

ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه قره‌سو)

محمد جواد بیدادی^{1*}، بهنام کامکار²، امید عبدی³، حسین کاظمی⁴

تاریخ دریافت: 92/9/30 تاریخ پذیرش: 93/11/20

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و مدرس دانشگاه پیام نور داراب

2- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

3- کارشناس ارشد اداره منابع طبیعی شهرستان گرگان

4- استادیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

* مسئول مکاتبه: Email:bidadi@yahoo.com

چکیده

استفاده درست و بهینه از اراضی نیازمند ارزیابی دقیق منابع بوم‌شناختی کشاورزی می‌باشد. ارزیابی توان اراضی جهت کشت محصولات مختلف اولین اولویت راهبردی جهت افزایش تولید و بهینه‌سازی مصرف منابع است. تحقیق حاضر به منظور شناخت عوامل و عناصر اقلیمی، توپوگرافی و شوری مؤثر بر کشت گندم دیم در حوزه قره‌سو استان گلستان و پهنه‌بندی نواحی مستعد کشت این محصول با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام شد. برای این کار ابتدا نیازهای بوم‌شناختی گندم دیم با استفاده از منابع علمی موجود تعیین و درجه‌بندی گردید. سپس نقشه‌های موضوعی مورد نیاز تهیه و طبقه‌بندی شدند. متغیرهای محیطی مورد مطالعه شامل دمای کمینه، دمای متوسط، دمای بیشینه، بارش، شیب، جهت شیب، ارتفاع و هدایت الکتریکی (EC) بودند. از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن معیارها استفاده شد. در نهایت با تلفیق و هم‌پوشانی این نقشه‌ها در محیط GIS نقشه پهنه‌بندی گندم دیم استخراج گردید. نتایج حاصل از پهنه‌بندی نشان داد که گندم در 4 پهنه (خیلی مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب) از نظر تناسب اراضی قرار می‌گیرند. حدود 5170 هکتار (6 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 3 درصد از مساحت کل اراضی حوزه دارای تناسب بالایی جهت کشت گندم دیم بودند. بارش مناسب، شیب‌های کمتر و رو به جنوب و همچنین هدایت الکتریکی در حد مطلوب از ویژگی‌های این مناطق است. همچنین نتایج نشان دادند که حدود 909 هکتار (معادل 1/5 درصد) از اراضی زراعی حوزه قره‌سو که زیر کشت گندم دیم بودند، پتانسیل کشت این محصول را نداشتند.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، حوزه قره‌سو، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

Land Suitability Analysis on Rainfed Wheat Cropping Using Geospatial Information Systems (A Case Study: Qaresoo Basin)

Mohammad Javad Bidadi^{1*}, Behnam Kamkar², Omid Abdi³, Hosein Kazemi⁴

Received: December 21, 2013 Accepted: February 9, 2015

1MSc Student of Agroecology, Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resources and Lecture in Darab Payam Noor University.

2Assoc. Prof. Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses.

3Technician of GIS and RS, Gorgan Office Natural Resources.

4Assist. Prof. Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Recourses.

*Corresponding Author: bidadi_67@yahoo.com

Abstract

Optimal use of lands heavily relies on careful assessment of agro-ecological resources. Evaluation of potential lands for various cultivated crops is the first strategic priority to increase production and optimized use of resources. This present study was aimed to identify effective climatologic, topographic and soil-related factors on rainfed wheat cropping in Qaresoo basin of Golestan province and determination of suitable areas to produce this crops usings Geographical Information System (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP). At first, ecological requirements of rainfed wheat was identified from scientific literatures and then were classified to provide thematic maps. In this study, minimum, average and maximum temperatures, precipitation, slope, aspect, elevation and EC were considered. The Analytical Hierarchy Process (AHP) was used to find weight of each factor. Finally, the maps were provided and overlaid in GIS media and afterward the zoning of areas for rainfed wheat cultivation was done. Results showed that wheat grown lands would be located in four suitability classes. About 5170 hectares (6%) of the agricultural areas and 3% of the total area of the Qaresoo basin were located in high suitable class for rainfed wheat cultivation. Suitable precipitation, lower slope and projecting to south slopes and also the desirable electrical conductivity were the reasons make these regions suitable. Also, results showed that about 909 hectares (1.5%) of Qaresoo basin lands that now are cultivating by rainfed wheat, have not required potency to produce this crop.

Keywords: Analytical Hierarchy Process (AHP), Geographical Information System (GIS), Land Suitability, Qaresoo Basin.

مقدمه

تقریباً یک ششم از کل زمین‌های زراعی جهان زیر کشت گندم است. در ایران نیز گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن بالغ بر نیمی از

در بین تمامی گیاهان زراعی گندم بیش‌ترین سطح زیر کشت را در جهان به خود اختصاص داده است.

و بار جهانی ملل متحد (1978-1980) رهیافتی را جهت دستیابی به تولید غذا و شناخت هر چه بیشتر ناحیه بوم‌شناختی-زراعی (AEZ)¹ توسعه داده است، این رهیافت، تعیین پتانسیل بوم‌شناختی منابع زمینی برای تولیدات کشاورزی و تخمین تناسب اراضی است. با مشخص کردن مناطق مساعد کشت و توصیه‌های لازم، در عمل می‌توان افزایش عملکرد محصول و استفاده بهینه از شرایط اقلیمی را ارایه داد (کمالی همکاران 1387). یکی از مهم‌ترین توانایی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی توانایی هم‌پوشانی نقشه‌های مختلف یک منطقه برای رسیدن به یک نقشه کامل قابل استفاده برای کاربردهای مورد نظر است، به طوری که برای تهیه نقشه کاربردی یک منطقه که به طور جامع شامل اطلاعات خاکشناسی، پوشش گیاهی، آب‌شناختی و توپوگرافی می‌باشد، ابتدا چهار نقشه مربوطه را جداگانه تهیه نموده و با نرم‌افزارهای سامانه اطلاعات جغرافیایی این چهار نقشه هم‌پوشانی داده می‌شوند تا یک نقشه جامع از منطقه مورد نظر حاصل شود (طاهرکیا 1375). فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)² یکی از سیستم‌های تصمیم‌گیری برای معیارهای چندگانه می‌باشد که بر پایه دانش کارشناسی استوار است. در این فرآیند می‌توان گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت داد و در ضمن امکان تحلیل حساسیت روی پارامترها هم وجود دارد. چن و همکاران (2010) به ارزیابی جامع نواحی بوم‌شناختی مساعد تنباکو بر مبنای GIS³ و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در استان حنان⁴ چین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که بیش‌تر نواحی غرب و جنوب این منطقه، نواحی بسیار مناسب کشت تنباکو می‌باشند که طبق محاسبات حدود 22/52 درصد از منطقه را شامل می‌شود. برزگری و خلیلی (1380) با تحلیل عناصر و عوامل آب و هوایی در محیط GIS

