تحقیقات غلات
دوره هفتم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۶ (۱۰۰-۸۵)

پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشت ذرت با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شهرستان بوکان

محمود فال‌سلیمان[1*]، ابوالفضل اکبرپور[2]، محمدعلی بهدانی[3] و کمال جمشیدی[4]

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۸

چکیده

تضمین امنیت غذایی و معیشت کشاورزی مستلزم نگرشی جامع و سیستماتیک است که هدف آن استفاده پایدار و مدیریت منابع طبیعی از طریق توسعه و انطباق فناوری کشاورزی و تجارب مدیریتی است. بر این اساس، هدف تحقیق حاضر یافتن مکان‌های مناسب برای کشت ذرت در سطح شهرستان بوکان بود. پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی، از لحاظ نوع تحقیق توصیفی- اکتشافی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها کتابخانه‌ای است. جهت انجام تحقیق، دو معیار اصلی محیط (با پارامترهایی از قبیل سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، منابع آب و نیز لایه مدل رقومی ارتفاعی یا DEM) و اقلیم (با پارامترهایی مانند دما، رطوبت، باد، بارش سالیانه، تبخیر و تعرق) ابتدا به‌تفکیک و سپس به‌صورت ترکیبی مورد بررسی قرار گرفت، به این ترتیب که در مرحله نخست داده‌های اقلیمی از پنج ایستگاه پیرامونی شهرستان بوکان برای یک دوره مشترک ۲۱ ساله (۱۹۸۵ تا ۲۰۰۵ میلادی) و داده‌های محیطی بر پایه مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ جمع‌آوری شد. در مرحله بعد و پس از استخراج نیازمندی‌های اکولوژیک ذرت، این داده‌ها بر اساس اولویت تاثیرگذاری بر کشت این محصول با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) ارزش‌گذاری و سپس کل سطح شهرستان بوکان به‌منظور کشت ذرت با استفاده از GIS و سایر نرم‌افزارهای مرتبط مورد تجزیه و تحلیل، شناسایی و رتبه‌بندی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که نواحی شمالی بخش سیمینه (با ۱۳/۲درصد از مساحت شهرستان) مناسب‌ترین و دهستان ایل‌گورک (واقع در جنوب‌غربی شهرستان با ۶ درصد از کل مساحت شهرستان) نامناسب‌ترین پتانسیل را برای کشت ذرت دارند.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های اقلیمی، شاخص‌های محیطی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مدل رقومی ارتفاعی

۱- استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۲ – دانشیار، گروه آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳ – دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
* نویسنده مسئول: mfall@birjand.ac.ir

