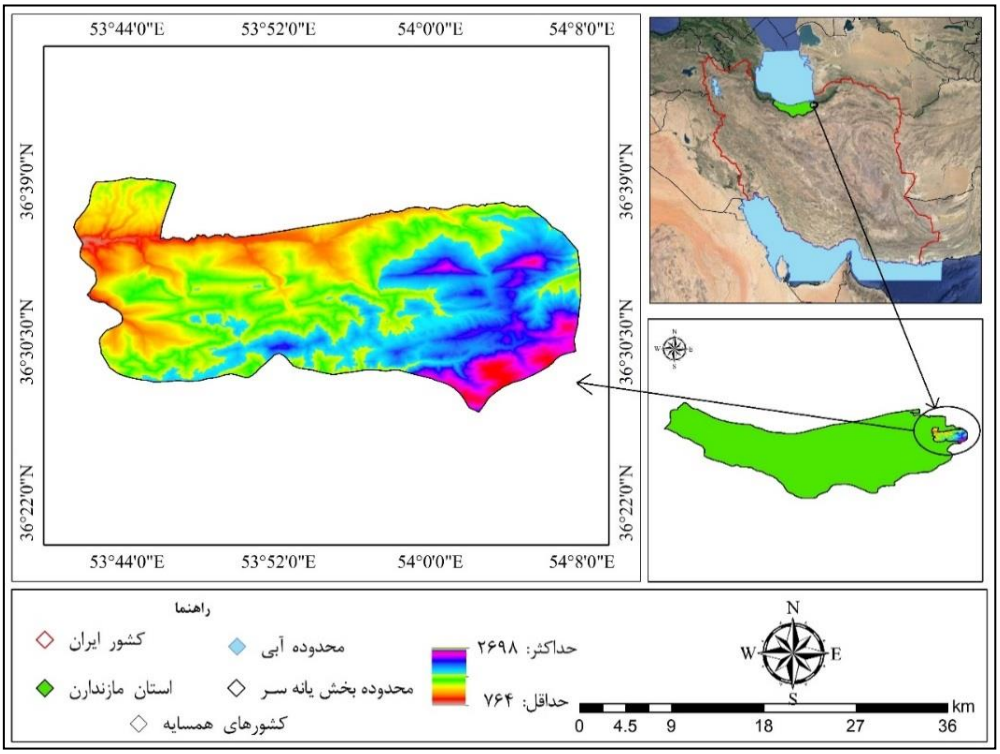
در منطقه یانه‌سر شهرستان بهشهر (استان مازندران) عموماً کشاورزی به‌صورت نظام دیم شامل سه محصول گندم، جو، عدس و سطح کمی هم بصورت زراعت آبی برنج انجام می‌شود. تاکنون در این زمینه مطالعات تناسب اراضی بر اساس ویژگی‌های اقلیمی و خصوصیات خاک انجام نشده است، از طرفی کشاورزی منطقه دارای مشکلات و مسایلی مانند کاهش تولید در واحد سطح، استفاده نادرست از سرزمین و منابع محیطی و ورود بدون مطالعه برخی از محصولات به الگوی کشت منطقه در سال‌های اخیر می‌باشد. بنابراین مطالعه حاضر با هدف ارزیابی زراعی- بوم‌شناختی، شناسایی مزیت‌ها و محدودیت‌های منابع بوم‌شناختی جهت کشت دو گیاه گندم و جو در زمین‌های کشاورزی منطقه یانه‌سر شهرستان بهشهر انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه: این پژوهش در بخش یانه‌سر واقع در ۷۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان بهشهر در استان مازندران با مختصات جغرافیایی ۳٦ درجه و ٦۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۸۸ دقیقه طول شرقی و

1- Yeşilırmak

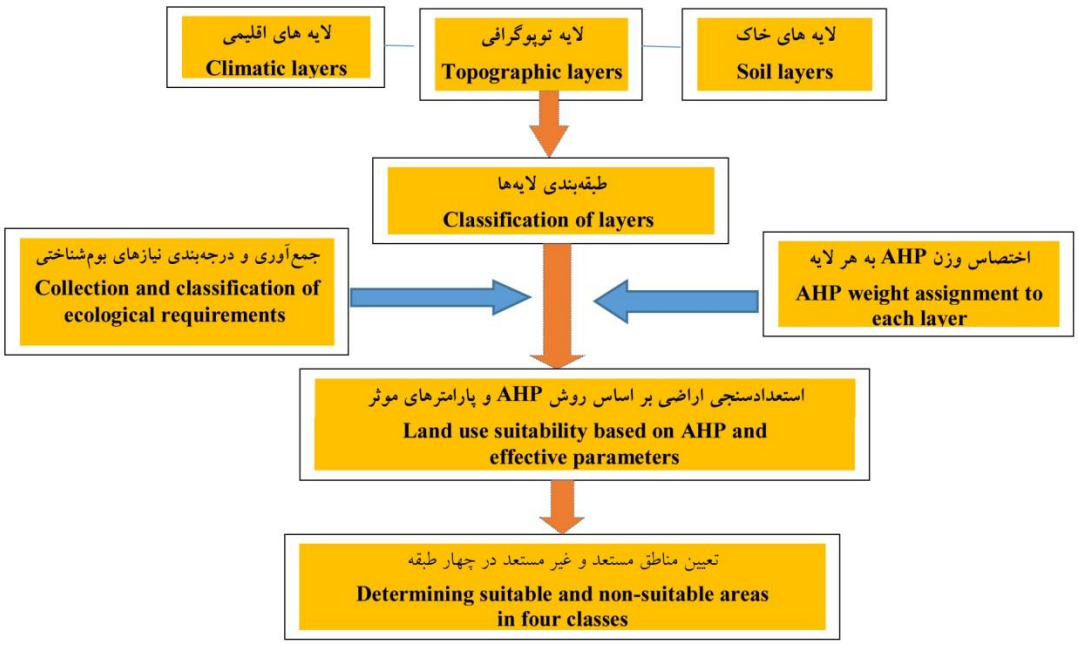
ارتفاع ۷٦٤ تا ۲٦۹۸ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱٤۰۰-۱٤۰۱ انجام شده است. مساحت منطقه یانه‌سر بالغ بر ۵۵۰ کیلومتر مربع است، که شامل زمین‌های زراعی، مرتع، جنگل و باغ می‌باشد (شکل ۱). سطح زیر کشت محصولات زراعی غالب شامل: گندم در حدود ۳۰۰۰ هکتار، جو حدود ۲۰۰۰ هکتار، برنج حدود ۳۳۰ هکتار و عدس حدود ٤۰۰ هکتار است.



شکل ۱- موقعیت منطقه یانه‌سر در شهرستان بهشهر، استان مازندارن و ایران.

Fig. 1. Location of Yaneh-Sar region in Behshahr county, Mazandaran province and Iran.

ارزیابی زراعی- بوم‌شناختی: جهت ارزیابی توان بوم‌شناختی سرزمین ابتدا باید نیازهای محیطی دو گیاه گندم و جو با استفاده از منابع موجود، اسناد کتابخانه‌ای، مقالات و طرح‌های پژوهشی مرتبط مشخص گردد. سپس اطلاعات طبقه‌بندی گردید (۸). این ارزیابی به عنوان هسته مطالعات زیست‌محیطی، بستر مناسبی را برای برنامه‌ریزی های محیطی فرآهم می‌کند (۱۷). پس از طبقه‌بندی اطلاعات، لایه‌های موضوعی (اقلیم، توپوگرافی و خصوصیات خاکی) با استفاده از نرم‌افزار ArcMap تهیه شد. هم‌چنین نیازمندی‌های دو گیاه در طبقات بسیار مستعد، مستعد، نیمه مستعد و غیر مستعد طبقه‌بندی شدند. در انتها با اختصاص وزن، هم‌پوشانی لایه‌ها انجام گردید. شکل ۲ نمودار جریانی این مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودار جریانی ارزیابی تناسب اراضی زراعی بخش یانه‌سر شهرستان بهشهر جهت کشت گندم و جو.

Fig. 2. Flow diagram of land use suitability of agricultural lands in Yaneh-Sar region of Behshahr county for cultivation of wheat and barley.