اراضی زیر کشت گیاهان زراعی (حدود 6/68 میلیون هکتار) است. در سال 2010 میلادی کل سطح برداشت شده گندم در جهان 216/77 میلیون هکتار، میانگین عملکرد دانه 3005 کیلوگرم در هکتار و کل گندم تولید شده 651/4 میلیون تن بود (فائو 2012). در ایران بخش عمده گندم به صورت دیم کشت می‌شود اما سهم زراعت آبی از کل تولید گندم، علی‌رغم کمتر بودن سطح زیر کشت، بیشتر از زراعت دیم است (فائو 2012). در سال زراعی 88-89 کل سطح برداشت شده گندم در ایران 7/03 میلیون هکتار، میانگین عملکرد 2136 کیلوگرم دانه در هکتار و میزان کل تولید دانه گندم 15/028 میلیون تن بود (فائو 2012). استان گلستان یکی از قطب‌های تولید گندم در کشور است و با داشتن 398160 هکتار سطح زیر کشت گندم، مقام هشتم را در بین استان‌های کشور دارا می‌باشد. از نظر میزان تولید در واحد سطح (هکتار)، استان گلستان مقام چهارم را در میان سایر استان‌های کشور دارد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان 0931). با توجه به اهمیت راهبردی گندم و مشکلات تولید آن نظیر بالا رفتن قیمت نهاده‌ها جهت تولید گندم و بحران آب و مشکل کم آبی جهت کشت، شناسایی مناطق مساعد برای کاشت این گیاه زراعی بر اساس داده‌های اقلیمی باعث افزایش عملکرد آن خواهد شد.

در عصر حاضر محدودیت منابع و افزایش روزافزون جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای محصولات غذایی، ایجاب می‌کند که از منابع محدود به نحو بهینه استفاده شود (کمالی و همکاران 1387). عامل افزایش محصول در کشورهای توسعه یافته، شناخت امکانات بالقوه اقلیمی و نیازهای آب و هوایی گیاهان و استفاده از این موضوع در جهت افزایش کارایی می‌باشد. شناخت پارامترهای آب و هوایی و اثر آن‌ها بر روی گیاهان یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در افزایش عملکرد و به تبع آن بالا بردن تولید می‌باشد و این موضوع به ویژه در شرایط کشاورزی دیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (کمالی و همکاران 1389). سازمان خوار

1- Agro Ecological Zoning

2- Analytic Hierarchy Process

3- Geographic Information System

4- Henan

نسبی هر عامل مشخص گردد. از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (PHA) برای تعیین وزن معیارها استفاده شد. این کار از طریق طراحی پرسشنامه‌های PHA و تکمیل آن توسط 30 متخصص زراعت شاغل در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و جهاد کشاورزی استان گلستان و همچنین اعضای هیئت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت گرفت. بعد از جمع‌آوری نظرات کارشناسان و متخصصان جهت سهولت کار نتایج در قالب جداولی خلاصه‌بندی شد. مرحله بعد از مقایسات زوجی پارامترها، محاسبه وزن عوامل بود. برای محاسبه وزن هر یک از عوامل با استفاده از افزونه PHA در محیط Arc GIS 9.3.1 لایه طبقه‌بندی شده عوامل تأثیرگذار بر پهنه‌بندی فراخوانی شد و به این ترتیب وزن عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی محصول مورد نظر به تفکیک محاسبه شد (کاظمی، 1391). قبل از به کارگیری وزن‌ها جهت اطمینان از سازگاری مقایسات، نرخ سازگاری محاسبه گردید. پس از استخراج اوزان از پرسشنامه‌ها و نیز تهیه لایه‌های رستری طبقه‌بندی شده، این لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS فراخوانی شدند. تلفیق و روی هم‌گذاری لایه‌ها با اختصاص وزن PHA مختص به هر لایه، انجام شد (همپوشانی وزنی). در نهایت استعدادسنجی منطقه مورد مطالعه جهت کشت گندم در صورت گرفت. پس از تعیین پتانسیل اراضی، جهت تعیین کاربری فعلی اراضی از نقشه کاربری اراضی حوزه قره‌سو که از تصاویر ماهواره IRS استخراج گردید، استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه

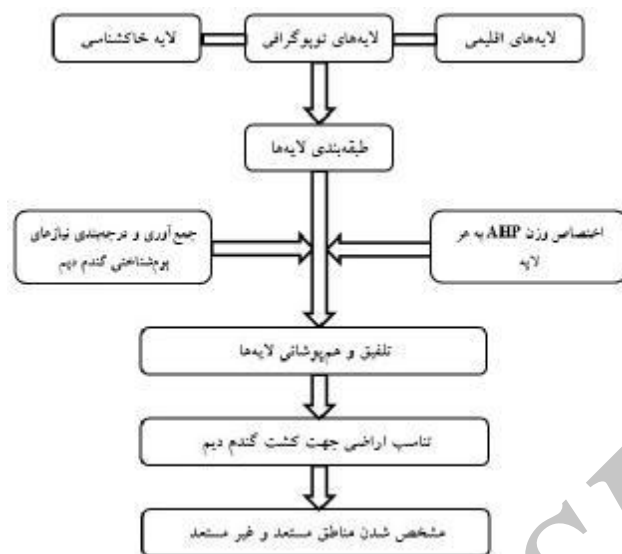
منطقه مورد مطالعه حوزه قره‌سو واقع در شهرستان گرگان است که مساحتی معادل 162372 هکتار دارد و در مختصات جغرافیایی 36 درجه و 34 دقیقه تا 36 درجه و 47 دقیقه طول شرقی و 54 درجه و 3 دقیقه تا 54 درجه و 37 دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل 2).

