دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هفتم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۶ (۴۵۰-۴۳۷)

ارزیابی تناسب اراضی شهرستان گنبدکاووس جهت کشت جو دیم با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی

شیوا فرهادیان عزیزی[۱]، حسین کاظمی[۲*] و افشین سلطانی[۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس جهت کشت جو دیم، از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و تحلیل‌های مکانی سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. برای این منظور، ابتدا نیازهای زراعی- بوم‌شناختی گیاه جو با استفاده از منابع علمی تعیین و سپس بر اساس آن، نقشه‌های موضوعی مورد نیاز تهیه شدند. متغیرهای محیطی مورد مطالعه از جمله دمای متوسط سالانه، دمای کمینه سالانه، دمای بیشینه سالانه، دمای مطلوب جوانه‌زنی، دمای مطلوب سبنله‌دهی، دمای مطلوب پرشدن دانه، متوسط تابش سالانه، بارش سالانه، بارش پاییزه، بارش بهاره، بارش اردیبهشت ماه، درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، ماده آلی، شوری و pH در نظر گرفته شدند. پس از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه در چهار طبقه (بسیار مستعد، مستعد، نیمه‌مستعد و غیرمستعد) صورت گرفت. از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای تعیین وزن معیارها از طریق تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌های AHP استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که ۳۵/۷۹ و ۲۴/۱۰ درصد از زمین‌های کشاورزی شهرستان گنبد کاووس به‌ترتیب جهت تولید جو در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار دارند. این مناطق در بخش‌های جنوبی و شمال شرقی شهرستان شناسایی شدند. در این اراضی محدودیتی جهت کشت جو دیم از نظر انواع متغیرهای بارش و دما، درصد شیب، ارتفاع از سطح دریا و عوامل خاکی وجود نداشت. در این ارزیابی، پهنه‌های نیمه‌مستعد (۲۴/۱۹ درصد) و غیرمستعد (۱۵/۹۲ درصد) به قسمت‌های مرکزی و شمالی شهرستان اختصاص یافت. این مناطق حداقل از نظر یک متغیر محیطی دارای محدودیت بودند. از عوامل محدودکننده کشت جو دیم در این مناطق، توزیع نامناسب بارش به‌خصوص بارش بهاره و بارش اردیبهشت ماه، درصد ماده آلی کم، شوری زیاد خاک و نیز شیب بیشتر از ۱۶ درصد را می‌توان نام برد.

واژه‌های کلیدی: زمین آمار، متغیرهای محیطی، AHP، GIS

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- استادیار، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- استاد، گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
* نویسنده مسئول: hossein_k_p@yahoo.com

مقدمه

جو یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین غلات است که سابقه کشت و زرع آن به ۵ تا ۷ هزار سال قبل از میلاد برمی‌گردد و هم‌اکنون در شرایط متنوع آب و هوایی در سطح وسیعی از جهان کشت می‌شود (Khodabandeh, 2010). جو به‌دلیل مقاومت زیاد در مقابل ناسازگاری‌های محیطی و نیز به‌دلیل نیاز کمتر به رطوبت و تطابق بیشتر با محیط در بسیاری از نقاط جهان کشت می‌شود (Behnia, 1997). این گیاه، یکی از محصولات مهم و اصلی ایران می‌باشد و در سطحی معادل ۱/۶۷۵ میلیون هکتار در شرایط آبی و دیم کشت می‌شود و از نظر سطح زیر کشت پس از گندم در رتبه دوم قرار دارد. از کل سطح زیر کشت جو در ایران، حدود ۶۰ درصد دیم و ۴۰ درصد آبی می‌باشد. میانگین عملکرد جو دیم در ایران ۷۰۰ الی ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Majnon Hosseini, 2011).

قابلیت‌ها و پتانسیل‌های سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی (GIS) در تحلیل زمانی و مکانی داده‌های زمینی، در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است. استفاده از این سامانه در تهیه‌ی نقشه‌ی تناسب اراضی برای یک محصول خاص، می‌تواند الگوی توزیع مناسب آن محصول برای هر واحد نقشه را در واحدهای اراضی مشخص سازد (Sarmadian *et al*., 2003). کاظمی (Kazemi, 2013) در تحقیقی، استعدادسنجی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان را جهت کشت جو لخت با ارزیابی ۱۰ عامل محیطی براساس منطق بولین و با کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام داد. نتایج نهایی این تحقیق نشان داد که سطح وسیعی از اراضی شهرستان گرگان جهت تولید جو لخت مناسب می‌باشد، به‌طوری که حدود ۴۶۳۹۶ هکتار اراضی واقع در قسمت‌های شمالی و میانی منطقه مورد مطالعه در پهنه مناسب قرار گرفتند. همچنین حدود ۱۶۶۵۴ هکتار از مناطق کشاورزی منطقه دارای پتانسیل نامناسب جهت کشت این گیاه می‌باشد. این مناطق به‌صورت نوار عرضی در نیمه جنوبی و نیز میانی شهرستان از غرب به شرق کشیده شده است. کامکار و مقدادی (Kamkar and Meghdadi., 2015) تعیین تناسب اراضی استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و شمالی برای کشت زیره سبز را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و رهیافت مدل‌سازی انجام دادند. در این تحقیق، پتانسیل تولید و تناسب اراضی برای کشت زیره سبز در استان‌های خراسان به‌ترتیب با استفاده از مدل CUMMOD و روش مجموع ارزش‌ها و استفاده از عوامل اقلیمی و توپوگرافی تعیین شد. نتایج نشان داد که با توجه به کاهش طول فصل رشد گیاه زیره سبز، از سمت خراسان شمالی به رضوی و از خراسان رضوی به سمت خراسان جنوبی از پتانسیل تولید این گیاه کاسته می‌شود.

روش ارزیابی تناسب اراضی برای گیاه خاص که شامل ارزیابی کیفی وکمی تناسب اراضی است، اولین بار توسط فائو پیشنهاد شد. این سیستم ارزیابی، عوامل موثر در تولید محصولات را در نظر گرفته و با توجه به نیازهای هر محصول عمل مقایسه و انطباق خصوصیات اراضی با نیازهای هر محصول را انجام داده و در نهایت تناسب اراضی را برای تولید آن محصول تعیین می نماید (FAO, 1976). فائو این چارچوب اولیه تناسب اراضی را برای استفاده‌های مختلف در برخی نشریات با اهداف خاص منتشر کرده است. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) اولین بار توسط توماس ال ساعتی در سال ۱۹۸۰ ابداع گردید. این فرآیند یک نمایش گرافیکی از مسائل پیچیده واقعی می‌باشد که در رأس آن هدف کلی مسأله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌ها قرار دارند. در این الگو، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوط به خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی مقایسه می‌شوند تا با تلفیق وزن آن‌ها، وزن نهایی هر گزینه مشخص شود. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی شامل چندین مرحله است: ایجاد درخت سلسله‌مراتبی، انجام مقایسات زوجی، محاسبه وزن اجزاء، گزینه‌ها و اندازه‌گیری شاخص سازگاری (Ghodsipour, 2012; Kazemi *et al*., 2012). در این روش، کارشناسان و افراد خبره قضاوت‌های مقایسه‌ای زوجی ساده‌ای را از طریق سلسله مراتب ایجاد شده تا رسیدن به اولویت‌هایی برای تمامی گزینه‌ها انجام می‌دهند (Saaty, 1980).