نیازمندی‌های بوم‌شناختی گیاهان گندم و جو: در پژوهش حاضر با استفاده از منابع علمی و تحقیقات صورت گرفته در زمینه مختلف، نیازهای بوم‌شناختی گیاه گندم و جو مانند دمای کمینه، دمای بیشینه، دمای متوسط، شیب، ارتفاع از سطح دریا، بافت، پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، ماده آلی، نیتروژن کل، EC و pH تهیه شد.

عوامل اقلیمی: لایه‌های اقلیمی منطقه از ۱۳ ایستگاه هم‌دیدی و باران‌سنجی واقع در حاشیه محدوده تحقیق شامل دمای کمینه، بیشینه و متوسط در سال‌های ۱۴۰۱-۱۳۸۳، از اداره آب منطقه‌ای و هواشناسی سه استان مازندارن، گلستان و سمنان تهیه شد. سپس برای تهیه نقشه‌های اقلیمی از روش‌های زمین‌آمار مانند IDW، Kriging و تابع شعاعی استفاده گردید، در نهایت بر اساس مقدار کم‌ترین مقدار خطا، روش IDW برای تهیه نقشه انتخاب شد. مشخصات نیازهای محیطی رشد گیاهان گندم و جو به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- نیازهای بوم‌شناختی گیاه گندم (۱۶).

Table 1. Ecological requirements for wheat plant (16).

غیر مستعد Non-suitable (N)	نیمه مستعد Semi suitable (S3)	مستعد Suitable (S2)	بسیار مستعد High suitable (S1)	متغیر Factors
<200	200-300	300-400	400<	میزان بارش سالانه (میلی‌متر) Annual rain (mm)
<8 30<	8-10 24-30	16-20 20-24	16-20	دمای متوسط سالانه (سانتی‌گراد) Average temperature (ºC)
<4	4-7	7-10	10-15	دمای کمینه سالانه (سانتی‌گراد) Minimum temperature (ºC)
37<	30-37	25-30	20-25	دمای بیشینه سالانه (سانتی‌گراد) Maximum temperature (ºC)
12<	8-12	4-8	0-4	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) (EC dS/m)
<5.5	4.5-5	5.5-5.6 7.5-8.5	5.8-6.7	اسیدیته pH
شنی sandy	شنی لومی، لومی سیلتی، رسی شنی، رسی سیلتی Sandy loam, silty loam, sandy clay, silty clay	لومی‌شنی، لومی لوسی‌شنی Sandy loam, sandy loam	لومی، لومی رسی، رسی، لومی لوسی سیلتی Loam, clay loam, clay, silty loam	بافت خاک Soil texture
12<	8-12	4-8	0-4	شیب (درصد) Slope (%)
غربی و شمالی	جنوب‌غربی، شمال‌غربی	شرقی، شمال شرقی	جنوبی، جنوب شرقی	جهات شیب Aspect
3000<	2000-3000	1000-2000	0-1000	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)
20< <5	18-20 5-8	15-18 8-10	10-15	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe (ml/kg)
6< <.9	2-6	1-1.2	.1-9.1	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cu (ml/kg)
18< <5	15-18 5-7	12-15 7-10	10-12	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P (mg /kg)
<100	100-150	150-200 200-300	200-250	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg /kg)
<0.5	0.5-0.7	0.1-7	1<	نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم) N (mg /kg)
<1	1-2	2-3	3<	ماده آلی (درصد) OM (%)
50< <20	25-50	20-25	20-40	آهک (درصد) TNV (%)

جدول ۲- نیازهای بوم‌شناختی گیاه جو (۱۵ و ۱۶).

Table 2. Ecological requirements for barley plant (15, 16).

غیر مستعد (N) Non-suitable (N)	نیمه مستعد (S3) Semi suitable (S3)	مستعد (S2) Suitable (S2)	بسیار مستعد (S1) High Suitable (S1)	متغیر Factors
<150	150-200	200-300	300<	میزان بارش سالانه (میلی‌متر) Annual rain (mm)
<8 30<	8-10 24-30	12-15 20-24	15-20	دمای متوسط سالانه (سانتی‌گراد) Average temperature (ºC)
<4	4-7	7-10	10-15	دمای کمینه سالانه (سانتی‌گراد) Minimum temperature (ºC)
37<	30-37	25-30	20-25	دمای بیشینه سالانه (سانتی‌گراد) Maximum temperature (ºC)
16<	8-16	4-8	0-4	شوری (دسی‌زیمنس بر متر) (EC dS/m)
<5 8<	5-6	6-6.8 8-8.5	6.8-8	اسیدیته pH
سایر کلاس‌ها Other classes	لومی‌شنی و رسی Loam and clay	رسی‌شنی، رسی‌سیلتی و شنی‌لومی Clay-sandy, clay-silty and sandy-loamy	لومی رسی، لومی، لومی‌رسی‌شنی، لومی‌سیلتی لومی رسی‌سیلتی Clay loam, loam, sandy loam, silty loam, silty clay loam	بافت خاک Texture
12<	8-12	4-8	0-4	شیب (درصد) Slope (%)
غربی و شمالی	جنوب غربی، شمال غربی	شرقی، شمال شرقی	جنوبی، جنوب شرقی، بدون جهت	جهات شیب Aspect
3000<	2000-3000	1000-2000	0-1000	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)
20< <5	5-8 18-20	8-10 15-18	10-15	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) Fe (mg /kg)
6< <0.9	2-6	1-1.2	0.1-9.1	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Cu (mg /kg)
18< <5	5-7 15-18	7-10 12-15	10-12	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) P (mg /kg)
300< <100	100-150	150-200 250-300	200-250	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) K (mg /kg)
<0.5	0.5-0.7	0.1-7	1<	نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم) N (mg /kg)
<1	1-2	2-3	3<	ماده آلی (درصد) OM (%)
50< <4	25-50	20-25	4-20	آهک (درصد) TNV (%)

توپوگرافی: لایه‌های توپوگرافی شامل شیب، جهت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا را با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی[1] استان مازندارن با دقت ۳۰ متری تهیه شد. سپس محدوده مطالعاتی در نرم‌افزار GIS 10.8.2 با دستور Extract by mask برش داده و براساس جدول نیازهای محیطی طبقه‌بندی شد. منطقه مورد مطالعه بین ۲۶۹۸ و ۷٦٤ متر از سطح دریا واقع شده است. شیب غالب منطقه ۱۲-۰ درصد و جهت غالب منطقه شمال و شمال غربی است.

خاک: در منطقه مطالعاتی ۱۲۸ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری با در نظر گرفتن موقعیت مزارع در هر یک از روستاها، با روش W تهیه شد، موقعیت مکانی نمونه‌ها با استفاده از GPS مدل گارمین ثبت و نمونه‌های تهیه شده داخل کیسه‌های پلاستیکی در بسته و تحت شرایط مناسب به محیط آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شد. عناصر و ویژگی‌های مورد نیاز مانند، K، P، Cu، Mn، N، Fe، TNV، OM، EC، pH و OC خاک اندازه‌گیری شد. برای تهیه نقشه هر یک از موارد از روش‌های درون‌یابی (IDW[2]، Kriging، تابع شعاعی و تابع چند جمله‌ای) استفاده گردید.

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP): برای اجرای فرآیند AHP و ارزیابی وزن معیارها و زیرمعیارها، از پرسشنامه استفاده شد. بدین‌منظور از طریق تکمیل پرسشنامه از ۲۵ نفر کارشناسان علوم کشاورزی، اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Export Choice تجزیه و تحلیل گردید. ضریب ناسازگاری هر پرسشنامه اگر کم‌تر از ۰/۱ بود، به عنوان پرسشنامه معتبر مدنظر قرار گرفت. در غیر این صورت کنار گذاشته شد. در نهایت، وزن هر متغیر تعیین شد.