پهنه‌بندی کشت گندم در استان کردستان انجام دادند. نتایج حاصل بیانگر این بود که پهنه‌بندی گندم در استان کردستان از نظر توان اقلیمی تولید گندم، اطلاعات بارندگی و درجه حرارت 9 ایستگاه هواشناسی را جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار داده است. هدف تحقیق حاضر ارزیابی تناسب اراضی جهت کشت گندم در حوزه قره‌سو (استان گلستان) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بود.

مواد و روش‌ها

فرآیند پهنه‌بندی شامل مراحل شناخت دقیق از محدوده مطالعاتی، گردآوری و آماده‌سازی داده‌ها، تعیین عوامل تأثیرگذار، تهیه نقشه عوامل تأثیرگذار و تلفیق نقشه‌ها و تهیه نقشه‌های خروجی می‌باشد. نمودار جریان‌ی مراحل کار در شکل 1 نشان داده شده است.

ابتدا محدوده مورد مطالعه، از لایه کاربری اراضی استان گلستان جدا شد. جهت استعدادسنجی مناطق مستعد کشت گندم، نیازهای بوم‌شناختی گندم با استفاده از منابع علمی موجود (جدول 1) تعیین و درجه‌بندی گردید. سپس نقشه‌های موضوعی مورد نیاز تهیه و طبقه‌بندی شدند. متغیرهای محیطی مورد مطالعه شامل دمای کمینه، دمای متوسط، دمای بیشینه، بارش، شیب، جهت شیب، ارتفاع و هدایت الکتریکی (EC) بودند. بعد از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه بر اساس جدول نیازهای محیطی گندم، در چهار طبقه خیلی مناسب، نسبتاً مناسب، ضعیف و نامناسب صورت گرفت. در نهایت با تلفیق و هم‌پوشانی این نقشه‌ها در محیط GIS نقشه پهنه‌بندی گندم در استان استخراج گردید. با توجه به این‌که عوامل محیطی جهت تعیین تناسب اراضی فراوان بوده و دارای اهمیت یکسانی نمی‌باشند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری بهتر لازم بود تا اهمیت



شکل 1- نمودار جریان‌ی مراحل کار

جدول 1- نیازهای بوم‌شناختی گندم

عوامل	دمای پایه (°C)	دمای مطلوب (°C)	دمای سقف (°C)	بارش (mm)	شیب (درصد)	جهت شیب	ارتفاع (متر)	EC (دسی‌زیمنس بر متر)
نیاز بوم‌شناختی	3/24	26/8-28	37	>250	<12	جنوبی شرقی	<2500	<6
منبع	احمدی (1387)	احمدی (1387)	احمدی (1387)	سیس (1991)	کاظمی (1391)	کاظمی (1391)	رسولی (1384)	سیس (1991)

می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان 1389).

تهیه لایه‌های اقلیمی

به منظور تهیه نقشه متغیرهای اقلیمی برای کل سطح منطقه از اطلاعات دراز مدت (15 ساله از سال 1373 تا سال 1388) هفت ایستگاه هم‌دیدگی و اقلیم‌شناسی استان استفاده شد. این اطلاعات و داده‌ها مربوط به دوره رشد گندم در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بدین منظور از رگرسیون چندگانه که در آن هر عامل اقلیمی به عنوان متغیر وابسته و بسته به شرایط، مختصات جغرافیایی منطقه (یعنی طول و عرض

این حوزه دارای 124 روستا و 2 شهرستان (گرگان و کردکوی) می‌باشد و در بخش شمالی به دشت و نقاط کم ارتفاع و در بخش جنوبی به دامنه‌ها و نقاط مرتفع‌تر منتهی می‌شود و ارتفاع آن در پایین‌ترین نقطه 13 متر پایین‌تر و در بالاترین نقطه 3221 متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. میانگین، حداقل و حداکثر دمای سالیانه منطقه مورد مطالعه به ترتیب معادل 17، 12/3 و 21 درجه سانتی‌گراد و میانگین بارش سالیانه آن 600 میلی‌متر می‌باشد. سطح زیر کشت گندم در استان گلستان 385387 هکتار است که از این مقدار 221217 هکتار به صورت کشت دیم و 164170 هکتار کشت آبی

زمین‌آمار⁷ (کریجینگ) استفاده شد. پس از تعیین مدل‌های برتر از طریق رگرسیون چندگانه، لایه‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده و دقت و صحت آن‌ها آزمون شد. محدوده شبیه‌سازی لایه‌ها، میانگین دمای ماه‌های فصل رشد گندم (15 آذرماه تا 15 خردادماه) بود که با استفاده از روش آمار سلولی⁸ تهیه شد.

کریجینگ⁹ یک روش زمین‌آمار برای درون‌یابی داده‌ها بر اساس واریانس فضایی است. مانند IDW که در آن نزدیکی به نقاط نمونه به عنوان وزن برآورد محسوب می‌شود، در کریجینگ نیز واریانس فضایی تابعی از فاصله شناخته می‌شود (روبینسون و میترنیچ 2006). برای تهیه لایه‌های اقلیمی از این روش استفاده شد (کازمی 1391). مقدار کریجینگ از رابطه 1 محاسبه شد:

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad \text{رابطه [1]}$$

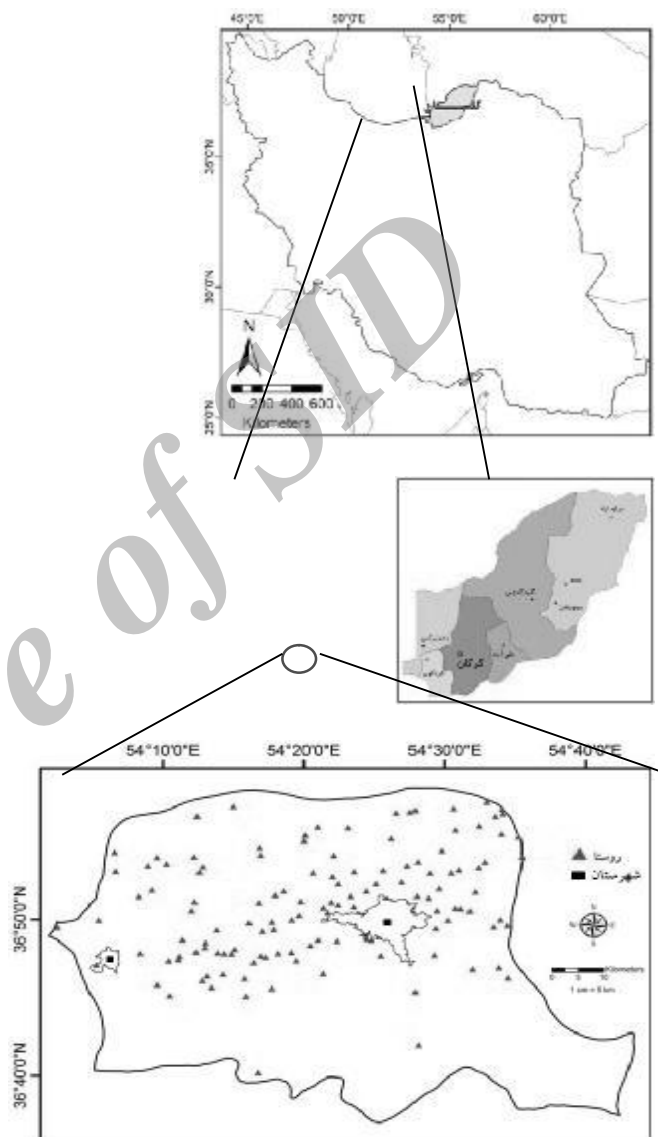
که در آن $Z(x_0)$ تخمین مقدار متغیر Z در نقطه x_0 و λ_i وزن‌های آماری اختصاص یافته به مقادیر Z در نقاط x_i می‌باشد.

دما

دما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی برای رشد گندم است. دلی و همکاران (1996) دمای مناسب برای سبز شدن گندم را 4 درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. احمدی (1387) دمای پایه گندم رقم کوه‌دشت که بیش‌ترین سطح زیر کشت را در استان گلستان دارد، 3/42 درجه سانتی‌گراد، دمای مطلوب آن را بین 28- و 26/8 و دمای سقف را 37 درجه سانتی‌گراد گزارش کرد. بارش

مناطق که در آن گندم به صورت دیم کشت می‌شود، نیاز به بارندگی بیش از 200 میلی‌متر در طول فصل رشد دارند. حداقل مقدار بارندگی برای کشت گندم دیم زمستانه، حدود 250 تا 300 میلی‌متر است. در

جغرافیایی بر اساس سیستم UTM⁵ یا جغرافیایی و ارتفاع منطقه به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند، استفاده شد.



شکل 2- منطقه مورد مطالعه (حوزه قره‌سو استان گلستان)

به منظور تعیین مختصات نقاط مرکزی شبکه و استخراج نقاط ارتفاعی مرکز پیکسل‌ها، از مدل رقومی ارتفاعی زمین (DEM)⁶ با کیفیت 20 متر و برای تهیه لایه‌های رستری درون‌یابی شده عوامل اقلیمی (دمای کمینه، دمای متوسط، دمای بیشینه و بارش) از روش

7- Geostatistic

8- Cell Statistics

9- Kriging

5- Universal Transverse Mercator

6- Digital Elevation Model

استفاده گردید. سپس این لایه بر اساس نیازهای بوم‌شناختی گندم طبقه‌بندی شد. در روش وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW)¹² برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری، بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول یک وزن مشخص در نظر گرفته می‌شود. سپس این اوزان توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به‌طوری‌که توان‌های بزرگ‌تر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش داده و توان‌های کوچک‌تر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آن‌ها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه تخمین هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند (داویس 1987). برای تهیه نقشه هدایت الکتریکی (EC) خاک از این روش استفاده شد (کاظمی 1391). مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه 2 محاسبه شد:

رابطه [2]

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^n D_i^{-\alpha}}$$

که در آن: λ_i وزن ایستگاه i ام، D_i فاصله ایستگاه i ام تا نقطه مجهول و α توان وزن‌دهی می‌باشد.

هدایت الکتریکی (EC) خاک

با توجه به این‌که شوری خاک یکی از عوامل مهم محدودکننده کشت محصولات است، در این تحقیق تاکید بر روی این پارامتر بوده است. گندم تا EC 4 دسی‌زیمنس بر متر را تحمل می‌کند. تا EC کمتر از 6 دسی‌زیمنس بر متر هیچ‌گونه کاهش محصول ندارد. با EC 7/4 مقدار 10 درصد کاهش محصول، با EC 9/5 مقدار 25 درصد کاهش محصول، با EC 13 مقدار 50 درصد کاهش محصول و با EC 20 دسی‌زیمنس بر متر 100 درصد کاهش محصول دارد (سیس، 1991).

تعیین نیازهای بوم‌شناختی گندم دیم

مناطق که بارندگی کمتر از 250 میلی‌متر باشد، آبیاری ضروری است (سیس 1991).

تهیه لایه‌های توپوگرافی

برای بررسی و پردازش وضعیت توپوگرافی منطقه مورد مطالعه از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با کیفیت 20 متر استفاده شد. برای تهیه مدل رقومی ارتفاعی از تصاویر ماهواره‌ای IRS¹⁰ استفاده شد. از روی لایه DEM، نقشه‌های شیب، جهات شیب و نقشه طبقات ارتفاعی استخراج و طبقه‌بندی شدند. مبنای طبقه‌بندی این نقشه‌ها نیازهای بوم‌شناختی محصول مورد مطالعه بود.

نقشه شیب

نقشه شیب بر حسب درصد، با استفاده از لایه مدل رقومی ارتفاعی زمین با کیفیت 20 متر تهیه و برای محصول مورد مطالعه طبقه‌بندی شد.

نقشه جهات شیب

نقشه جهت شیب نیز با استفاده از لایه مدل رقومی ارتفاعی زمین با کیفیت 20 متر ساخته شد. لایه نهایی برای محصول مورد مطالعه در 4 جهت اصلی (شمال، شرق، جنوب و غرب) طبقه‌بندی گردید. نقشه طبقات

ارتفاعی

برای تهیه نقشه طبقات ارتفاعی از لایه مدل رقومی ارتفاعی زمین با کیفیت 20 متر استفاده شد و برای محصول مورد مطالعه طبقه‌بندی گردید.