پاکپور ربطی و همکاران (Pakpor Rabti *et al*., 2013) گزارش دادند که در استان آذربایجان غربی طبقات اقلیمی جهت کشت جو بسیار مستعد (S1) و برای ذرت و آفتابگردان نیمه مستعد (S2) است. نتایج پهنه‌بندی بوم‌شناختی استان گلستان جهت کشت گندم بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی نشان داد که مناطق بسیار مستعد و مستعد در جنوب و جنوب غربی استان قرار دارند. نواحی شمالی و بخش‌هایی از شمال شرقی استان گلستان جزء مناطق نیمه مستعد و غیر مستعد جهت کشت این محصول می‌باشند (Kazemi *et al*., 2015). خرده‌بین (Khordehbin, 2007) به این نتیجه رسید که اغلب اراضی

مورد بررسی منطقه سردشت زیدون و بهبهان برای محصولات گندم و جو در طبقه مستعد (S2) قرار دارند. نصراللهی (Nasrollahi, 2014) نشان داد که به‌ترتیب ۲۷/۵ درصد (۳۱۰۷۵ هکتار) و ۳۲/۱ درصد (۳۶۴۴۲ هکتار) از زمین‌های زراعی شهرستان آق‌قلا برای تولید جو دیم بسیار مستعد و مستعد بودند.

باگلی و همکاران (Bagli *et al*., 2003) پهنه‌بندی بوم‌شناختی-کشاورزی را در کشور ایتالیا انجام دادند. پس از بررسی اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی موجود، اقدام به تهیه و تعریف شاخص‌های مربوط به دما، رطوبت مطلوب گیاه، شاخص خطر تنش دمایی، شاخص یخ‌زدگی در مراحل مختلف رشد گیاهان انتخاب شده و سایر شاخص‌های مورد نیاز کردند. با استفاده از اطلاعات مربوط به خاک و پستی و بلندی، نقشه‌های بافت خاک، آب قابل استفاده، شیب و غیره را تهیه و در نهایت با تعریف پهنه‌های همگن اقدام به تعیین تناسب اراضی برای گندم، جو، ذرت دانه‌ای، چغندرقند، سویا، آفتابگردان و گوجه به روش وزنی کردند. در مطالعه دیگری در منطقه هیماچال پرادش هند با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با بهره‌گیری از عوامل متعدد مانند عوامل اقلیمی (دما و بارندگی)، توپوگرافی (ارتفاع)، نوع خاک و پوشش گیاهی به پهنه‌بندی اراضی دارای پتانسیل کشت غلات (گندم، جو و برنج) پرداخته شد. در این تحقیق مشخص شد که نواحی دارای پتانسیل کشت گندم معادل ۴۱۰ هزار هکتار می‌باشد و افزایش ۱۳ درصدی در سطح زیر کشت این محصول قابل انتظار است. به‌طور مشابه این رقم در مورد محصولات جو و برنج به‌ترتیب ۳۸۴ و ۲۲ هزار هکتار برآورد شد (Bhagat *et al*., 2009).

در تحقیقی که جهت ارزیابی اراضی قابل کشت محصولاتی همچون گندم، جو و آفتابگردان در کشور اسپانیا انجام شده است، عوامل و عناصر اقلیمی شامل ارتفاع، شیب، نوع خاک، دما، بارندگی، طول روز، میزان تبخیر و تعرق و تاثیر هر کدام از آن‌ها بر روی این گیاهان زراعی بررسی و سپس با وزن‌دهی هر کدام از لایه‌ها در محیط GIS داده‌های فوق، تلفیق شده و در نهایت نقشه مناطق مستعد کشت این گیاهان تهیه شده است (Khan *et al*., 2010). پژوهشی به‌منظور ارزیابی تناسب کاربری اراضی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در دهکده دومرک ترکیه انجام شد. هدف از اجرای این مطالعه اولویت‌بندی سه نوع کاربری کشاورزی، جنگل و مرتع- چمن‌زار برای منطقه مورد بررسی بود. بر مبنای وزن‌های اختصاص یافته از طریق AHP، ترتیب کاربری اراضی به‌صورت کشاورزی در بخش غربی، جنگل در قسمت شرقی و مرتع در بخش‌های شمالی و جنوبی دشت بود (Senhaz *et al*., 2009). مصطفی و همکاران (Mostafa *et al*., 2011) تناسب اراضی منطقه‌ای در هند را برای کشت برخی محصولات زمستانه و تابستانه ارزیابی کردند. آن‌ها در این ارزیابی از تلفیق GIS و AHP استفاده کردند. تعیین تناسب اراضی جهت کشت جو در منطقه‌ی بنغازی در شمال شرقی لیبی توسط ابوشنف و همکاران (Abushnuf *et al*., 2013) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مدل، ارزیابی از روش عامل محدودکننده و کاربرد GIS (براساس روش هم‌پوشانی وزنی لایه‌ها) و روش تجزیه و تحلیل چند معیاره (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) استفاده شد. در این مطالعه از ۱۴ لایه جهت تهیه‌ی نقشه‌ها استفاده شد. تناسب اراضی جهت کشت توتون و تنباکو در استان شاندونگ چین با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) توسط ژانگ و همکاران (Zhang *et al*., 2015) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه از ۲۰ متغیر محیطی از جمله عوامل اقلیمی، عوامل توپوگرافی و ویژگی‌های خاک استفاده گردید. به هر کدام از عناصر براساس روش AHP وزن خاصی داده شد و پس از تلفیق و تهیه‌ی نقشه نهایی در محیط GIS نتایج نشان داد که ۲۹/۸۲ درصد از مساحت کل منطقه جهت کشت توتون و تنباکو دارای تناسب بالایی بودند (طبقه بسیار مناسب) که در بخش‌های غربی استان واقع شده‌اند. هم‌چنین مناطق شرقی استان نزدیک به دریای زرد دارای تناسب پایینی جهت کشت می‌باشند (طبقه نامناسب) که حدود ۱۷/۷۴ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود.

استان گلستان دارای جایگاه بالا و ویژه‌ای در تولید و سطح زیر کشت محصولات دیم در کشور می‌باشد. شهرستان گنبد کاووس یکی از شهرستان‌های مهم تولیدکننده جو دیم در این استان است. آمارها نشان می‌دهد که روند تولید و عملکرد جو دیم در سطح استان گلستان مخصوصا در این شهرستان یک روند ناپایدار، غیرقابل پیش‌بینی و دارای نوسان می‌باشد. به‌عنوان مثال، در طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۶ روند عملکرد جو دیم در شهرستان گنبدکاووس از ۶۶۲ کیلوگرم در هکتار تا ۱۴۱۰ گیلوکرم در هکتار متغیر گزارش شده است (Agricultural

Agricultural Jihad Organization of Golestan., 2013). بنابراین با توجه به سطح وسیع اراضی دیم‌زار در شهرستان گنبد کاووس، ناپایداری و نوسان عملکرد و تنزل کیفیت منابع محیطی در این منطقه، این مطالعه با هدف ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی کنونی این شهرستان جهت کشت جو دیم، بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام شد. تعیین محدودیت‌ها و مزیت‌های کشت جو دیم در این منطقه و شناخت میزان مرغوبیت و قابلیت‌های منطقه جهت کشت این گیاه از دیگر اهداف این پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