اجرای مدل همپوشانی وزنی: ابتدا لایه‌های اولیه شامل اقلیمی (بارش متوسط، دمای کمینه، دمای متوسط و دمای بیشینه)، توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و شیب و جهت جغرافیایی) و خصوصیات خاک (وزن مخصوص ظاهری خاک، پتاسیم، فسفر، مس، منگنز، نیتروژن، آهن، درصد آهک، ماده آلی، هدایت الکتریکی، pH و کربن آلی خاک) به‌صورت رستر تهیه شد؛ سپس بر اساس نیاز بوم‌شناختی گیاه، طبقه‌بندی لایه‌ها صورت گرفت. در ادامه برای تهیه لایه نهایی تناسب اراضی در محدوده اراضی زراعی، هم لایه‌های محیطی با استفاده از ابزار حسابگر شبکه‌ای[3] و اختصاص وزن هر لایه حاصل از AHP تلفیق و همپوشانی وزنی انجام شد. این کار به‌صورت جداگانه برای هر گیاه انجام گردید. در انتها لایه‌نهایی استعدادسنجی به چهار طبقه با ارزش بسیار مستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و غیر مستعد تقسیم‌بندی شد.

برآورد خطا: معیارهای ارزیابی استفاده شده در این مطالعه عبارت بودند از میانگین خطای اریب یا انحراف[4]، جذر میانگین مربع خطا[5] و میانگین قدرمطلق درصد خطا[6] (روابط ۱ تا ٤) (٦، ۱۸). اصولاً مناسب‌ترین روش درون‌یابی، روشی است که حداقل مقادیر RMSE را داشته باشند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i^* - Z_i)^2}{n}} \qquad (۱)$$

1- Digital Elevation Model
2- Inverse distance weighting
3- Raster Calculator
4- Mean Bias Error
5- Root Mean Square Error
6- Mean Absolute Percentage Error

که در آن، Z^* مقدار تخمین زده شده و Z_i مقدار مشاهده شده در نقطه iام و n تعداد مشاهدات می‌باشد.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{N}(E_S - E_O)}{N} \quad (۲)$$

$$MAPE = \frac{100}{N} \times \sum_{N=1}^{N} \left| \frac{E_S - E_O}{E_S} \right| \quad (۳)$$

که در آن، ES، مقادیر تخمینی، EO مقادیر مشاهده، N تعداد داده است.

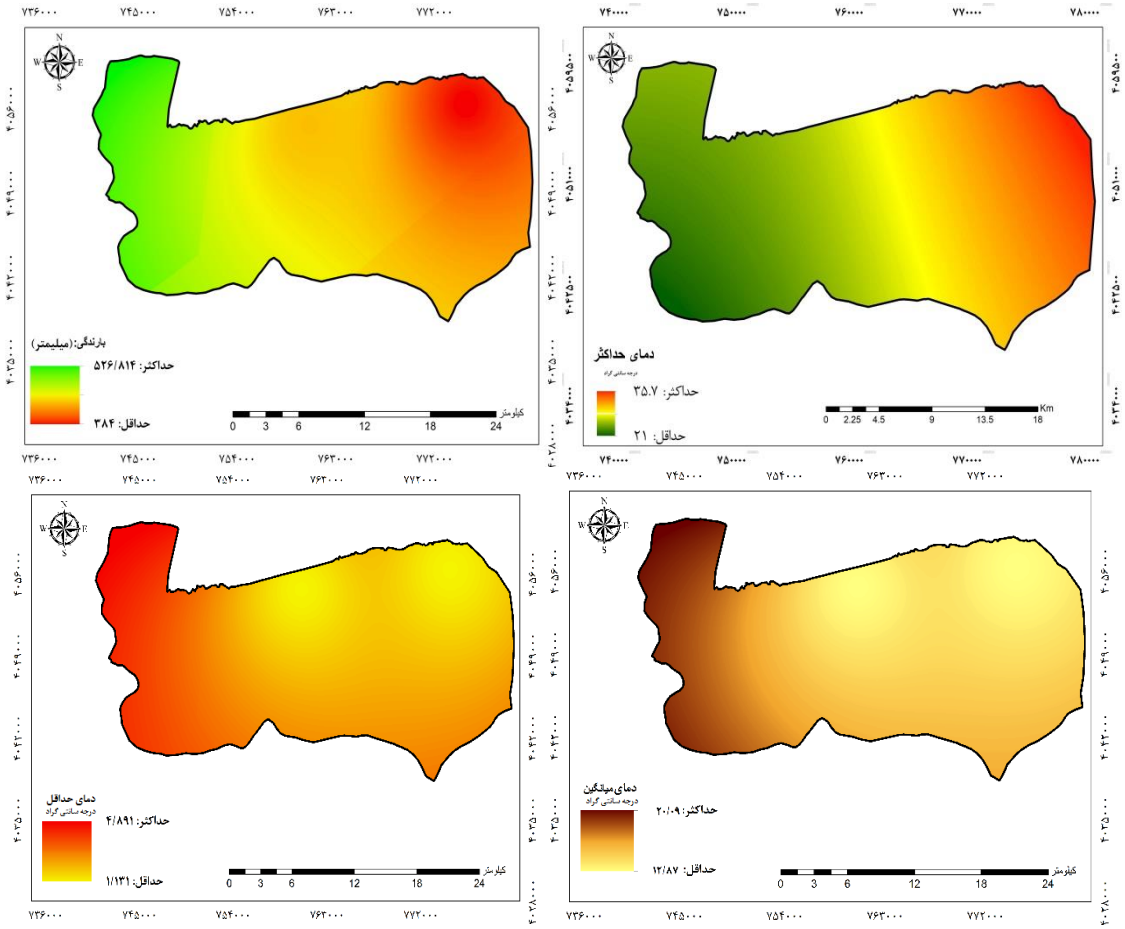
نتایج و بحث

از بین روش‌های زمین‌آماری مدل IDW با توان ۱ و ۲ کم‌ترین مقدار خطا را نسبت به بقیه مدل‌ها برای تهیه نقشه‌های اقلیمی (دما و بارش) داشت. بیش‌ترین مقدار بارش در منطقه ۵۲۶ میلی‌متر بود که بیش‌تر در نواحی غربی منطقه متمرکز شده است (شکل ۳). جدول ۳ نتایج برآورد خطای هر یک از مدل‌ها را نشان می‌دهد نقشه‌های دمای کمینه، متوسط و بیشینه سالانه نشان داد که بیش‌ترین تغییرات دمایی در شرق منطقه است (شکل ۳).

جدول ۳- نتایج محاسبه مقادیر خطا حاصل از روش‌های میانیابی عوامل اقلیمی.

Table 3. The results of calculation of error values obtained from interpolation methods of climatic parameters.

متغیر Variable	روش یا مدل برتر Best method / Model	شاخص Index	مقادیر خطا Error values
بارندگی سالانه Annual rain	IDW با توان ۱ Power1	RMSE	0.027
		MBE	0.796
		MAE	0.868
دمای حداکثر Maximum temperature	IDW با توان ۲ Power2	RMSE	0.102
		MBE	0.756
		MAE	0.625
دمای حداقل Minimum temperature	IDWبا توان ۲ Power2	RMSE	0.018
		MBE	0.695
		MAE	0.672
دمای متوسط سالانه Average temperature	IDW با توان ۱ Power1	RMSE	0.102
		MBE	0.412
		MAE	0.619



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی عوامل اقلیمی بخش یانه‌سر بهشهر جهت استعدادیابی گیاه گندم و جو.

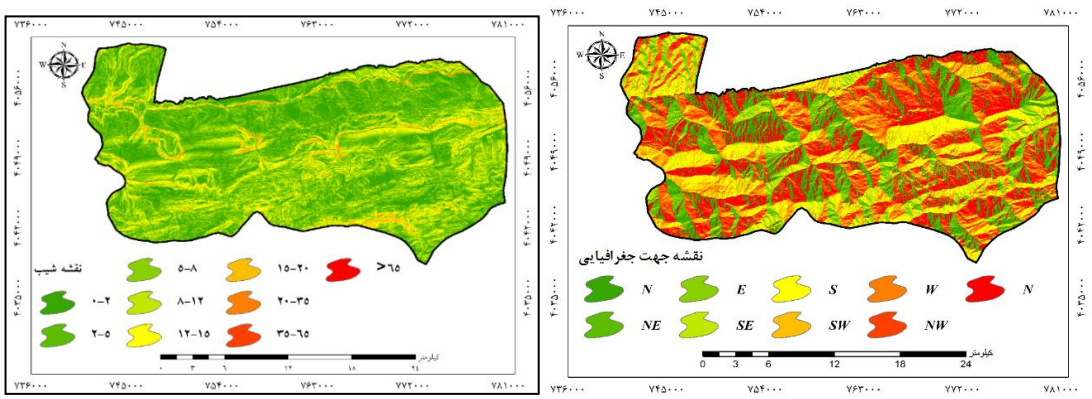
Fig. 3. Zoning map of climatic parameters of Yaneh-Sar region, Behshahr county for the potential for wheat and barley.

بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که عامل اقلیمی بارش متوسط سالانه دارای بیش‌ترین وزن و تأثیرگذارترین عامل نسبت به سایر پارامترهای اقلیمی است. به عبارتی نقش بارش در تعیین استعداد اراضی کشاورزی برای کشت گندم و جو از بقیه متغیرها مهم‌تر است. فرهادیان‌عزیزی و همکاران (٦) در اراضی دیم شهرستان گنبد کاووس نشان دادند که بارش یک عامل محدودکننده برای رشد گیاهان است هم‌چنین نصرالهی و همکاران (٢٤) بارش و برخی خصوصیات خاک را عامل محدودهکننده برای کشت گندم در اراضی دیم معرفی کردند. پورهادیان (٢٩) نیز عامل اقلیمی را در رتبه اول عوامل تأثیرگذار بر روی کشت ارزن در اراضی استان لرستان معرفی کرد. خروجی طبقه‌بندی لایه‌های اقلیمی به‌صورت نقشه در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به اطلاعات ایستگاه‌های موجود در داخل منطقه و خارج از آن و بار درنظر گرفتن فواصل نقشه هم‌باران مشخص شد که بیش‌ترین مقدار بارش سالانه در منطقه ٥٢٦/٨١٤ و کم‌ترین مقدار آن ٣٨٤ میلی‌متر است. با توجه به نقشه به‌دست آمده قسمت غرب منطقه دارای بارندگی بیش‌تری نسبت به شرق منطقه بود. هم‌چنین مقدار دمای کمینه سالانه منطقه بین ٤/٨٩١ و ١/١٣١ درجه سانتی‌گراد قرار داشت. منطقه موردنظر کوهستانی بوده و دارای ارتفاع از سطح دریای بالایی است.

در این مطالعه برای تهیه نقشه هریک از پارامترهای اقلیمی از مدل‌های مختلف پهنه‌بندی استفاده شد. سپس براساس کم‌ترین مقدار خطا (RMSE) مدل مناسب انتخاب شد. نتایج تعیین خطای پارامترهای بارندگی، حداقل، حداکثر و میانگین دمای سالانه منطقه بر اساس ایستگاه‌های هم‌دیدی نشان داد که مدل عکس فاصله وزنی با مقادیر به ترتیب ۰/۰۲۷، ۰/۰۱۸ و ۰/۱۰۲ برای سه پارامتر کم‌ترین میزان خطا را داشت.

با ارزیابی پارامترهای توپوگرافی، شیب، ارتفاع و جهت جغرافیایی در روش وزن‌ها AHP آن‌ها به‌ترتیب ۰/۳۶۷ و ۰/۳۵ به‌دست آمد که دارای بیش‌ترین وزن و اهمیت برای تعیین استعدادسنجی کشت گیاهان در منطقه بود. کم‌ترین وزن و اهمیت را پارامتر شیب با وزن ۰/۲۸۳ دارد. به‌طورکلی برای کشت گندم و جو، ارتفاع و جهت شیب عوامل مهمی محسوب می‌شوند. به‌طوری‌که حنفی و خوشحال‌دستجردی (۱۲) جهت شیب را عاملی مؤثر در توسعه و کشت گیاه گندم در استان زنجان معرفی کردند.

جدول ۳ پارامترهای توپوگرافی و سایر پارامترها را بر اساس وزن و رتبه آن‌ها نشان می‌دهد. بر اساس بررسی‌های انجام شده روی نقشه‌های شیب، جهت و ارتفاع منطقه یانه‌سر شهرستان بهشهر، مشخص شد که این منطقه در محدوده ارتفاعی ۷٦٤ تا ۲٦۹۸ متر از سطح دریا واقع شده است. شیب منطقه بر اساس مدل رقومی ارتفاعی در ٦ طبقه تقسیم و نقشه آن در شکل ٤ نشان داده شده است. بر اساس اطلاعات موجود بیش‌تر مساحت منطقه در محدوده شیب صفر تا ۱۵ درصد قرار گرفت. نقشه جهات جغرافیایی نیز نشان داد که بیش‌تر منطقه دارای جهت جغرافیایی شمال و شمال شرقی است. کاظمی و همکاران (۱٦) میزان بارش و پتانسیل منابع آبی و جهت جغرافیایی را مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه معرفی کردند. کاظمی (۱۵) در مطالعه خود جهت پهنه‌بندی زراعی- بوم‌شناختی گرگان برای کشت جو لخت عوامل جهت جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا را از عوامل محدودکننده رشد معرفی کردند و عوامل مانند دمای کمینه و بیشینه را غیرمحدودکننده اعلام نمودند. عباسی و همکاران (۱) نیز برای مکان‌یابی مناسب مناطق کشت گندم دیم در استان خراسان شمالی بیان کردند که پارامترهای اقلیمی مانند دما و بارش نقش عمده‌ای در محدود کردن رشد گیاه گندم در منطقه دارند، هم‌چنین جهت جغرافیایی شمالی محدودکننده‌ترین عامل برای رشد بود.



شکل ٤- نقشه عوامل توپوگرافی در بخش یانه‌سر شهرستان بهشهر.

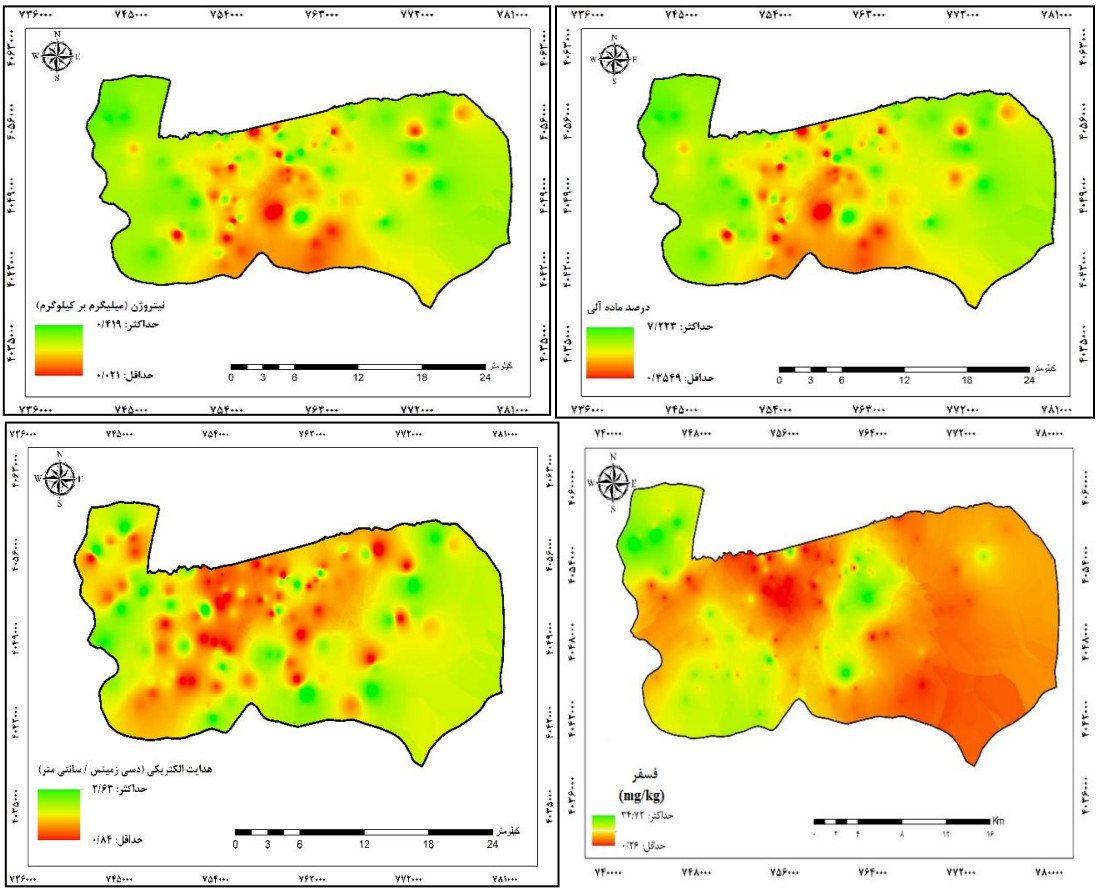
Fig. 4. Map of topographic factors in Yaneh-Ser region of Behshahr county.