تهیه لایه خاکشناسی

در این مطالعه از بین پارامترهای مختلف خاک، پارامتر هدایت الکتریکی (EC)¹¹ مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب که از نقاط نمونه‌گیری شده توسط سازمان جهاد کشاورزی، که از عمق صفر تا 30 سانتی‌متر خاک در سطح منطقه می‌باشد، استفاده شد. با به کار بردن توابع درونیابی کلاسیک، درونیابی نقاط نمونه‌گیری شده صورت گرفت. برای این منظور از تابع فاصله وزنی معکوس (IDW) برای به دست آوردن لایه EC خاک

10- Indian Remote Sensing

11- Electrical Conductivity

12- Inverse Distance Weighted

هر یک از عوامل با استفاده از افزونه AHP در GIS، لایه طبقه‌بندی شده عوامل تأثیرگذار بر پهنه‌بندی فراخوانی شده و به این ترتیب وزن عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی محصول مورد نظر به تفکیک محاسبه شد (کاظمی 1391). قبل از به کارگیری وزن‌ها جهت اطمینان از سازگاری مقایسات، نرخ سازگاری¹³ محاسبه گردید. پس از استخراج اوزان از پرسش‌نامه‌ها و نیز تهیه لایه‌های رستری طبقه‌بندی شده، این لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS فراخوانی شدند. تلفیق و روی هم‌گذاری لایه‌ها با اختصاص وزن AHP مختص به هر لایه، انجام شد (هم‌پوشانی وزنی). در نهایت استعدادسنجی منطقه مورد مطالعه جهت کشت گندم دیم صورت گرفت. پس از تعیین پتانسیل اراضی، جهت تعیین کاربری فعلی اراضی از نقشه کاربری اراضی حوزه قره‌سو که از تصاویر ماهواره IRS استخراج گردید، استفاده شد.

نتایج و بحث

نقشه‌های عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی گندم دیم

وضعیت برخی از عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی گندم دیم در منطقه مورد مطالعه شامل دمای متوسط، شیب، جهات شیب و EC در شکل 3 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در قسمت‌های شمالی حوزه دما بیشتر از قسمت‌های جنوبی آن می‌باشد که این امر می‌تواند به دلیل ارتفاع بیشتر قسمت‌های جنوبی حوزه نسبت به قسمت‌های شمالی آن باشد. از نظر میزان شیب مشخص شد که قسمت‌های جنوبی حوزه نسبت به قسمت‌های شمالی آن دارای شیب بیشتری می‌باشند. گندم در شیب‌های مختلفی کشت می‌شود، اما به دلیل امکان مدیریت‌های زراعی و اثر مقدار شیب بر روی آن، مقدار تولید محصول متفاوت خواهد بود. هر چه شیب کمتر باشد شرایط مناسب‌تر می‌باشد. با توجه به شکل، جهات شیب در منطقه مورد مطالعه، در 4 طبقه شمال، شرق، جنوب و غرب طبقه‌بندی شدند. اکثر مزارع دارای

نیازهای بوم‌شناختی و زراعی گندم دیم (جدول 1) با استفاده از منابع علمی موجود تعیین و درجه‌بندی گردید. سپس بر اساس متغیرهای موجود لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط Arc GIS 9.3.1 تهیه گردید که عبارت بودند از دمای کمینه، دمای متوسط، دمای بیشینه، بارش، شیب، جهات شیب، ارتفاع از سطح دریا و هدایت الکتریکی. بعد از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه بر اساس جدول نیازهای بوم‌شناختی گندم دیم صورت گرفت.

جدول 2- جدول کدبندی مقایسات زوجی

مقدار عددی	ترجیحات (قضایات شفاهی)
9	کاملاً مطلوب‌تر
7	مطلوبیت خیلی قوی
5	مطلوبیت قوی
3	کمی مطلوب‌تر
1	مطلوبیت یکسان
2, 4, 6 و 8	ترجیحات بین فواصل فوق

وزن‌دهی به عوامل مؤثر بر پهنه‌بندی گندم دیم

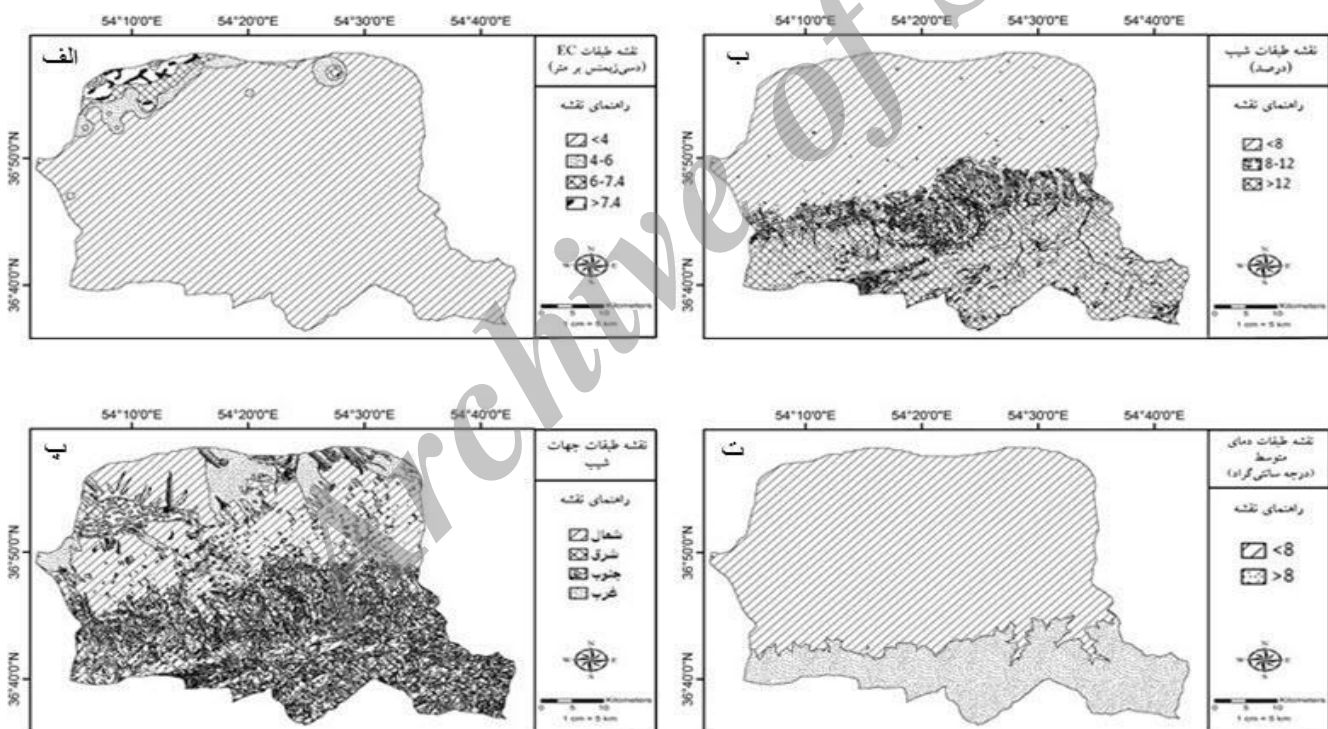
روش وزن‌دهی مورد استفاده در این تحقیق، روش AHP یا روش مبتنی بر فرآیند تحلیل سلسله مراتبی بود. بدین منظور ابتدا مسئله تصمیم‌گیری، که یافتن نواحی مستعد کشت گندم دیم می‌باشد، به صورت درخت سلسله مراتبی که شامل مهم‌ترین عناصر تصمیم‌گیری می‌باشد، تجزیه شد. سپس ماتریس مقایسات زوجی تشکیل گردید که ارزش آن نسبت به اهمیت عوامل از شماره 1 تا 9 می‌باشد (جدول 2). ورودی روش تحلیل سلسله مراتبی ماتریس مقایسات زوجی است. انجام مقایسات زوجی بین پارامترهای مهم تأثیرگذار بر فرآیند پهنه‌بندی از طریق طراحی پرسش‌نامه‌های AHP و تکمیل آن توسط 30 متخصص زراعت صورت گرفت. مرحله بعد از مقایسات زوجی پارامترها، محاسبه وزن عوامل بود. برای محاسبه وزن