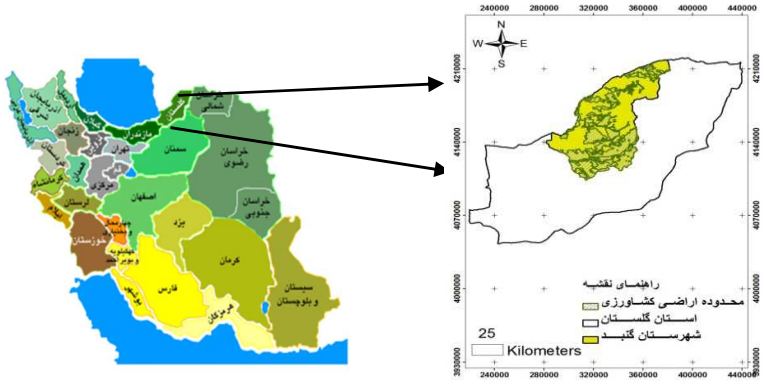
شهرستان گنبد کاووس بین ۵۴ درجه و ۳۱/۷ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۹/۱ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۳/۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۶/۳ دقیقه عرض شمالی در قسمت شمالی و مرکزی استان گلستان واقع شده است. این شهرستان مساحتی معادل ۵۰۷۱ کیلومتر مربع دارد که از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به شهرستان‌های رامیان، آزادشهر و مینودشت، از شرق به شهرستان‌های کلاله و مراوه‌تپه و از غرب به شهرستان آق‌قلا محدود است.

شهرستان گنبدکاووس یکی از مراکز مهم تولید جو دیم در استان گلستان می‌باشد. سطح زیر کشت جو دیم در این شهرستان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، ۶۰۱۹۴ هکتار گزارش شده است (Agricultural Jihad Organization of Golestan, 2013). محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، اراضی کشاورزی شهرستان گنبدکاووس در استان گلستان می‌باشد که در شکل (۱) نشان داده شده است. این اراضی کشاورزی در قسمت‌های شمال، مرکز و جنوب شهرستان گنبدکاووس واقع شده که از نقشه کاربری اراضی استان گلستان (Golestan Province Government, 2009) به‌دست آمده است.

تهیه نقشه‌ها و لایه‌های اطلاعاتی محیطی

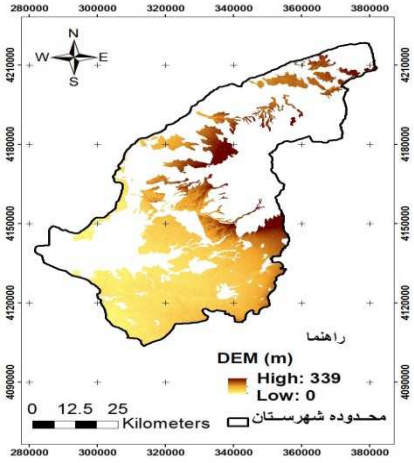
نقشه‌های توپوگرافی

برای تهیه مهم‌ترین لایه‌های توپوگرافی یعنی نقشه‌های جهات شیب، درصد شیب و ارتفاع از سطح دریا، از مدل رقومی ارتفاع (DEM) در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، استفاده شد. این کار با استفاده از نوارابزارSpatial Analyst در محیط ArcMap نسخه ۱۰ انجام و سپس لایه‌ها طبقه‌بندی شدند. شکل ۲ مدل رقومی ارتفاع را نشان می‌دهد.



شکل ۱- محدوده اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس و موقعیت آن در استان گلستان و کشور

Figure 1. The boundary of agricultural lands of Gonbad-e-Kavous township and their position in the Golestan province and country

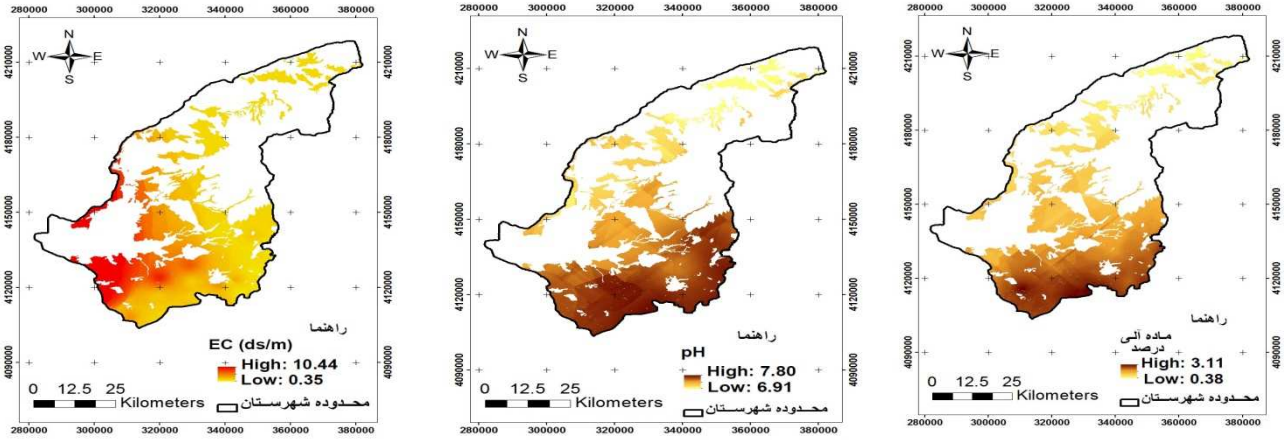


شکل ۲- نقشه مدل رقومی ارتفاع در اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس

Figure 2. Digital elevation model map in agricultural lands of Gonbad-e-Kavous township

نقشه‌های خاک

به‌منظور تهیه نقشه‌های ویژگی‌های مختلف خاک از قبیل شوری، pH و ماده آلی، از اطلاعات ۳۰۰ نقطه پروفیل خاک استان گلستان استفاده شد. این اطلاعات از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه و نقشه‌های رقومی با استفاده از روش‌های مختلف درون‌یابی تولید شد. در شکل ۳ نقشه متغیرهای خاکی نشان داده شده است که شامل نقشه‌های ماده آلی بر حسب درصد (۳- a)، pH (۳- b) و EC برحسب دسی‌زیمنس بر متر (۳- c) است. نقشه‌های ماده آلی و EC با روش کریجینگ مدل‌نمایی و لایه pH با روش کریجینگ مدل گوسی به‌عنوان روش برتر تهیه شد.



(C) (B) (A)

شکل ۳- نقشه‌های ماده آلی (A)، pH (B) و EC (C) در اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس

Figure 3. Organic matter (A), pH (B) and EC (C) maps in agricultural lands of Gonbad-e-Kavous township

نقشه‌های پارامترهای اقلیمی

جهت تهیه نقشه‌های رقومی پارامترهای بارش، دما و تابش، از آمار و اطلاعات ۵۱ ساله (۱۳۴۲ تا ۱۳۹۲) ۹۰ ایستگاه باران‌سنجی، اقلیم‌شناسی و هم‌دیدی مستقر در استان گلستان استفاده شد (شکل ۴). تعدادی از این ایستگاه‌ها زیر نظر سازمان هواشناسی و تعدادی تحت نظارت وزارت نیرو هستند. پس از آماده‌سازی داده‌ها، ابتدا نرمال‌بودن آن‌ها بررسی و بعد به‌کمک نرم‌افزار GS+ ساختار مکانی داده‌ها با رسم نیم‌تغییرنما ارزیابی شد. سپس کار میان‌یابی داده‌ها برای متغیرهای اقلیمی با روش‌ها و مدل‌های مختلف زمین‌آمار در محیط ArcMap با استفاده از نوارابزار Geostatistical Analyst انجام شد.