محدوده هدایت الکتریکی در اراضی کشاورزی بین ۲/٦۳ تا ۰/۸٤ دسی‌زمینس بر سانتی‌متر متغیر بود. کم‌ترین مقدار آن که ۰/۸٤ دسی‌زمینس بر سانتی‌متر بود که در ناحیه مرکزی و شمال مشاهده شد. هم‌چنین نقشه پراکنش نیتروژن خاک نشان داد که این پارامتر خاک بین ۰/٤۱۹ تا ۰/۰۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرار دارد. با توجه به نقشه پراکنش نیتروژن خاک بیش‌تر منطقه دارای مقدار ۰/٤۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و نواحی مرکزی و جنوب این منطقه حداقل مقدار نیتروژن (۰/۰۲۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) داشت. نقشه پراکنش ماده آلی در کشاورزی منطقه با روش تابع چندجمله‌ای با درجه ۳ و کم‌ترین مقدار RMSE (۰/۰۸۳) به‌دست آمد. پراکنش ماده آلی خاک (OM) بین ۷/۲۲۳ تا ۰/۳٥٤۹ درصد قرار داشت. نواحی مرکزی و جنوب این منطقه دارای حداقل درصد ماده آلی (۰/۳٥٤۹ درصد) است. مدل مناسب برای تهیه نقشه ماده آلی، کریجینگ با روش گوسی بود که مقدار خطای آن ۰/۹۸٥ به‌دست آمد. نقشه فسفر خاک نیز با استفاده از مدل عکس فاصله وزنی (IDW) با مقدار برابر با (۰/۸۰۱) تهیه شد (جدول ٤). مقدار این پارامتر بین ۰/۲٦ تا ۳٤/۷۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم واقع شده است. pH موجود در خاک منطقه نشان داد که مقدار این متغیر بین ۷/٦۰۹ تا ٥/۹۱٤ قرار دارد. این نشان‌دهنده این است که خاک منطقه اسیدی تا حدودی قلیایی است. نقشه پراکنش pH خاک نشان داد که قسمت بیش‌تر خاک منطقه از حدود خنثی تا خیلی کم قلیایی قرار دارد. کم‌ترین مقدار pH ٥/۹۱٤ است که به‌صورت پراکنده و نقطه‌ای در شرق و مرکز منطقه واقع شده است. هم‌چنین وضعیت TNV در خاک اراضی کشاورزی منطقه نشان داد که دامنه ۳٤/۰۷ تا ٤/٥۷ قرار دارد. بیش‌تر منطقه دارای آهک بالایی بودند و نواحی شمال شرقی و غرب و جنوب غرب کم‌ترین مقدار آهک را داشتند. در همین راستا فرهادیان عزیزی و همکاران (٦) اشاره کردند که در منطقه گنبد کاووس کمبود ماده آلی و شوری خاک دو عامل محدودکننده رشد گیاه گندم به حساب می‌آید. به‌طورکلی بارش و دما دو عامل مهم در طی مراحل رشد گیاهان گندم جو در این منطقه و بیش‌تر مناطق محسوب می‌شوند جز عوامل محدودکننده رشد گیاهان به‌حساب می‌آیند.

جدول ٤- نتایج محاسبه مقادیر خطا حاصل از روش‌های میانیابی متغیرهای خاکی.

Table 4. The results of calculation of error values obtained from interpolation methods of soil parameters.

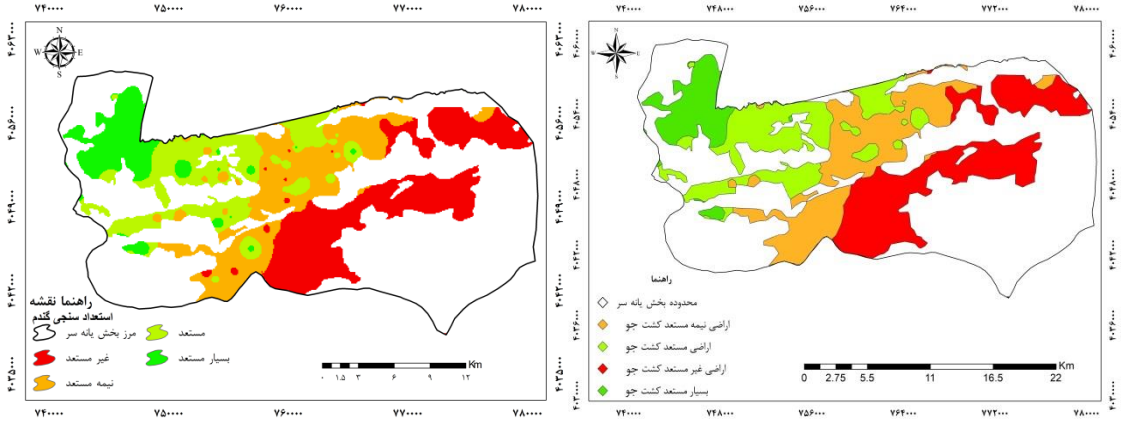
روش Method	مدل Model	ماده آلی (درصد) OM	نیتروژن (درصد) (N)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) (P ppm)	pH	EC (ds/m)
		RMSE	RMSE	RMSE	RMSE	RMSE
کریجینگ Kriging	کروی Spherical	0.995	1.004	0.99	0.289	0.407
	نمایی Exponential	1.005	0.994	1	0.303	0.404
	گوسی Gaussian	0.985	0.108	0.991	0.300	0.412
تابع شعاعی Radial basis function	چندربعی Multiquadric function	1.425	0.097	0.825	0.324	0.421
	چندربعی معکوس Function Multiquadric I	1.491	0.115	0.861	0.314	0.403
	نواری کم ضخامت Function tension with S	1.481	0.085	0.821	0.336	0.401
تابع چندجمله‌ای Polynomial	درجه ۱ Degree 1	1.441	0.089	0.891	0.339	0.412
	درجه ۲ Degree2	1.489	0.095	0.951	0.398	0.409
	درجه ۳ Degree3	1.521	0.083	0.871	0.325	0.428
وزن‌دهی فاصله معکوس Idw	توان ۱ Power1	1.417	0.086	0.808	0.296	0.327
	توان ۲ Power2	1.409	0.091	0.801	0.305	0.358
	توان ۳ Powe3	1.513	0.991	0.818	0.313	0.393



شکل ۵- نقشه متغیرهای خاکی مؤثر در تعیین استعداد اراضی برای کشت گندم و جو در بخش یانه‌سر بهشهر.

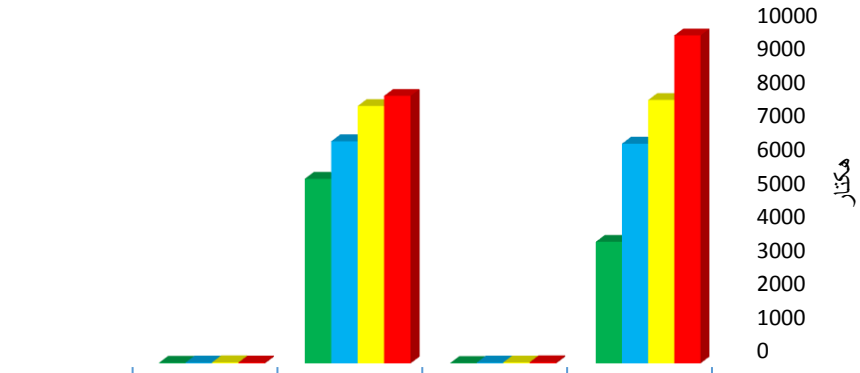
Fig. 5. Map of soil parameters effective in determining land potential for wheat and barley cultivation in Yaneh-Ser Behshahr county.