13- Consistency Ratio (CR)

گندم بیشترین اهمیت را نسبت به سایر عوامل اقلیمی داشت. همچنین نتایج نشان داد که هدایت الکتریکی با ضریب وزنی 0/19، نیز به عنوان یک عامل مهم در کشت گندم مطرح می‌باشد، اما نسبت به بارش از ضریب وزنی کمتری برخوردار بوده است. ضریب سازگاری حاصل از انجام فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در مورد گندم برابر با 0/02 بود. بیات (1390) در بررسی اوزان تأثیرگذار بر تناسب اراضی پاکدشت، شهریار، هشتگرد و ورامین جهت کشت گندم وزن مربوط به عوامل اقلیمی را 0/85 و وزن مربوط به عوامل توپوگرافی را معادل 0/15 گزارش کرد.

شیب‌های رو به شمال بودند و شیب‌های رو به جنوب کمترین سطح مزارع را به خود اختصاص دادند. هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه، در 4 طبقه کمتر از 4، 6-7/4 و بیشتر از 7/4 دسی‌زیمنس بر متر طبقه‌بندی شد.

نتایج مقایسات زوجی عوامل مؤثر بر کشت گندم دیم
نتایج نشان داد که از بین عوامل اقلیمی و توپوگرافی مؤثر بر کشت گندم در منطقه مورد مطالعه، نقش عوامل اقلیمی بیشتر است، به طوری که وزن مجموع عوامل اقلیمی مؤثر بر کشت گندم معادل 0/65 و وزن مجموع عوامل توپوگرافی معادل 0/16 تعیین شد. از میان عوامل اقلیمی مورد بررسی بارش (با ضریب وزنی 0/37) در



شکل 3- نقشه طبقات EC (الف)، شیب (ب)، جهات شیب (پ) و دمای متوسط (ت) حوزه قره‌سو

جهت کشت گندم دیم در حوزه قره‌سو 5 منطقه مشاهده شد.

مناطق خیلی مناسب جهت کشت گندم دیم

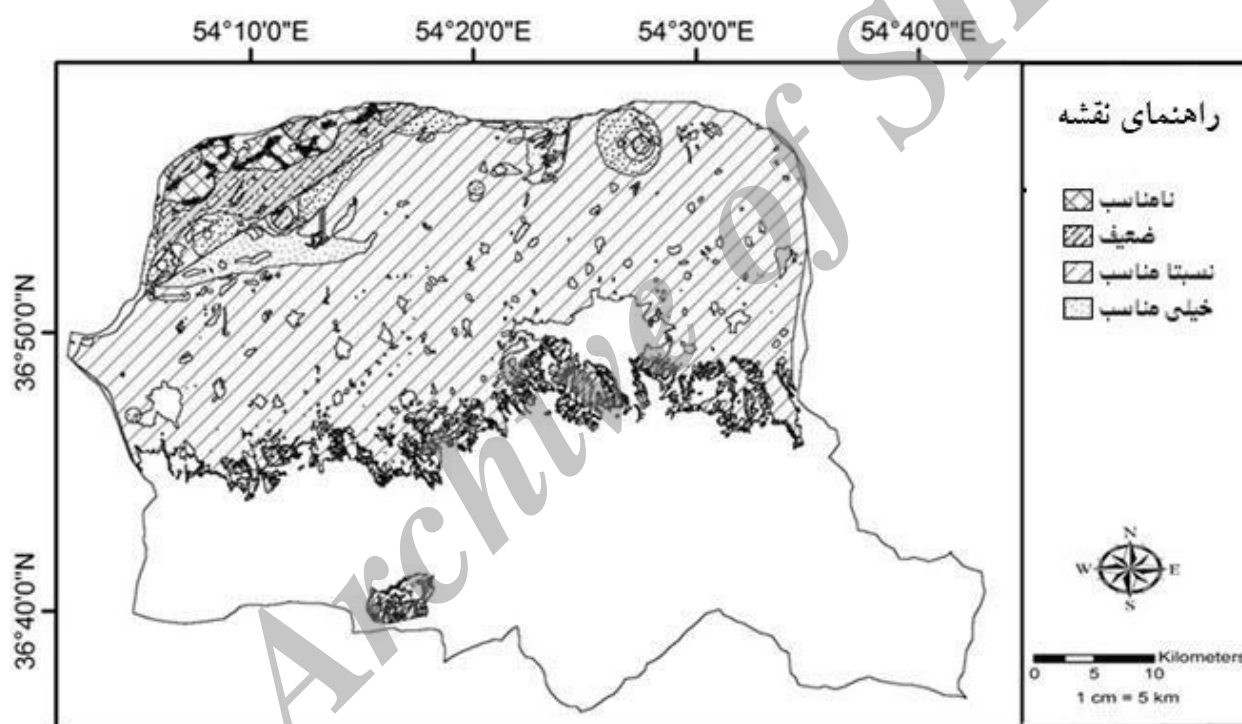
این مناطق به دلیل دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب در طول دوره رشد گندم دارای عملکرد بالایی هستند و