بر اساس محاسبه خطای برآورد (رابطه ۱)، به روش اعتبارسنجی، دقت این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در این کار از معیارهای دیگری مانند میانگین قدر مطلق خطا (رابطه ۲) و میانگین انحراف خطا (رابطه ۳) نیز کمک گرفته شد. در نهایت روشی که دارای دقت بیشتر و خطای کمتری بود، به‌عنوان روش برتر برگزیده شد. در جدول ۱، برترین روش‌های درون‌یابی مورد استفاده جهت تهیه نقشه برخی از متغیرهای اقلیمی ارایه شده است. جهت محاسبه متوسط تابش سالانه از نسخه اصلاح‌شده برنامه Srad-calc (Soltani and Maddah, 2012) استفاده شد:

- ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\{Z(X_i) - Z^*(X_i)\}^2} \qquad (۱)$$

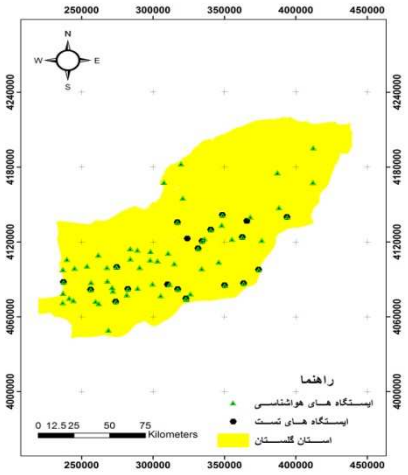
- میانگین مطلق خطا (MAE):

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left|Z^*(X_i) - Z(X_i)\right|}{N} \qquad (۲)$$

- میانگین انحراف خطا (MBE):

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{N}\{Z^*(X_i) - Z(X_i)\}}{N} \qquad (۳)$$

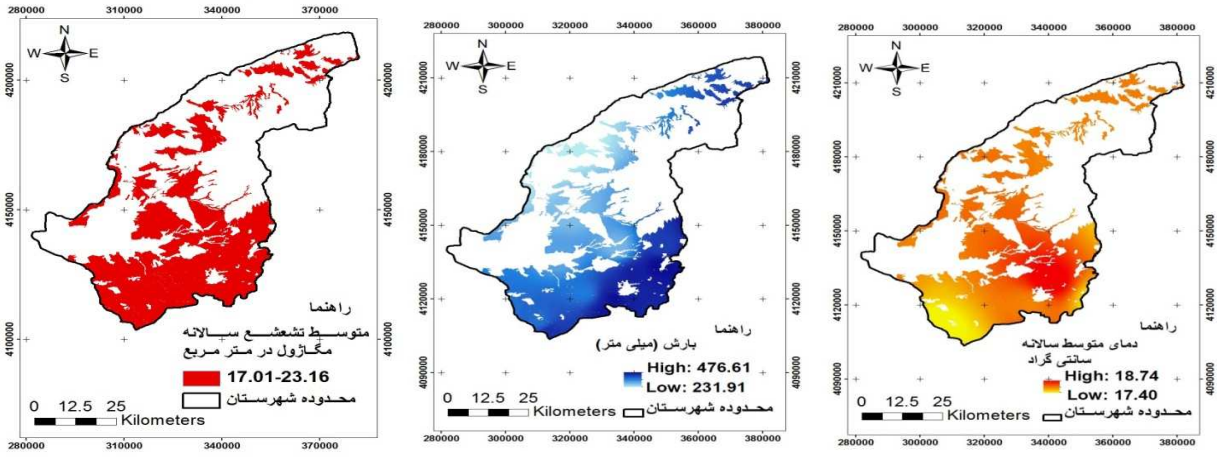
در این روابط، $Z^*(X_i)$ مقدار برآورد شده در نقطه X_i، $Z(X_i)$ مقدار اندازه‌گیری‌شده در نقطه X_i و N تعداد نقاط است (Mahdian, 2006). در شکل ۵ دمای متوسط (A)، بارش سالانه (B) و تابش (C) ارایه شده است.



شکل ۴- نقشه پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی در محدوده استان گلستان
Figure 4. Meteorological station maps in Golestan province

اجرای فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

اجرای این روش از طریق تشکیل درخت سلسله مراتبی، انجام مقایسات زوجی، محاسبه وزن اجزاء ساختار و اندازه‌گیری شاخص ناسازگاری انجام شد. اولین گام در روشAHP ساخت درخت سلسله مراتبی است که در سطح اول هدف اصلی تحقیق، یعنی تناسب اراضی جهت کشت جو دیم در شهرستان گنبدکاوس قرار گرفت. در سطح دوم معیارهای اصلی تأثیرگذار در کشت محصول (توپوگرافی، خاک، اقلیم)، در سطح سوم زیر شاخه‌ها یا زیر معیارهای هرکدام از عوامل سطح دوم دسته‌بندی شدند. در این روش کارشناسان خبره زراعت، قضاوت‌های مقایسه زوجی ساده-ای را از طریق سلسله مراتب ایجاد شده تا رسیدن به اولویت‌ها برای تمامی گزینه‌ها انجام دادند. مقایسه‌های زوجی این تحقیق در قالب ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی و بر اساس طیف ۹ قسمتی ساعتی صورت پذیرفت. برای جمع‌آوری داده‌های فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و وزن معیارها و زیرمعیارها از پرسشنامه AHP استفاده شد.



(C) (B) (A)

شکل ۵- نقشه‌های متوسط دما (A)، بارش (B) و تابش (C) سالانه در اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس
Figure 5. Annual average temperature, rainfall and radiation maps in agricultural lands of Gonbad-e-Kavous township

پرسش‌نامه‌ها حاوی مقایسه‌های مشترک برای کلیه عوامل تأثیرگذار در کار تناسب اراضی بودند که توسط ۲۵ متخصص تکمیل شدند. در این کار از متخصصان زراعت شاغل در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، مدیریت سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، شهرستان‌های گنبد کاووس، کلاله و گرگان کمک گرفته شد. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، تجزیه و تحلیل آن به‌وسیله نرم‌افزار Expert Choice نسخه ۲۰۰۰ انجام شد. در این تحقیق برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها، ضریبی به‌نام ضریب ناسازگاری (IR) محاسبه شد. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است، در غیر این‌صورت در قضاوت‌ها تجدیدنظر صورت می‌گیرد (Zebardast, 2001).