مقدمه

رسالت بخش کشاورزی به‌عنوان اولین فعالیت اقتصادی دنیا و نیز مهم‌ترین بخش اقتصاد هر کشور و منبع درآمد بخشی از افراد جامعه‌ای که عموماً ساکن نواحی روستایی‌اند، تأمین نیازهای غذایی جامعه است (Motiei Langrodi and Shamaei, 2009). از آنجا که عدم تعادل درآمدهای شهری و روستایی و متعاقباً عدم تعادل در اقتصاد داخلی منجر به رشد صنعت بدون توسعه کشاورزی می‌شود، در کشورهای توسعه یافته، کشاورزی اولین و صنعت دومین بخش اقتصاد تلقی می‌شوند. در قرن حاضر رفع چالش‌های عمده بخش کشاورزی در کشورهای در حال توسعه (شامل از میان بردن فقر و گرسنگی، ایجاد درآمد و اشتغال ساکنین) مستلزم اتخاذ نگرشی سیستماتیک و متمرکز مبتنی بر استفاده پایدار از منابع طبیعی و مدیریت جامع توسعه آنها است (Fischer *et al.*, 2002). امنیت غذایی و پایداری در تولید غذا برای افراد جامعه، از ارکان مهم توسعه پایدار هر جامعه است (Iran Municipalities and Rural Management Organization, 2008). پایداری کشاورزی مهم‌ترین محور الگوی جدید توسعه است که درآمد کافی، افزایش دسترسی به غذا و مصرف آن، بهبود و حفاظت از منابع طبیعی سه موضوع اصلی آن است (Hosseini *et al.*, 2007). در مفهومی ساده «کشاورزی پایدار» فعالیتی تعریف می‌شود که از نظر اقتصادی پویا بوده، نیازهای غذایی را برآورده سازد و مواد غذایی حاصله از آن اثر سوء بر سلامتی بشر نداشته باشد و علاوه بر آن، ذخایر طبیعی را حفظ و کیفیت آن‌ها را برای نسل‌های آینده افزایش دهد (Sedagati, 1992). بنابراین مدیریت موفق منابع برای کشاورزی را نیز در بر می‌گیرد، به‌گونه‌ای‌که نیازهای متغیر انسانی را برطرف کند و ویژگی‌های کیفی محیط زیست را حفظ کند و یا ارتقاء بخشد (Hashemi Majd, 2002). افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش و تنوع نیازهای غذایی از سویی و محدودیت منابع موجود از سویی دیگر، ضرورت شناخت صحیح منابع محدود موجود را مطرح می‌سازد (Yazdanpanah, 2006) علاوه بر این از آنجا که کشاورزی مبادرت به تولید محصولی است که بیش از هر تولید دیگر به محیط و به‌خصوص به اقلیم وابسته است و نیز تنها شاخه فعالیت اقتصادی است که در معرض نوسانات فراوان و غیرمنظم اقلیمی خارج از کنترل انسان قرار دارد، لحاظ نمودن جنبه‌های علمی در شناسایی توان‌های محیط جهت ارتقای کارایی و تناسب زیست‌محیطی این فعالیت امری اجتناب‌ناپذیر است (Nori, 2011).

یکی از بدیهی‌ترین جنبه‌های سامانه‌های کشاورزی پیشرفته، نظم مکانی آنها است (Koucheki and Khiabani, 1994) در مقیاس جهانی مطالعه اثرات مشترک عوامل محیطی روی یکدیگر و روی گیاه و درک اثر این متغیرها در کاربرد عاقلانه نهاده‌های گرانبها بر اساس زمان، مکان و مقدار حایز اهمیت است. در مطالعات جغرافیایی، توان‌های محیطی در طول زمان و پهنه مکان بررسی می‌شوند. از این‌رو، محیط جغرافیایی به صورت مجموعه کامل متشکل از عناصر متفاوت مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در جغرافیای سرزمین، مفهوم محیط نه فقط در معنای طبیعی آن که در معنای اجتماعی و اقتصادی نیز مورد نظر است، به عبارت دیگر محیط در جغرافیا تنها بستری که مجموعه زیستی (با تفاوت در نقاط مختلف آن) نقش حیاتی خود را در آن ایفا کنند، نیست بلکه دارای خصلت دینامیکی پویایی است که درک علت تغییرات آن واجد اهمیت فراوان است (Rahnamaei, 1997). منظور از توان‌ها و ظرفیت‌های محیطی، مجموعه داده‌های محیطی است که در بهره‌وری اقتصادی از محیط توسط انسان مؤثر هستند و در راستای فعالیت‌های اقتصادی انسان در محیط کاربری داشته باشند. ارزیابی، فرایندی اصولی و بنیادی در برنامه‌ریزی و راهنمایی عملی برای کار تصمیم‌گیری است. یافته‌های ارزیابی می‌تواند به‌عنوان یکی از ابزارهای طراحی در طول روند برنامه‌ریزی به‌کار رود (Nori, 2011). ارزیابی اکولوژیک منابع و پهنه‌بندی آمایشی توان کاربری‌های سرزمین، رایج‌ترین شیوه مدیریت پایدار محیط است (Ahsani *et al.*, 2008). ارزیابی توان اکولوژیک محیط عبارت از تعیین قدرت بالقوه یا نوع کاربرد طبیعی سرزمین است و از آن‌جا که در فرآیند برنامه‌ریزی و طراحی محیط، حفظ تعادل اکولوژیک بر اساس ارزیابی توان اکولوژیک سرزمین مورد توجه است، از این‌رو این فرایند به‌عنوان شیوه‌ای مناسب در بهره‌برداری و مدیریت سرزمین تلقی می‌شود (Tavakol, 1997). اکثر روش‌های ارزیابی توان سرزمین از قبیل مدل تخریب و یا مدل طیف قابلیت‌های اکولوژیک با تأکید بر قضاوت‌های کارشناسی و بررسی‌های میدانی انجام می‌شود که در تمامی آنها، رهیافت اکولوژیک (که در آن انسان و محیط زیست هر دو مد نظرند) به‌عنوان هسته،