نتایج ارزیابی تناسب اراضی

نقشه تناسب اراضی جهت کشت گندم دیم در حوزه قره‌سو در شکل 4 نشان داده شده است. مکان‌های خالی (سفید رنگ) در نقشه مربوط به مناطق جنگلی، مناطق مسکونی و آب‌بندان‌ها می‌باشد. در نقشه تناسب اراضی

توپوگرافی و خاکی در طول دوره رشد گندم بالاترین عملکرد در واحد سطح قابل انتظار است. این خصوصیات محیطی باعث شده است که استان گلستان به عنوان یکی از قطب‌های تولید گندم در کشور مطرح باشد، به طوری که در سال زراعی 89-1388 حدود 1065735 تن گندم در این استان تولید شده است (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان 1389). این مناطق عمدتاً در قسمت‌های شمالی و شمال‌غربی حوزه قره‌سو و به صورت تکه‌ای در قسمت‌های جنوبی قرار داشتند.

یا می‌توانند چنین عملکردی را در صورت فراهم بودن سایر پارامترهای مورد نیاز داشته باشند. این مناطق 5170 هکتار (6 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 3 درصد از مساحت کل اراضی حوزه را به خود اختصاص داده بودند. این مناطق مکان بسیار مناسبی برای تأمین نیازمندی‌های محیطی و زراعی گندم هستند. بارش مناسب، شیب‌های کمتر و رو به جنوب و همچنین هدایت الکتریکی در حد مطلوب از جمله عواملی هستند که باعث قرار گرفتن این مناطق در این طبقه شده‌اند. در این مناطق به دلیل شرایط مناسب اقلیمی،



شکل 4- نقشه تناسب اراضی حوزه قره‌سو جهت کشت گندم دیم

مناطق مورد مطالعه در این طبقه قرار داشتند و عمدتاً در قسمت‌های مرکزی، شرقی و جنوبی حوزه قره‌سو بودند.

مناطق ضعیف جهت کشت گندم دیم

این مناطق دارای پتانسیل پایینی برای کشت گندم دیم بودند. این ضعف در قسمت‌های شمالی حوزه قره‌سو از دریافت بارش کمتر در طی سال و شوری زیاد و در مناطق جنوبی از محدودیت‌های دما و به صورت تکه‌ای در قسمت شمال‌شرقی حوزه از شوری زیاد ناشی

مناطق نسبتاً مناسب جهت کشت گندم دیم

این مناطق از لحاظ شرایط بوم‌شناختی مناسب گندم دیم، در شرایط ضعیف‌تری نسبت به مناطق خیلی مناسب قرار داشتند، ولی با کشت گندم در این مناطق می‌توان عملکرد محصول نسبتاً خوبی را از آن‌ها انتظار داشت. این مناطق 72857 هکتار (83 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 45 درصد از مساحت کل اراضی حوزه را به خود اختصاص داده بودند. اکثر

مقایسه سطوح واقعی و سطوح واجد پتانسیل کشت گندم دیم

نتایج نشان داد که حدود 1027 هکتار (20 درصد) از اراضی زراعی حوزه قره‌سو که از لحاظ استعداد و پتانسیل جهت کشت گندم دیم، در پهنه خیلی مناسب قرار گرفتند، کاربری فعلی آن‌ها نیز به کشت گندم اختصاص دارد. این در حالی است که 4143 هکتار (80 درصد) از اراضی زراعی مربوط به این پهنه، کاربری فعلی آن‌ها گندم نبود. این بدان معنی است که افزایش در سطح زیر کشت این محصول در این مناطق قابل انتظار است. 22343 هکتار (31 درصد) از اراضی زراعی منطقه مورد مطالعه که از لحاظ کشت گندم دیم دارای پتانسیل نسبتاً مناسبی بودند، کاربری فعلی آن‌ها نیز گندم بود و 50514 هکتار (69 درصد) از اراضی زراعی مربوط به این پهنه دارای کاربری غیر گندم از جمله مزارع تحت کشت کلزا و جو بودند. در این مناطق نیز افزایش سطح زیر کشت گندم قابل انتظار است. 690 هکتار (9 درصد) از اراضی زراعی که جهت کشت گندم دیم وضعیت خوبی نداشتند و در پهنه‌بندی این گیاه در پهنه ضعیف قرار گرفتند، دارای کاربری فعلی گندم بودند و حدود 6626 هکتار (91 درصد) از اراضی زراعی مربوط به این پهنه، به درستی به کاربری غیر از گندم اختصاص پیدا کرده بودند. همچنین حدود 219 هکتار (8 درصد) از اراضی زراعی که برای کشت گندم دیم نامناسب ارزیابی شدند، تحت کشت این گیاه قرار داشتند و 2414 هکتار (92 درصد) از اراضی زراعی مربوط به این پهنه (پهنه نامناسب) به درستی به زیر کشت گندم نرفته بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد حدود 5170 هکتار (6 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 3 درصد از مساحت کل اراضی حوزه دارای تناسب بالایی جهت کشت گندم دیم بودند. بارش مناسب، شیب‌های کمتر و رو به جنوب و همچنین هدایت الکتریکی در حد مطلوب از

می‌شوند. کشت گندم دیم در این مناطق توأم با ریسک بوده و تنها در صورت وقوع ترسالی، عملکرد نسبتاً مناسبی خواهد داشت. توصیه می‌شود در این مناطق به جای کشت گندم دیم، جو دیم (که در مقابل خشکی و شرایط نامساعد دمایی مقاوم‌تر است) کاشته شود. این ناحیه 7316 هکتار (8 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 4/5 درصد از مساحت کل اراضی حوزه را به خود اختصاص داده بودند.