نحوه ارزیابی تناسب اراضی

برای ارزیابی تناسب اراضی، ابتدا نیازهای محیطی گیاه جو با استفاده از منابع موجود از جمله منابع و اسناد کتابخانه‌ای، مقالات، گزارش نهایی طرح‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه‌ها و مشاوره با کارشناسان مراکز دانشگاهی و تحقیقات کشاورزی استان گلستان تعیین شد. پس از تهیه این اطلاعات، طبقه‌بندی آن‌ها صورت پذیرفت (جدول ۲). سپس بر اساس متغیرهای این جدول، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط ArcMap تهیه شد. این لایه‌ها شامل دمای متوسط سالانه، دمای کمینه سالانه، دمای بیشینه سالانه، دمای مطلوب جوانه‌زنی، دمای مطلوب سبنله‌دهی، دمای مطلوب پرشدن دانه، متوسط تابش، بارش سالانه، بارش پاییزه، بارش بهاره، بارش اردیبهشت‌ماه، شیب، جهت شیب، ارتفاع از سطح دریا، ماده آلی، شوری و pH بودند. بعد از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه بر اساس جدول نیازهای محیطی گیاهان زراعی در چهار طبقه بسیار مستعد تا غیرمستعد انجام و لایه‌های رستری طبقه‌بندی شده آن‌ها تهیه شد. در این تحقیق، جهت تعیین اهمیت و ارزش متغیرها، از وزن‌ها و ضرایب حاصل از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. کار فراخوانی ۱۷ لایه اطلاعاتی طبقه‌بندی شده در محیط ArcGIS نسخه ۱۰ آغاز و با کمک حسابگر شبکه‌ای (Raster Calculator) کار تلفیق و روی‌هم‌گذاری لایه‌ها با اختصاص وزن AHP به هر لایه انجام شد (هم‌پوشانی وزنی). در انتهای کار، نقشه خروجی در چهار پهنه، چگونگی انطباق نیازهای گیاه زراعی با شرایط محیطی منطقه را نشان داد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌های AHP نشان داد که در بین عوامل تأثیرگذار بر کشت جو دیم در شهرستان گنبد کاووس، معیار اقلیم با وزن ۰/۵۱۷ دارای بالاترین اهمیت و عوامل توپوگرافی با ارزش وزنی ۰/۱۲۱ دارای کمترین اهمیت از نظر متخصصان زراعت بودند. در بین عوامل اقلیمی، بارش دارای بالاترین اهمیت و متوسط تابش با کمترین ارزش وزنی در رتبه آخر قرار گرفت (جدول ۳). در بین زیر معیارهای مورد مطالعه مربوط به خاک، ماده آلی بالاترین و اسیدیته کمترین ارزش وزنی را دارا بودند. همچنین در بین سه عامل توپوگرافی از نظر کارشناسان، عامل شیب با ضریب ۰/۶۲۱ در صدر قرار گرفت. نصراالهی (Nasrollahi, 2014) وزن عوامل اقلیمی برای کشت جو دیم در اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا را معادل ۰/۴۴۲، وزن عوامل توپوگرافی را ۰/۱۳۸ و وزن مجموع عوامل خاکی را ۰/۴۲۰ برآورد کرد و اظهار داشت که بارش با ضریب وزنی ۰/۶۸۴ به‌عنوان مهم‌ترین عامل در کشت جو دیم مطرح می‌باشد. امی‌ازغدی و همکاران (Ami Azghadi *et al.*, 2010) در تهیه نقشه حاصل‌خیزی منطقه شاوور اهواز با استفاده از AHP وزن مواد آلی را بالاتر از سایر عوامل دخیل مانند پتاسیم و فسفر به‌دست آوردند.

نتایج ارزیابی تناسب اراضی

نقشه‌های ارزیابی تناسب اراضی شهرستان گنبد کاووس جهت کشت جو دیم در شکل ۶ ارایه شده است. نتایج نشان داد که از جنوب به سمت شمال و از شرق به غرب منطقه مورد نظر از مطلوبیت عوامل محیطی و طبقات پهنه‌بندی کاسته شد، به‌طوری که اراضی با توان مناسب و مطلوب جهت کشت جو دیم در جنوب و شمال شرقی منطقه شناسایی شدند. در پهنه بسیار مستعد (شکل ۶) به‌دلیل شرایط مناسب اقلیمی، توپوگرافی و خاکی در طول دوره رشد جو و نیز در صورت اجرای مدیریت زراعی صحیح، بالاترین عملکرد در واحد سطح مورد انتظار است. این مناطق (S1) مکان‌های بسیار مناسبی برای تأمین نیازمندی‌های محیطی و زراعی جو هستند. نتایج نشان داد که سطح وسیعی از اراضی منطقه مورد نظر دارای پتانسیل بسیار مناسب جهت تولید جو دیم هستند، به‌طوری‌که ۷۰۹۶۶/۴۹ هکتار از اراضی قسمت‌های جنوب و شمال شرقی شهرستان گنبد در پهنه بسیار مستعد قرار گرفتند (جدول ۴).

جدول ۱- نتایج روش‌های درون‌یابی مورد استفاده جهت تهیه نقشه برخی از متغیرهای اقلیمی

Table 1. The results of interpolation methods used to produce maps of some climatic variables

متغیر Variable	Index*	شاخص*	Best method / Model روش- مدل برتر
بارش سالانه (میلی‌متر) Annual rainfall (mm)	MAE	15.16	Multiquadric چند ربعی
	MBE	5.41	
	RMSE	25.83	
بارش پاییزه (میلی‌متر) Autumn rainfall (mm)	MAE	17.92	Kriging Spherical کریجینگ –کروی
	MBE	1.57	
	RMSE	24.41	
بارش بهاره (میلی‌متر) Spring rainfall (mm)	MAE	13.31	Multiquadric چند ربعی
	MBE	1.42	
	RMSE	18.79	
بارش اردیبهشت ماه (میلی‌متر) May rainfall (mm)	MAE	8.22	Kriging Spherical کریجینگ –کروی
	MBE	0.33	
	RMSE	10.62	
دمای بیشینه سالانه (سلسیوس) Annual maximum temperature (°C)	MAE	0.76	Kriging Spherical کریجینگ –کروی
	MBE	0.11	
	RMSE	1.03	
دمای مطلوب جوانه‌زنی (سلسیوس) Optimum temperature of germination (°C)	MAE	0.61	Kriging Spherical کریجینگ -کروی
	MBE	0.06	
	RMSE	0.76	

*: MAE میانگین مطلق خطا، MBE میانگین انحراف خطا و RMSE ریشه دوم میانگین مربعات خطا (خطای برآورد).

*: MAE, mean average error; MBE, mean bias error; RMSE, root-mean-square error.

این ناحیه با ۳۵/۷۹ درصد نسبت به سایر پهنه‌ها از وسعت بیشتری برخوردار بود (جدول ۴). به‌طورکل نیازهای زراعی و بوم‌شناختی پایین‌تر جو و هم‌چنین مقاومت جو نسبت به شرایط نامساعد محیطی مانند تنش خشکی، شوری و اقلیمی باعث شده که این گیاه زراعی سازگاری بیشتری نسبت به گیاهان زراعی دیگر از جمله گندم در این مناطق پیدا کند. بهاگات و همکاران (Bhagat *et al.*, 2009) در ارزیابی منطقه پراداش هیمچال هند جهت تولید غلات، نیازهای بوم شناختی جو (به جزء مقدار بارش) را مشابه گندم فرض کردند و گزارش دادند که این منطقه پتانسیل بالایی برای تولید جو دارد، به‌طوری‌که سطح زیر کشت کنونی جو یعنی ۲۵/۰۰۰ هکتار تا حد ۴۱۰/۰۰۰ هکتار قابل افزایش است. در این ارزیابی، پهنه اراضی مستعد (S2) در بین چهار پهنه استعدادسنجی، مساحتی حدود ۴۷۸۳۵ هکتار (۲۴/۱۰ درصد) را به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). این پهنه دارای شرایط محیطی مطلوب البته کمی پایین‌تر نسبت به پهنه بسیار مستعد (S1) است. بارش سالانه حدود ۳۰۰ میلی‌متر، دماهای مناسب، پهنه‌های کم ارتفاع، درصد شیب مناسب و نیز هدایت الکتریکی پایین، اسیدیته و مقدار ماده آلی، مناسب باعث شده که این مناطق دارای ۸۰ درصد پتانسیل تولید جو باشند (Ghafari *et al.*, 2000). این پهنه مستعد در قسمت‌هایی از اراضی جنوبی و شمال شرقی شهرستان گنبد کاووس واقع شده است (شکل ۶). به‌طورکلی، اراضی موجود در هر پهنه از نظر عوامل اقلیمی و محیطی ویژگی‌های واحدی دارند و برنامه‌ریزی واحدی را می‌طلبند. در این مطالعه مشخص شد که بیشتر اراضی کشاورزی مورد مطالعه از نظر توپوگرافی و اقلیمی شرایط مناسبی برای تولید جو دارند و محدودیتی از این نظر وجود ندارد.