موجودیت خود را حفظ کرده است (Behniafar and Daneshvar, 2010). پهنه‌بندی و توان‌سنجی، تقسیم زمین به نواحی همگن و درجه‌بندی آن‌ها بر حسب میزان واقعی یا پتانسیل میزان کشت است (Varnes, 1984). پهنه‌بندی با اهداف آمایشی بر شناسایی استعدادهای بالقوه و بالفعل منطقه برای تشخیص زمین‌های پایدار و ناپایدار برای توسعه تأکید دارد (Rajaei, 2003).

توسعه و حفظ توازن اکولوژیک زمانی محقق خواهد شد که از سرزمین به تناسب قابلیت‌ها و توانمندی‌های آن استفاده شود (Nori, 2011). پهنه‌بندی اکولوژیک کشاورزی، پایه و اساس توسعه کشاورزی و الگویی مناسب برای ارزیابی منابع اراضی، برنامه‌ریزی و مدیریت آنها است (Askari *et al.*, 2009)، برنامه‌ریزی صحیح به‌منظور بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی و انسانی باید به گونه‌ای باشد که با شناخت توان اراضی، ضمن کسب حداکثر محصول و سود، جنبه حفاظت محیط زیست را نیز ملحوظ دارد (Askari *et al.*, 2009).