مناطق نامناسب جهت کشت گندم

این ناحیه 2633 هکتار (3 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 1/5 درصد از مساحت کل اراضی حوزه را به خود اختصاص داده بودند. به دلیل عدم وجود شرایط اقلیمی مناسب، کشت گندم در این مناطق نامناسب بوده و دارای توجیه اقتصادی نمی‌باشد. در قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه عامل محدودکننده، شوری بالای خاک است که باعث شده قسمت‌هایی از شهرستان‌های بندرترکمن و آق‌قلا که در حوزه قره‌سو قرار دارند، با وجود داشتن شرایط قابل قبول از نظر سایر شرایط محیطی، در ردیف مناطق نامناسب جهت کشت گندم قرار گیرند. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که این مناطق pH نامناسب، EC بالا، حاصل‌خیزی پایین، بافت نامناسب و پتانسیل آبی پایینی دارند (کاظمی 1391). به نظر می‌رسد برای حفظ تولید به خصوص در طبقات ضعیف و برای جلوگیری از کاهش کیفیت و کمیت منابع محیطی و تنزل این اراضی به طبقات پایین‌تر، لازم است اقداماتی مانند کشت محصولات کم‌توقع، استفاده از گیاهان پوششی، بقولات و آیش در تناوب با گندم، خاک‌ورزی حفاظتی و موارد دیگر صورت پذیرد. کاشت بی‌رویه گندم در مناطق نامساعد نه تنها باعث افزایش تولید نمی‌شود، بلکه به کاهش منابع محیطی و هدر رفتن سرمایه ملی می‌گردد (کاظمی 1391).

باغات و همکاران (2008)، بیات (1390)، مهربان و همکاران (1384)، کاظمی و همکاران (1391) و کمالی و همکاران (1389) مطابقت دارد. لازم به ذکر است که عدم اختصاص اراضی مستعد به کشت یک محصول به معنای اختصاص نادرست آن به سایر محصولات نیست و ممکن است همان عرصه برای گیاه دیگر نیز مطلوب باشد. از دیگر عوامل موثر در این موضوع می‌توان به مسائل اقتصادی اشاره کرد. با توجه به این‌که اکثر کشاورزان قبل از کشت محصولات مختلف، جنبه‌های اقتصادی و وجود بازار مناسب جهت محصول مورد نظر را در نظر گرفته و در اولویت قرار می‌دهند، بخشی از سطح زیر کشت نیز به سایر گیاهانی که می‌توانند از نظر اقتصادی سودمندی بیشتر داشته باشند، اختصاص می‌یابد.

جمله عواملی هستند که باعث قرار گرفتن این مناطق در این طبقه شده‌اند. در عین حال حدود 2633 هکتار (3 درصد) از مساحت اراضی زراعی حوزه قره‌سو و 1/5 درصد از مساحت کل اراضی حوزه جهت کشت گندم دیم نامناسب ارزیابی شدند. هم‌چنین نتایج نشان دادند نواحی واجد پتانسیل که می‌توانند به طور موفقیت‌آمیزی به کشت گندم دیم اختصاص پیدا کنند، در واقعیت به زیر کشت گندم نرفته‌اند. از جمله عواملی که می‌تواند در این موضوع دخیل باشد می‌توان به هم‌پوشانی زمان کشت برخی از گیاهان با گندم، از جمله کلزا و جو اشاره کرد که باعث شده است بخش وسیعی از اراضی زراعی مربوط به این حوزه که دارای پتانسیل خوبی جهت کشت گندم هستند، به کاربری غیر از گندم اختصاص پیدا کنند که البته ممکن است این اراضی دارای پتانسیل مناسب جهت کشت سایر محصولات نیز باشند. نتایج ما با نتایج

منابع مورد استفاده

- احمدی م. 1387. پیش‌بینی نمو فنولوژیک در گندم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- بازگیر، س. 1378. بررسی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم (مطالعه موردی کردستان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد هوشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
- برزگری س و خلیلی ع، 1380. پهنه‌بندی آگروکلیماتیک گندم دیم کردستان. سازمان هواشناسی کشور.
- بیات، م. 1390. ارزیابی تناسب اراضی گندم، جو، یونجه و گوجه‌فرنگی در شهرستان‌های پاکدشت، شهریار، هشتگرد و ورامین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- رسولی ع ا، قاسمی‌گل‌عزانی ک و سبحانی ب. 1384. نقش بارش و ارتفاع در تعیین مناطق مساعد برای کشت گندم دیم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. مجله جغرافیا و توسعه، 5: 183-200.
- سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، 1389. آمارنامه محصولات زراعی سال 1388-1389. اداره کل آمار و اطلاعات.
- سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، 1390. آمارنامه محصولات زراعی سال 1389-1390. اداره کل آمار و اطلاعات.

- طاهرکی، ح، 1375. سیستم اطلاعات جغرافیایی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
- کاظمی ح، 1391. پهنه‌بندی توان زراعی-بوم‌شناختی استان گلستان به منظور تدوین الگوی کشت مناسب. رساله دکتری رشته زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- کاظمی ح، طهماسبی سروسستانی ز، کامکار ب، شتایی ش و صادقی س، 1391. پهنه‌بندی زراعی-بوم‌شناختی اراضی کشاورزی استان گلستان جهت کشت کلزا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی (AHP). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، 5(1): 129-123.
- کمالی غ، صدقیانی پور ع و صداقت کردار ع، 1387. بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، 22(2): 483-467.
- کمالی، غ،ع، ملائی، پ، و بهیار، م، ب، 1389. تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS. نشریه آب و خاک، 24(5): 907-894.
- مهربان، ا، غفاری، ا، قنبری بنجار، ا. و جلیلی، ن. 1384. پهنه‌بندی اقلیمی گندم دیم در شهرستان‌های مغان و اردبیل. مجله علوم کشاورزی، 15(2): 1-13.
- Bhagat RM, Singh S, Sood C, Rana RS, Kalia V, Pradhan S, Immerzeel W and Shetha B. 2009. Land Suitability Analysis for Cereal Production in Himachal Pradesh (India) using Geographical Information System. *Indian Soc. Remote Sensing*, 37:233–240.
- Delli, G, Martucci A and Sarfatti P. 1996. Land Suitability Evaluation for Winter Wheat in Tiaret Region (Algeria).
- Food and Agriculture Organization, 1981. Report on the Agro-ecological Zones Project. Vol. 1: Methodology and results for Africa. World soil resources report 48/1, Rome.
- Food and Agriculture Organization. 2002. Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21st century. Land and water digital media series, 21. FAO, Rome.
- Sys C, Van Ranst E and Debaveye J. 1991. Land Evaluation. Part 1: Principles in land evaluation and crop production calculations. General Administration for Development Cooperation. Brussels, Belgium, Agriculture Publishing.