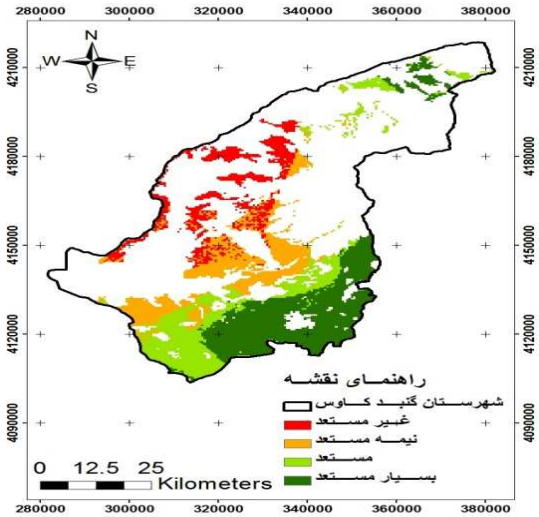
جدول ۲- درجه‌بندی عوامل محیطی جهت کشت جو دیم در شهرستان گنبد کاووس

Table 2. Classification of environmental variables for rainfed barly cultivation in Gonbad-e-Kavous township

متغیر Variable	بسیار مستعد (S1) High suitable (S1)	مستعد (S2) Suitable (S2)	نیمه‌مستعد (S3) Less suitable (S3)	غیرمستعد (NS) Non-suitable (NS)
میزان بارش سالانه (میلی‌متر) Annual precipitation (mm)	>300	200-300	150-200	<150
میزان بارش پاییزه (میلی‌متر) Autumn precipitation (mm)	>100	80-100	60-80	<60
میزان بارش بهاره (میلی‌متر) Spring precipitation (mm)	>100	80-100	60-80	40-60
میزان بارش اردیبهشت‌ماه (میلی‌متر) Precipitation in May (mm)	>40	30-40	20-30	<20
متوسط تشعشع سالانه (مگاژول بر مترمربع) Average annual radiation (MJ/M^2)	>12	10-12	8-10	<8
دمای کمینه سالانه (سلسیوس) Annual minimum temperature (^oC)	10-15	7-10	4-7	< 4
دمای متوسط سالانه (سلسیوس) Annual average temperature (^oC)	16-20	20-24 , 12-16	24-30 , 8-12	> 30 , <8
دمای بیشینه سالانه (سلسیوس) Annual maximum temperature (^oC)	20-25	25-30	30-37	>37
دمای مطلوب جوانه‌زنی (سلسیوس) Optimum temperature of germination (^oC)	8-14	14-18 , 4-8	0-4	0
دمای مطلوب سنبله‌دهی (سلسیوس) Suitable temperature in heading stage (^oC)	20-25	15-25 , 25-30	30-33	>33
دمای مطلوب پر شدن دانه (سلسیوس) Suitable temperature in grain filling stage (^oC)	25-30	30-35	35-37	<37
شیب (درصد) Slope percent	0-4	4-8	8-12	>12
جهات شیب Slope aspect	جنوبی- جنوب شرقی- بدون جهت South, southeast, float	شرقی- شمال شرقی East, southeast,	جنوب غربی- شمال غربی Southtwest, north west	غربی و شمالی West, north
ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)	0-1000	1000-2000	2000-3000	>3000
ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	≥ 3	2-3	1-2	<1
شوری (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m^2)	0-4	4-8	8-16	>16
اسیدیته pH	6.8-8	6-6.8 , 8-8.5	5 -6	>8 , <5

در این تحقیق، اراضی با استعداد نیمه‌مستعد (S3) در بخش‌های مرکزی شهرستان گنبد کاووس مشاهده می‌شود (شکل ۶). این مناطق ۴۸۰۰۸ هکتار (۲۴/۱۹ درصد) از مساحت اراضی زراعی منطقه را شامل می‌شود (جدول۴). گزارش شده که در چنین مناطقی معمولاً ۴۰ تا ۶۰ درصد پتانسیل تولید حاصل می‌شود (Ghafari *et al.*, 2000). از عوامل اصلی محدود کننده کشت جو دیم در این مناطق می‌توان به بارش نامناسب پاییزه، بهاره و اردیبهشت‌ماه،

مقدار کم ماده آلی و شوری بالای خاک اشاره کرد. تاریخ کاشت گیاهان پاییزه و به‌خصوص غلات در اراضی کشاورزی گلستان، از اوایل آبان‌ماه تا اواسط آذرماه ادامه دارد، بنابراین مقدار مناسب نزولات جهت تأمین رطوبت مورد نیاز بذور بایستی فراهم باشد. اصولاً بارش بیشتر از ۴۵ میلی‌متر جهت کشت گیاهان زراعی در اراضی کشاورزی در حد قابل قبولی می‌باشد. با توجه به بارش پاییزه بیش از ۷۰ میلی‌متر در منطقه مورد مطالعه، محدودیتی جهت کشت جو از نظر این متغیر وجود ندارد. اما با توجه به شوری بالای خاک در این منطقه، توصیه می‌شود جهت کاهش شوری اقداماتی مانند شستشو، زهکشی، کشت برنج و کشت جو به‌عنوان کود سبز صورت گیرد. با توجه به این‌که جو نسبتا گیاه مقاوم‌تری نسبت به شرایط نامساعد محیطی است، کشت این گیاه در این منطقه امکان‌پذیر است. برای حفظ تولید در این طبقه و برای جلوگیری از کاهش کیفیت و کمیت منابع محیطی و تنزل این اراضی به طبقه پایین‌تر، لازم است اقداماتی مانند گنجاندن گیاهان کم‌توقع، گیاهان پوششی و بقولات در تناوب زراعی، خاک‌ورزی حفاظتی صورت پذیرد.



شکل ۶- تناسب اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس جهت کشت جو دیم

Figure 6. Land suitability map of Gonbad–e-Kavous township for rainfed barley cultivation

در نقشه خروجی حاصل از روی هم‌گذاری ۱۷ عامل بوم‌شناختی مختلف، مشخص شد که طبقه غیرمستعد جهت کشت جو دیم، قسمت‌های شمالی اراضی شهرستان گنبد کاووس را شامل می‌شود (شکل ۶). این پهنه ۱۵/۹۲ درصد از مساحت اراضی کشاورزی منطقه را تشکیل می‌دهد (جدول ۴). در این مناطق مقدار بارش بهاره بسیار کم در حدود ۶۰ میلی‌متر، توزیع نامطلوب بارندگی (بارش کم در اردیبهشت‌ماه)، شوری بالاتر از ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر، درصد پایین ماده آلی، شیب و جهات شیب نامناسب (در جهات غربی و شمالی) به‌عنوان عوامل محدود کننده کشت جو شناخته شدند. نیازهای بوم‌شناختی پایین‌تر جو باعث شده که این گیاه زراعی حد بردباری بالاتری نسبت به شرایط نامساعد مانند تنش خشکی و شوری نسبت به گندم و اکثر گیاهان زراعی داشته باشد و در نتیجه سطح کمتری از اراضی منطقه در پهنه غیرمستعد و نامناسب برای کشت این گیاه اختصاص یابد. در منطقه‌ای در مراکش شرایط فیزیکی خاک مانند عمق، بافت خاک و شیب زمین عوامل محدودکننده کشت جو و گندم شناخته شد (Briza *et al.*, 2001). نتایج مطالعه بیات (Bayat, 2011) نشان داد که در شهرستان ورامین از ۴۹ درصد زمین‌های زیر کشت جو پتانسیل تولید حاصل نمی‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان EC خاک در قسمتی از اراضی مناطق میانی و شمالی شهرستان گنبد وجود دارد (شکل ۳- a) که باعث نامناسب شدن خاک بخشی از این مناطق شده و یکی از عوامل مهم محدود کننده کشت انواع گیاهان زراعی در این منطقه می‌باشد. عواملی متعددی در شور شدن خاک این مناطق دخالت دارند که شامل رسوب‌گذاری دریای خزر، سیلاب‌های فصلی، شیب کم و سنگین بودن بافت و وزش باد و نیز ورود پساب کارخانه‌ها و فاضلاب شهری به رودخانه‌های این مناطق و آبیاری با آب این رودخانه‌ها همراه با مدیریت نادرست زراعی است (Abbas Abadi., 1999; Zahtabian and Sarabian., 2004).