نتایج پهنه‌بندی اراضی زراعی-بوم‌شناختی کشت دو گیاه گندم و جو نشان داد که بخش‌های شمال و مرکز منطقه از مطلوبیت عوامل محیطی برخوردار بوده است و قسمت‌هایی از شرق، شمال شرق و جنوب منطقه در منطقه غیرمستعد قرار دارد (شکل ٦). مساحت پهنه‌ها در شکل ۷ نشان داده است.



شکل ٦- نقشه نهایی اراضی دارای استعداد کشت گندم و جو در بخش یانه‌سر، شهرستان بهشهر.

Fig. 6. The final map of land use suitability in wheat and barley in Yaneh-Sar region of Behshahr county.



	%	جو	%	گندم
غیر مستعد	27.6	7941.2	35.1	9730.7
نیمه مستعد	28.6	7641.2	28.2	7819
مستعد	23.7	6596	23.5	6526.8
بسیار مستعد	20.1	5486.6	13.3	3615.8

شکل ۷- مساحت و درصد مناطق مختلف با قابلیت‌های کشت برای گندم و جو در بخش یانه‌سر شهرستان بهشهر به هکتار.

Fig. 7. The area of different areas with cropping capabilities for wheat and barley in Yaneh-Sar region of Behshahr county as hectares.

جدول ۵- وزن معیارهای اصلی و زیر معیارهای هر معیار جهت استعدادسنجی گیاه گندم.

Table 5. The weight of the main criteria and sub-criteria of each criterion for assessing wheat land suitability.

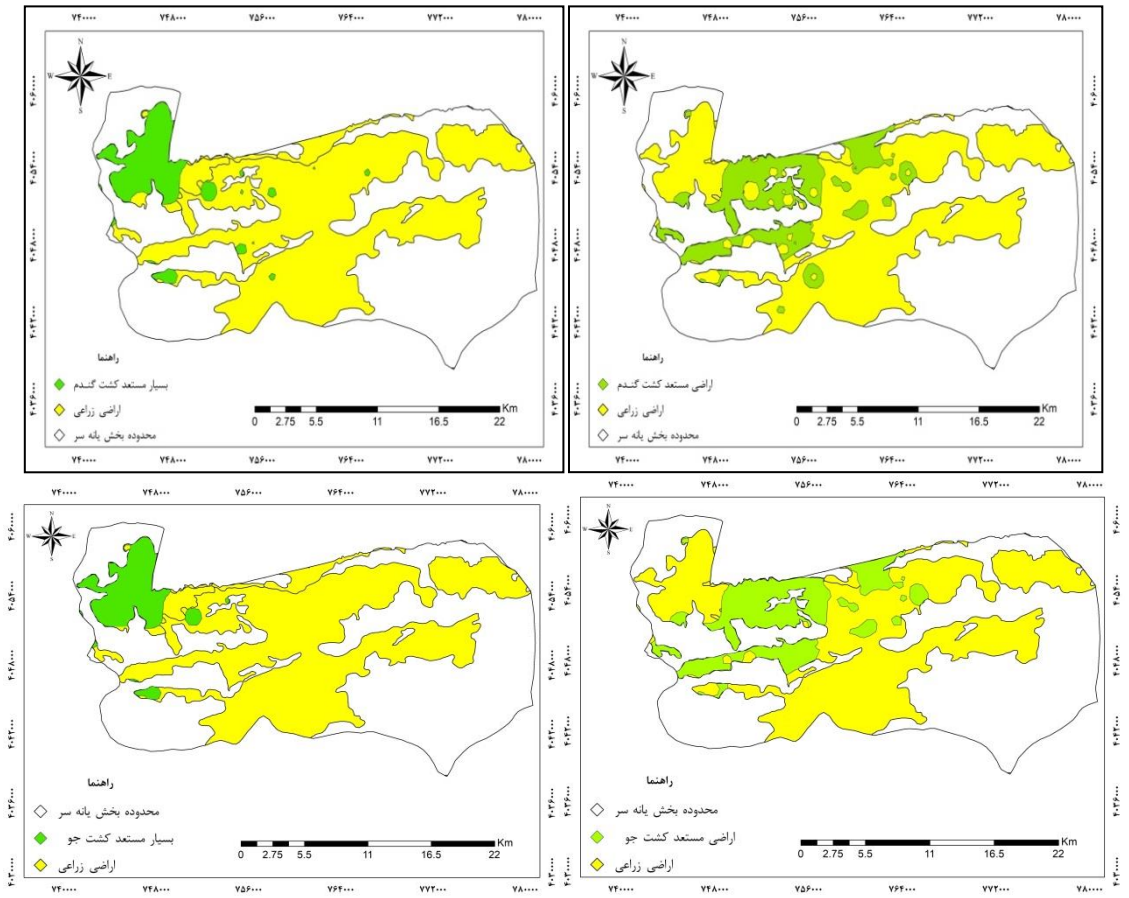
نرخ ناسازگاری IR	رتبه Rank	وزن Weight	زیرمعیارها Sub-criteria	ضریب وزن‌دهی Weighting factor	معیارهای اصلی Main criteria
0.059	1	0.421	بارش (Rain)	0.371	عوامل اقلیمی Climatic variables
	2	0.218	دمای متوسط (Average Temperature)		
	3	0.184	دمای بیشینه (Maximum Temperature)		
	4	0.177	دمای کمینه (Minimum Temperature)		
0.052	2	0.331	ارتفاع (Elevation)	0.275	عوامل توپوگرافی Topographic variables
	1	0.353	شیب (Slope)		
	3	0.316	جهت شیب (Aspect slope)		
0.091	7	0.075	بافت خاک (Texture)	0.352	پارامترهای خاک Soil parameters
	6	0.078	EC		
	9	0.07	pH		
	3	0.102	N		
	5	0.088	K		
	4	0.093	P		
	10	0.055	Fe		
	2	0.103	OC		
	13	0.046	TNV		
	11	0.05	Mn		
	12	0.049	Cu		
	1	0.118	ماده آلی (درصد) (OM)		
	8	0.072	وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Soil bulk density (gr/m^3)		

جدول ٦- وزن معیارهای اصلی و زیرمعیارهای هر معیار جهت استعدادسنجی گیاه جو.

Table 6. The weight of the main criteria and sub-criteria of each criterion for measuring the aptitude of barley wheat land suitability.

معیارهای اصلی Main criteria	وزن Weight	زیرمعیارها Sub-criteria	وزن Weight	رتبه Rank	نرخ ناسازگاری IR
عوامل اقلیمی Climatic variables	0.415	بارش (Rain)	0.442	1	0.001
		دمای متوسط (Average Temperature)	0.191	3	
		دمای بیشینه (Maximum Temperature)	0.168	4	
		دمای کمینه (Minimum Temperature)	0.199	2	
عوامل توپوگرافی Topographic variables	0.289	ارتفاع (Elevation)	0.468	1	
		شیب (Slope)	0.268	2	
		جهت شیب (Aspect slope)	0.263	3	
پارامترهای خاک Soil parameters	0.295	بافت خاک (Texture)	0.195	2	
		EC	0.085	5	
		pH	0.08	7	
		N	0.093	3	
		K	0.083	6	
		P	0.091	4	
		Fe	0.058	9	
		OC	0.085	5	
		TNV	0.055	10	
		Mn	0.053	11	
		Cu	0.053	11	
		OM	0.105	1	
		وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Soil bulk density (gr/m^3)	0.066	8	