محققان و کارشناسان منابع طبیعی و کشاورزی تلاش دارند منابع اکولوژیکی زمین را با استفاده از روش‌های مناسب و بر پایه مدل‌های اکولوژیک-کشاورزی شناسایی و ارزیابی و به‌منظور اهداف خاصی قابلیت‌سنجی کنند (Sarvar, 2011). در این راه، استفاده از علوم و فنون روز، ابزارها و روش‌های نوین از جمله سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با توجه به حجم بالای اطلاعات و کاربردهای روزافزون آن‌ها در نظام‌های مختلف و نیز ماهیت پویایی و تغییرپذیری برخی از اطلاعات مربوط به آن‌ها، برای برنامه‌ریزان ضرورتی انکارناپذیر است (Maji, 1993). در نتیجه به‌منظور تحقق اهداف این پژوهش و با توجه ضرورت انجام تحلیل‌های مکانی، ترکیب و تلفیق نتایج تحلیل، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) توانمند تشخیص داده شد و به‌منظور تدقیق بیشتر در تلفیق لایه‌ها، از مدل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. پژوهش‌هایی که به‌منظور ارزیابی توان محیطی و در قالب مکان‌یابی عرصه‌های مستعد منطبق بر کشت محصولات خاص کشاورزی به انجام رسیده است چه در سطح خارجی و چه در داخل کشور، به‌صورتی گسترده در محیط GIS و در مواردی بر پایه استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفته و با عناوین پهنه‌بندی محصولات مختلف در اختیار جامعه علمی قرار گرفته‌اند. طرح مطالعاتی سازمان هواشناسی کشور با همکاری شرکت کوانت برای ۱۵ محصول عمده زراعی (Quanta, 1975)، دین‌پژوه و موحددانش (Dinpajoh and Movahed Danesh, 1997) برای کشت غلات دیم، کاظمی‌راد (Kazemi-Rad, 1998)، برای کشت گندم دیم در استان آذربایجان غربی، بازگیر (Bazgir, 2000) برای کشت گندم دیم در استان کردستان، علیجانی و دوستان (Alijani and Dostan, 2006) برای کشت زرشک در استان خراسان جنوبی، جهانبخش و گریگوریان (Jahanbakhsh and Gerighurian, 2009) برای کشت زیتون در استان آذربایجان غربی، رسولی و قائمی (Rasooli and Qaemi, 2010) برای کشت کلزا در استان‌های خراسان، صادقی (Sadeghi, 2010) برای کشت کلزا در شهرستان ایذه و عظیمی‌حسینی و بهبهانی (Azimi Hosseini and Behbahani, 2011) برای کشت زیتون در استان لرستان از جمله مطالعات داخلی قابل ذکر در این مورد هستند. پریا و شیباساکی (Pariya and Shibasaki, 2001) برای کشت گندم، برنج و ذرت، باگلی و همکاران (Bagli *et al.*, 2003) برای کشت ذرت دانه‌ای در ایتالیا و نیلسون و اسونسون (Nilsson and Svensson, 2005) برای کشت موز و آناناس در ویتنام از جمله پژوهش‌های خارجی در این زمینه هستند. در زمینه فنون میان‌یابی و کاربردهای آن در زمینه اقلیم‌شناسی نیز گزارش‌های مختلفی وجود دارد. برای نمونه، فرجی‌سبکبار و عزیزی (Faraji Sabokbar and Azizi, 2006) روش کریجینگ را هم از نظر میزان خطا و هم از نظر دقت فضایی مناسب‌تر از سایر روش‌های رایج تشخیص دادند. اکبری و مسعودیان (Akbari and Masoudian, 2007) برای تهیه نقشه همدمای ایران از روش کریجینگ استفاده کردند و عساکره (Asakereh, 2008) روش کریجینگ را مناسب‌ترین روش میان‌یابی برای بارش اصفهان ذکر کرد.

در این پژوهش، شاخص‌های محیطی و اقلیمی متفاوت ابتدا به‌تفکیک و سپس در ترکیب با هم به‌منظور استخراج نیازمندی‌های اکولوژیک ذرت مورد بررسی قرار می‌گیرند و پس از آن از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) برای ارزش‌گذاری این عوامل استفاده و در نهایت از اطلاعات حاصل جهت رتبه‌بندی سطح شهرستان بوکان به‌منظور امکان کشت ذرت استفاده خواهد شد. بنابراین، هدف از اجرای تحقیق حاضر یافتن مکان‌های مناسب برای کشت ذرت در سطح شهرستان بوکان بود.