جدول ۳- ارزش وزنی معیارها و زیرمعیارهای مربوط به تناسب اراضی شهرستان گنبد کاووس جهت کشت جو دیم بر اساس فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

Table 3. The weighted value of the criteria and sub-criteria related to land suitability of Gonbad-e-Kavous township for rainfed barley cultivation based on analytic hierarchy process (AHP)

معیار اصلی Main criterion	زیر معیار-۱ Sub-criterion-1	زیر معیار-۲ Sub-criterion-2	ضرایب Coefficients	اهمیت Importance	معیار اصلی Main criterion	زیر معیار-۱ Sub-criterion-1	ضرایب Coefficient	اهمیت Importance
۱- اقلیم 1. Climate			0.517	1	۲- توپوگرافی 2. Topography		0.121	3
	الف) بارش a) Precipitation		0.742	1		شیب Slope	0.621	1
		بارش سالانه Annual precipitation	0.277	2		جهت شیب Slope aspect	0.271	2
		بارش پاییزه Autumn precipitation	0.232	3		ارتفاع از سطح دریا Elevation	0.108	3
		بارش بهاره Spring Precipitation	0.166	4	۳- خاک 3. Soil		0.362	2
		بارش اردیبهشت‌ماه Precipitation in May	0.326	1		ماده آلی Organic matter	0.559	1
	ب) دما b) Temperature		0.194	2		EC	0.369	2
		دمای کمینه سالانه Annual minimum temperature	0.060	5		pH	0.072	3
		دمای متوسط سالانه Annual average temperature	0.170	4				
		دمای بیشینه سالانه Annual maximum temperature	0.052	6				
		دمای مطلوب جوانه‌زنی Average temperature of germination	0.119	3				
		دمای مطلوب سنبله‌دهی Suitable temperature in heading stage	0.265	2				
		دمای مطلوب پرشدن دانه Suitable temperature in grain filling stage	0.335	1				
	ج) تابش c) Radiation		0.064	3	ضریب ناسازگاری (IR)		0.02	

با توجه به درصد شیب بالای این مناطق و از آن‌جایی که معمولاً شیب‌های بالاتر از ۱۲ درصد برای کشت گیاهان زراعی مناسب نبوده و مستعد فرسایش هستند، کشت گیاهان چندساله (به‌ویژه خانواده بقولات) با ریشه‌های عمیق و نفوذپذیر (در جهت کاهش کاربرد ماشین‌آلات خاکورزی و تخریب کم‌تر خاک)، اجرای نظام بیشه‌زراعی و استفاده از سامانه‌های کشت معیشتی، به‌کارگیری نظام تلفیقی کشاورزی- دامپروری، کشت درخت و درختچه، تراس‌بندی اراضی و ایجاد مجاری انحرافی برای عبور رواناب، در این طبقه توصیه می‌شود.

جدول ۴- مساحت پهنه‌های طبقه‌بندی شده جهت کشت جو دیم در اراضی کشاورزی شهرستان گنبد کاووس

Table 4. Area of the classified zones for rainfed barley cultivation in agricultural lands of Gonbad-e-Kavous

درجه Degree	مساحت (هکتار) Area (ha)	نسبت مساحت پهنه به مساحت اراضی کشاورزی شهرستان (درصد) Ratio of zone area to agricultural lands areas of township (%)
پهنه بسیار مستعد (S1) High suitable zone	70966.49	35.79
پهنه مستعد (S2) Suitable zone	47835.22	24.10
پهنه نیمه مستعد (S3) Less suitable zone	48008.91	24.19
پهنه غیرمستعد (NS) Non- suitable zone	31603.41	15.92

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به جایگاه ویژه استان گلستان در سطح زیر کشت و تولید محصولات دیم به‌ویژه گندم و جو در کشور، شناسایی توانمندی‌ها، استعدادها و محدودیت‌های سرزمینی جهت استفاده در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی و منابع طبیعی ضروری است. در این تحقیق، مناطق مستعد و غیرمستعد کشت جو دیم در شهرستان گنبد کاووس به‌عنوان یکی از دیم‌زارهای کشور، بر اساس عوامل محیطی و نظرات متخصصین زراعت در قالب پرسش‌نامه‌های AHP، در چهار طبقه شناسایی شد. با شناسایی توانمندی‌ها و محدودیت‌های محیطی کشت جو دیم در این شهرستان، در مجموع ۵۹/۸۹ درصد از اراضی کشاورزی این شهرستان دارای توان مناسبی برای تولید جو تشخیص داده شدند که به‌طور عمده در مناطق جنوبی و شمال شرقی شهرستان قرار دارند. در مقابل مناطق نیمه‌مستعد و غیرمستعد در مرکز و شمال شهر قرار دارند که با توجه به نوع محدودیت موجود در این پهنه‌ها، با انجام اقداماتی مانند افزایش ماده آلی و بهبود حاصل‌خیزی خاک، آبشویی اراضی شور و زهکشی آن‌ها، تناوب زراعی مناسب و استفاده از ارقام مقاوم به تنش‌های محیطی، می‌توان ضمن ارتقاء کیفی این اراضی نامرغوب، به بهبود و افزایش تولید در آن‌ها نیز کمک کرد.

References

Abbas Abadi, M. R. 1999. Factors affecting on desertification and provide a regional model in Aq-Qala-Gomishan plain. M. Sc. Dissertation, Tehran University, Tehran, Iran. 120 p. (In Persian).

Aami Azghami, A., Khorasani, R., Mokrem, M. and Muazi, A. 2010. Evaluation of soil fertility according factors, phosphorus, potassium and organic matter for wheat using fuzzy AHP and GIS techniques. **Journal of Soil and Water.** 24: 5. 973-984. (In Persian)

Abushnaf, F. F., Spence, K. J. and Rotherham, I. D. 2013. Developing land evaluation model for Benghazi region in Northeast Libya using a geographic information system and multi-criteria analysis. **APCBEE Procedia** 5: 67-75.

Agricultural Jihad Organization of Golestan. 2013. Statistics and Information Office. www.jago.ir

Bagli, S., Terres, J. M., Gallego, J., Annoni, A. and Dallemand, J. F. 2003. Agro-pedo-climatological zoning of Italy. European Commission Directorate General Joint Research Centre Ispra. Institute for Environment and Sustainability Land Management Unit. 234 p.