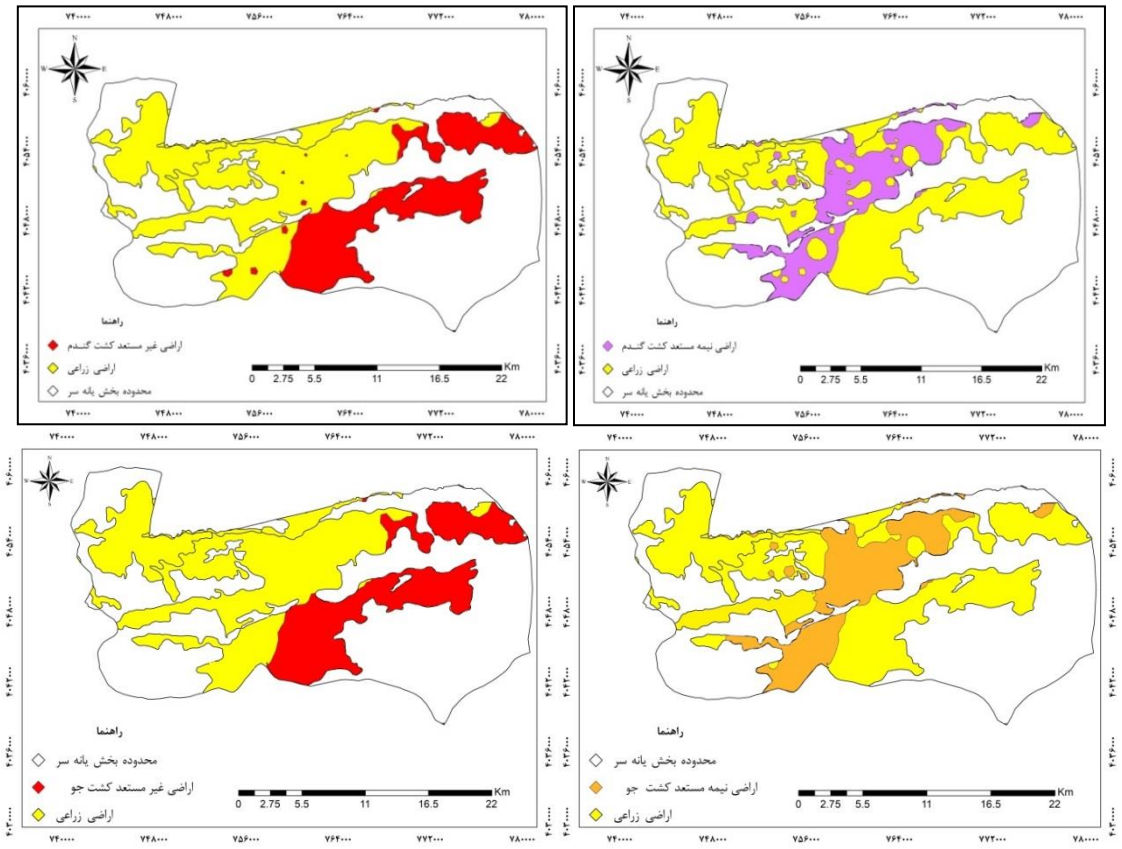
مناطق بسیار مستعد برای کشت گیاه گندم و جو به ترتیب در شمال، شمال غرب و بخش‌هایی از مرکز واقع شده است. مساحت این مناطق برای دو حالت بسیار مستعد و مستعد به ترتیب ۱۳/۳، ۲۳/٦ درصد برای گیاه زراعی گندم و برای جو نیز ۲۰/۱ و ۲۳/۷ درصد از منطقه در دو وضعیت بسیار مستعد و مستعد شامل شد. گیاه جو بیش‌ترین انطباق با شرایط محیطی در قسمت شمال غربی و مرکزی منطقه را داشت. یکی از علت‌های اصلی وجود بخش مستعد و بسیار مستعد رویش گیاهان گندم و جو در منطقه، میزان بارش بالاتر در قسمت‌های غربی منطقه است به‌طوری‌که خروج نقشه‌ها نشان می‌دهد با حرکت از سمت غرب به شرق منطقه از میزان نزولات و بارندگی سالانه کاسته می‌شود.



شکل ۸- نقشه پهنه بسیار مستعد و مستعد جهت کشت گندم و جو در اراضی کشاورزی بخش یانه‌سر شهرستان بهشهر.

Fig. 8. Map of the highly suitable and suitable area for wheat and barley cultivation in the agricultural lands of Yaneh-Ser Behshahr county.

اراضی با استعداد نیمه مستعد و غیر مستعد برای دو گیاه گندم و جو به صورت نقشه در شکل ۹ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مناطق نیمه‌مستعد و غیرمستعد کشت گندم بیش‌تر در شرق و جنوب شرقی با درصد مساحت ۲۸/۲ و ۳۵/۱ درصد برای گندم و ۲۸/٦ و ۲۷/٦ درصد برای جو را شامل می‌شود. مناظق غیر مستعد گندم نسبت به مناطق غیر مستعد جو از درصد بالاتری برخوردار بوده که به‌علت مقاومت بیش‌تر به خشکی و شوری گیاه جو نسبت به گندم است. این مناطق بیش‌تر در قسمت‌های مرکزی متمایل به شرق و جنوب شرقی منطقه را در بر می‌گیرد. از دلایل اصلی این محدودیت شرایط دمایی و کمبود فسفر خاک است. بر اساس ارزیابی پارامترهای خاکی، اقلیمی و توپوگرافی نصرالهی و همکاران (۲٤) در مطالعه خود در شهرستان آق‌قلا بیان کردند که میزان اندک بارش، نامناسب بودن برخی متغیرهای خاک pH و شوری بالا، بافت نامناسب، پتاسیم و کلسیم بالا، فسفر، آهن و ماده آلی پایین و شیب بالا یکی از عوامل اصلی محدودکننده کشت گندم در منطقه است. حنفی خوشحال‌دستجردی (۱۲)، در مطالعه خود در استان زنجان مشخص کردند که بیش‌تر منطقه دارای کشت نیمه مستعد و غیرمستعد است و دلیل آن را مناطق مرتفع و پرشیب رشته کوه‌های البرز دارای وضعیت متوسط و ضعیف از لحاظ کشت گندم معرفی کردند. در مجموع با توجه به نتایج به‌دست آمده و مشخصات منطقه، عوامل اصلی محدودکننده کشت گندم، اقلیم و برای جو خصوصیات خاکی و توپوگرافی است.



شکل ۹- نقشه پهنه نیمه مستعد و غیر مستعد جهت کشت گندم و جو در اراضی کشاورزی بخش یانه‌سر بهشهر.

Fig. 9. Map of semi- suitable and non- suitable classes for wheat and barley cultivation in the agricultural lands of Yaneh-Ser region, Behshahr county.

نتیجه‌گیری

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی زراعی-بوم‌شناختی اراضی زراعی شهرستان بهشهر جهت کشت دو گیاه گندم و جو با استفاده از تحلیل‌های مکانی GIS و AHP در سال ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد و نقشه نهایی در چهار طبقه بسیار مستعد، مستعد، نیمه مستعد و غیر مستعد طبقه‌بندی شد. باتوجه به نیازهای بوم‌شناختی تقریبا مشابه دو گیاه زراعی گندم و جو، مساحت پهنه‌های مستعد اختلاف چندانی در منطقه نداشت که دلیل آن شرایط مناسب اقلیمی، ماده آلی و فسفر در این مناطق بوده اما پهنه با قابلیت غیرمستعد برای دو گیاه در قسمت‌های مرکزی، جنوب و بخشی از شمال غرب مشاهده شد. از علت‌های اصلی غیر مستعد بودن این مناطق، کمبود فسفر و عوامل اقلیمی مثل کاهش بارندگی سالیانه و نوسانات دمایی بود زیرا با توجه به خروجی نقشه DEM، مناطق مذکور به دلیل دارا بودن ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر، جز مناطق غیر مستعد طبقه‌بندی شدند. پیشنهاد می‌شود با انجام یکسری اقدامات مانند توصیه کودی جهت جبران کمبود فسفر خاک، ماده آلی و بالا بردن حاصلخیزی و هم‌چنین توصیه به استفاده از ارقام مقاوم به سرما و خشکی به توان پهنه‌های ضعیف ارتقا یابد.

منابع

1. Abbasi, F., Ehteramian, K., Khazanedari, L., Gharaei, S., & Asmari, M. (2013). Locating the Most Suitable Dry Land Wheat Areas (Case study: North Khorasan Province). *Journal of Climate Research*, 13, 57-72.
2. Aymen, A. T., Al-husban, Y., & Farhan, I. (2021). Land suitability evaluation for agricultural use using GIS and remote sensing techniques: The case study of Ma'an Governorate, Jordan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 24(1), 109-117.
3. Bidadi, M. J., Kamkar, B., Abdi, O., & Kazemi, H. (2015). Land Suitability Analysis on Rainfed Wheat Cropping Using Geospatial Information Systems (A Case Study: Qaresoo Basin). *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 25(1), 131-143. [In Persian]
4. Corbett, J. D. (1996). The changing face of agro ecosystem characterization: Models and spatial data, the basis for robust agro ecosystem characterization. Proceedings of the Third International Conference on the Integration of GIS and Environmental Modeling, Santa Fe, New Mexico, January. **<http://www.sbg.ac.at/ geo/idrisi/GIS Environmental modeling/ sfpapers/ corbett/ corbett.htm> (last accessed 08.12.13).**
5. FAO (Food and Agriculture Organization). (2009). How to Feed the World in 2050; FAO: Rome, Italy.
6. Farhadiyan Azizi, Sh., Kazemi, H., & Soltani, A. (2018). Agroecological evaluation of Gonbad–e-Kavous township for rainfed wheat cultivation by spatial analysis of GIS. *Journal of Crop Production*, 11(2), 1-17. **doi: 10.22069/ ejcp.2018.9934.1778.**
7. Farhadiyan Azizi, Sh., Kazemi, H., & Soltani, A. (2019). The occurrence probability estimation of climatic factors affected on rainfed autumn wheat and barley in agricultural lands of Aq-Qala, Kalale and Gonbad Kavous by spatial analysis of GIS. *Journal of Crop Production*, 12(2), 1-16. **doi: 10.22069/ ejcp.2019.12388.1961.**
8. Giardini, L., Borin, M., Giupponi, C., & Bonini Baraldi, A. (1997). La classificazione agronomica del territorio: proposta metodologica del sistema CAT II. *Genio Rurale*, 5, 53-64.
9. Grassano, N., Tedone, L., Verdini, L., & De Mastro, G. (2011). Evaluation of rapeseed cultivation suitability in Apulia with GIS-multicriteria analysis. *Italian Journal of Agronomy*, 6(2), e16-e16.
10. Halabian, A. H., & Esmaeli, N. (2017). Land suitability evaluation based on the climatic elements for canola cultivation using fuzzy and AHP model in Kordestan. *Journal of Environmental Science and Technology*, 19(4), 133-150. **doi: 10.22034/jest.2017.11629.**
11. Hanafi, A., & Khushal Dastjerdi, C. (2016). Identification of favorable areas for dry wheat cultivation in Zanjan province based on agricultural climate parameters, Islamic Azad University, Ahar Branch, *Geographical Space*, 17 (59), 66-47. [In Persian]
12. Kamkar, B., Dorri, M. A., & Da Silva, J. A. T. (2014). Assessment of land suitability and the possibility and performance of a canola (*Brassica napus* L.)–soybean (*Glycine max* L.) rotation in four basins of Golestan province, Iran. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(1), 95-104.
13. Kazemi, H. (2014). Agroecological zoning of Gorgan agricultural lands for hulless barley cropping base on Boolean logic. *Journal of Crop Production*, 6(4), 165-185. [In Persian]
14. Kazemi, H., & Akinci, H. (2018). A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). *Ecological Engineering*, 116, 1-6.
15. Kazemi, H., Sadeghi, S., & Akinci, H. (2016). Developing a land evaluation model for faba bean cultivation

using geographic information system and multi-criteria analysis (A case study: Gonbad-Kavous region, Iran). *Ecological Indicators*, 63, 37-47.

16. Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., & Sadeghi, S. (2014). Agro-Ecological Zoning of Golestan Province Lands for Soybean Cultivation Using Geographical Information System (GIS). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(4), 21-40. [In Persian]
17. Kılıc, O. M., Ersayın, K., Gunal, H., Khalofah, A., & Alsubeie, M. S. (2022). Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(4), 2634-2644.
18. Koocheki, H., Hosseini, M., & Hashemi Dezfooli, A. (2008). *Sustainable Agriculture*, (Translation), University Jihad Press of Mashhad, 162, [In Persian]
19. Loboguerrero, A. M., Campbell, B. M., Cooper, P. J. M., Hansen, J. W., Rosenstock, T., & Wollenberg, E. (2019). Food and earth systems, priorities for climate change adaptation and mitigation for agriculture and food systems. *Sustainability*, 11(5), 1372.
20. Makhdoom, M. (2012). Land use Planning Fundamental. University of Tehran Press. [In Persian]
21. Matiei-Langroudi, S. H., Nasiri, H., Azizi, A., & Mustafa, A. (2011). Modeling the ecological capacity of the land from the perspective of agricultural and pasture land uses using the Fuzzy AHP method in the GIS environment, (Case study of Morodasht city). *Amish Sarmeen*, 4 (6), 101-124. **10.22059/ JTCP.2012.28792.** [In Persian]
22. Mowo, J. G., Janssen, B. H., Oenema, O., German, L. A., Mrema, J. P., & Shemdoe, R. S. (2006). Soil fertility evaluation and management by smallholder farmer communities in northern Tanzania. *Agriculture Ecosystem Environment*, 116, 47-59.
23. Nasrallhi, N., Kazemi, H., Kamkar, B., & Sadeghi, S. (2015). Agro-ecological assessment of the lands of Aqqla city (Golestan province) for dry wheat cultivation using geographic information system (GIS), *Journal of Agriculture*, 110, 94-83. [In Persian]
24. Nazari Viand, F., Koohestani, H., Zarifian, Sh., & Kazemieh, F. (2020). Land suitability assessment for agriculture using analytical hierarchy process in northern parts of Khalkhal county (Case study: Mikaeel abad catchment). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 93(9), 225-239. [In Persian]
25. Panah Nezhad, V., Ahmadi Sani, N., & Javanmard, A. (2022). Spatial Multi-Criteria Analysis of Ecological Land Suitability for Irrigated Farming. *Journal of Agroecology*, 14(2), 219-233. [In Persian]
26. Pellerano, A., Pantaleo, A., Tenerelli, P., & Carone, M. T. (2007). Studio per la valorizzazione energetica di biomasse agroforestali nella Regione Puglia. Dipartimento PROGESA, Università di Bari, Italy, 207.
27. Pirbalouti, A. G. (2009). GIS-based land suitability evaluation for rapeseed oil crop. *Journal of Food Agriculture Environment*, 7, 837-840.
28. Pourhadian, H. (2021). Land suitability of Lorestan province lands for the second cultivation of forage millet using Geographic Information System (GIS), Network Analysis Process (ANP) and fuzzy logic. *Journal of Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 31(4), 287-302. **doi: 10.22034/saps. 2021.42810.2576.**
29. Pretty, J., Toulmin, C., & Williams, S. (2011). Sustainable intensification in African agriculture. *International Journal of Agricultural Sustain*, 9, 5-24.
30. Rahman, R., & Saha, S. K. (2008). Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood

prone area. *Journal of Spatial Science*, 53(2), 161-177.

31. Raimi, A., Adeleke, R., & Roopnarain, A. (2017). Soil fertility challenges and biofertiliser as a viable alternative for increasing smallholder farmer crop productivity in sub-Saharan Africa. *Cogent Food Agriculture*, 3, 1400933.
32. Reshmidevi, T. V., Eldho, T. I., & Jana, R. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural Systems*, 101(1-2), 101-109.
33. Rezvan, S., Kazemi, H., & Ghaderi-Far, F. (2018). Temporal and spatial feasibility of hull-less barley cropping in agricultural lands of Gorgan township. *Cereal Research*, 8(1), 127-138. **doi: 10.22124/c.2018.3133.**
34. Safaripour, M., & Naseri, D. (2019). Ecological Land Capability Evaluation for Agriculture and Range Management Using WLC Method (Case study: Onarchay watershed, Ardabil province). *Journal of Environmental Science and Technology*, 21(8), 113-123. **doi: 10.22034/jest.2020.22063.3120.**
35. Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability, an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(2), **https:// doi.org/ 10.1186/ s40538-016-0085-1.**
36. Tarashi, M., Rahemi Karizki, A., Biabani, A., & Salahi Farahi, M. (2020). Land suitability evaluation of Golestan province for planting Pisum sativa based on climatic factors. *Iranian Journal Pulses Research*, 11(1), 62-73. **doi: 10.22067/ijpr.v11i1.70708.**
37. Tavanpour, N., & Asghar Ghaemi, A. (2016). Zoning of Fars Province in Terms of Rain-fed Winter Wheat Cultivation Based on Precipitation and Morphological Factors. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 10(4), 544-555.
38. Tuanpour, N., & Ghaemi, A. A. (2015). Zoning of Fars province in terms of dry season wheat cultivation based on rainfall parameters and morphological factors, *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 4 (10), 555-544. [In Persian]