Bayat., M. 2011. Land suitability assessment of wheat, barley, alfalfa and tomatoes in a townships Pakdasht, Shahryar, Hashtgerd and Varamin using GIS. M. Sc. Dissertation, Tehran University, Tehran, Iran. 100 p. (In Persian).

Behnia, M. R. 1997. Cereal. 2nd Edition. University of Tehran Press, Tehran, Iran. 610 p. (In Persian).

Bhagat, R. M., Singh, S., Sood, C., Rana, R. S., Kalia, V., Pradha, S., Immerzeel, W. and Shrestha, B. 2009. Land suitability analysis for cereal production in Himachal Pradesh (India) using geographical information system. **Journal of Indian Society of Remote Sensing** 37: 233-240.

Briza, Y., Delionardo, F. and Spisni, A. 2001. Land evaluation in the province of Ben-Sliman, Morocco. 21st Course Professional Master. Remote Sensing and Natural Resources Evaluation. November 10, 2000 -June 22, 2001, IAO Florence, Italy. *http://www.iao.florence.it/training/geomatics/BenSlimane/Marocco21.pdf*

FAO. 1976. A framework for land evaluation. Soils Bull, No. 32. FAO, Rome, Italy.

Ghafari, A., Cook, H. F. and Lee H. C. 2000. Integrating climate, soil and crop information: A land suitability study using GIS. 4th International Conference on Integration GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4). September 2-8, Banff, Alberta, Canada.

Ghodsipour, H. 2012. Analytical hierarchy process. 9th Edition. Publications of Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran. 220 p. (In Persian).

Golestan Province Government. 2009. Land use planning of Golestan province. Hamoon Jointstock Company and Golestan Province Government. Part 2, pp: 239-515. (In Persian).

Kamkar, B. and Meghdadi, N. 2015. Land suitability assessment for cumin production using geographic information system and modeling approach. **Journal of Plant Production** 22 (1): 1-21. (In Persian with English Abstract).

Kazemi, H. 2013. Agroecological zoning of Gorgan agricultural lands for hulless barley cropping base on Boolean logic. **Electronic Journal of Crop Production** 6 (4): 165-185. (In Persian with English Abstract).

Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, Sh., and Sadeghi, S. 2012. Evaluation of geostatistical methods for estimating and zoning of macronutrients in agricultural lands on Golestan province. **Journal of Soil and Water Sciences**. 22: 201-218. (In Persian)

Kazemi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Kamkar, B., Shataei, S., Sadeghi, S. 2015. Ecological zoning for wheat production at province scale using geographical information system. **Advances in Plants and Agriculture Research** 2 (1): 1-7.

Khan, M. R., Debie, C. A. J. M., van Keulen, H., Smaling, E. M. A. and Real, R. 2010. Disaggregating and mapping crop statistic using hypertemporal remote sensing. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation** 12: 36-46.

Khodabandeh., N. 2010. Cereals. Tehran University Press, Tehran, Iran. 538 p. (In Persian).

Khordehbin., S. 2007. Qualitative assessment of land suitability for major products of Sardasht area using GIS. M. Sc. Dissertation, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. 125 p. (In Persian).

Mahdian, M. H. 2006. The use of geostatistics in soil science. Proceedings of the Conference on Soil, Sustainability and the Environment. University of Tehran, Tehran, Iran. 10 p. (In Persian).

Mustafa, A. A, Singh, M., Sahoo, R. N., Ahmed, N., Khanna, M. and Sarangi Mishra, A. K. 2011. Land suitability analysis for different crops: a multi criteria decision making approach using remote sensing and GIS. **Researcher** 3 (12): 61-84.

Majnon Hosseini, N. 2011. Cultivation of cereals (wheat, barley, rice and maize). University of Tehran Press, Tehran, Iran. 236 p. (In Persian).

Nasrollahi, N. 2014. The feasibility of the implementation of the ley farming (cereal - pasture) in Aq-Qala township using GIS. M. Sc. Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 113 p. (In Persian).

Pakpour Rabti, A., Jafarzadeh, A. A., Shahbazi, F. and Ammary, P. 2013. Evaluation of suitable lands for a number of crops using GIS in West Azarbaijan province. **Journal of Soil and Water** 23 (1): 165-176. (In Persian with English Abstract).

Saaty, T. L. 1980. The analytical hierarchy process, planning, priority, resource allocation, USA. RWS Publications, Pittsburgh.

Sanchaz, P. A., Palm, C. A. and Buol, S. W. 2009. Land suitability evaluation with analytical hierarchy process (AHP) and geographic information systems in the Turkey. **Geoderma** 114: 157-185.

Sarmadian, F., Maruj, K., Mahmodi, Sh. and Ebrahimi, M. and Khomami, M. R. 2003. Studying land suitability for irrigated crops under irrigation system using remote sensing (RS) and geographic information system (GIS) in Varamin region. **Journal of Iranian Agricultural Sciences** 34 (4): 899-912. (In Persian with English Abstract).

Soltani, A. and Maddah, V. 2012. Simple applications of mathematic for education and research in agriculture. Iranian Agroecology Association Press. 80 p. (In Persian).

Zahtabian, G. H. R. and Sarabian, L. 2004. Investigating the causes of water and soil salinization in Gonbad-Alagol plain. Desert 9 (2): 171-181. (In Persian with English Abstract).

Zebardast, E. 2001. Application of analytical hierarchy process in urban and regional planning. **Journal of Beautiful Arts** 4 (10): 13-21. (In Persian with English Abstract).

Zhang, J., Yirong, S., Jinshui, W. and Liang, H. 2015. GIS based land suitability assessment for tobacco production using AHP and fuzzy set in Shandong province of China. **Computers and Electronics in Agriculture** 114: 202-211.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 3, Automn 2017 (437-450)

Land suitability evaluation of Gonbad–e-Kavous township for rainfed barley cultivation using analytical hierarchy process

Shiva Farhadian Azizi[1], Hossein Kazemi[2*] and Afshin Soltani[3]

Received: January 23, 2016 Accepted: May 11, 2016

Abstract

To evaluate land suitability in Gonbad-e-Kavous township for rainfed barley cultivation, spatial analysis of geographic information system (GIS) and analytical hierarchy process (AHP) were used. For this purpose, firstly agroecological requirements of crop was identified according to scientific resources. Thematic requirement maps were then provided. Studied environmental variables were annual, autumn, spring and May precipitations, average, minimum and maximum temperatures, germination temperature, the maximum temperature in heading and grain filling stages, slope percent, elevation, slope aspect, OM, pH, and EC. Then, each layer was classified into four classes (high suitable, suitable, less suitable and non-suitable). The analytical hierarchy process (AHP) was used to determine the weight of criteria by using the questionnaires analysis sheet. In this study, the results showed that about 35.79% and 24.10% of agricultural lands in Gonbad–e-Kavous township were located in the high suitable and suitable zones for rainfed barley, respectively. These regions were identified in the south of this township. In these zones, there are not limitation factors for barley cultivation according to precipitation and temperatures variables, slope percent, elevation and soil characteristics. In this evaluation, the less suitable (24.19%) and non-suitable (15.92%) regions were located in the central, north, and northeast of Gonbad–e-Kavous. In addition, these areas were faced by at least one limitation factors in environmental variable. Results showed that the limitation factors were including: non-suitable May and spring precipitations, low content of organic matter and high EC and slope percent>16.

Keywords: AHP, Environmental variables, Geostatistic, GIS

1. M. Sc. Student, Dept. of Agronomy, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
* Corresponding author: hossein_k_p@yahoo.com