مواد و روش‌ها

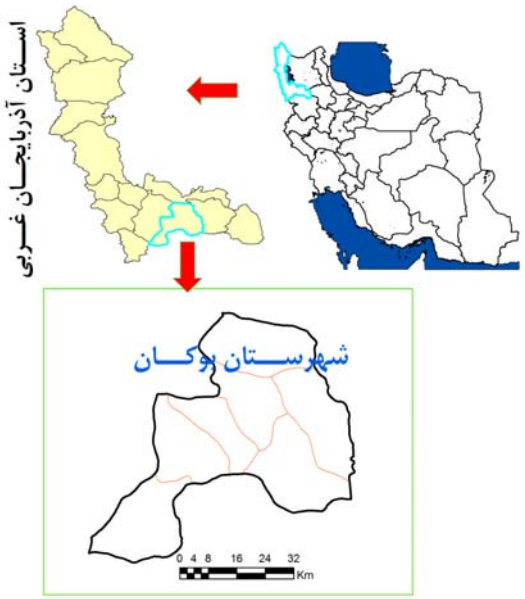
پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از لحاظ نوع تحقیق توصیفی-اکتشافی بوده و شیوه گردآوری داده‌ها در آن کتابخانه‌ای است. این پژوهش در محیط GIS و با استفاده از نرم‌افزارهای مربوطه انجام گرفت. فرایند انجام این تحقیق به‌صورت نمودار گردشی در شکل ۱ ارایه شده است. نکته قابل توجه این‌که منظور از معیار در این تحقیق، مؤلفه‌های اصلی (یعنی اقلیم و محیط) و منظور از پارامتر هر یک از زیرمؤلفه‌های این‌دو معیار اصلی است. به‌عنوان مثال برای معیار اقلیم، متوسط حداقل‌ها و حداکثر دما، متوسط حداقل‌ها و حداکثر مطلق دما، رطوبت نسبی، بارش، تبخیر و تعرق و سرعت باد پارامتر تعریف می‌شوند. داده‌های مورد نیاز در بخش محیط شامل لایه‌های خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی از اداره جهاد کشاورزی استان تهیه و پس از انجام تصحیحات لازم وارد محیط GIS شدند. به‌علاوه ۱۲ شیت نقشه توپوگرافی بر پایه مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ پس از جمع‌آوری و انجام تصحیحات هندسی لازم و نیز موزائیک‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای رستری (ER das, ER Mapper) و استخراج نقشه شهرستان بوکان از میان آن‌ها، با استفاده از نرم‌افزار R2V رقومی‌سازی شد و قابلیت ورود به محیط ArcGIS و ArcView را یافت. سپس نقشه DEM و متعاقب آن نقشه‌های شیب و جهت شیب با نرم‌افزارهای رستری تهیه شد. داده‌های اقلیمی پنج ایستگاه پیرامون شهرستان بوکان (جدول ۱) نیز پس از اخذ از مراجع مختلف با استفاده از نرم‌افزارهای آماری، ارزیابی و اطلاعات مورد نیاز استخراج شدند. در مواردی که میان‌یابی داده‌ها ضرورت داشت، از روش Kriging در محیط Surfer استفاده شد و به‌این ترتیب داده‌های اقلیمی نیز عنوان لایه و قابلیت تاثیرگذاری یافتند. مزیت روش Kriging نسبت به دو روش IDW و Spline این است که در دو روش اخیر میان‌یابی با خاصیتی مرکزگرا انجام می‌شود، درحالی‌که روش Kriging از یک متغیر توزیع واقعی‌تر ارایه می‌دهد. در مرحله بعد نیازمندی‌های اکولوژیکی ذرت از منابع مختلف و با کمک اساتید و کارشناسان اکولوژیست استخراج شد.

در مدلAHP پارامترها در یک نظام سلسله مراتبی قرار می‌گیرند و به‌صورت زوجی مقایسه می‌شوند و به هر یک وزنی در مقیاس ۱ تا ۹ داده می‌شود. بر این اساس، ارزش اولیه هر یک از پارامترها پس از ورود به نرم‌افزار Expert Choice و پس از نسبت‌دهی، با نظر کارشناسان اکولوژیست مورد مقایسه زوجی قرار گرفتند. سپس این ارزش‌ها بر اساس اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی به ارزش‌های نرمال تبدیل شد. وزن نرمال به‌عنوان ارزش نهایی هر پارامتر (و معیار) در لایه‌های GIS اعمال شد. سپس نقشه ارزش‌گذاری شده دو مؤلفه اصلی (یعنی اقلیم و محیط) به تفکیک تهیه و در نهایت و پس از همپوشانی این دو، نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشاورزی شهرستان بوکان برای کشت ذرت در پنج طبقه از "بدون محدودیت (خیلی مناسب)" تا "محدودیت نسبتاً شدید" تهیه شد.

معرفی محدوده مورد مطالعه

بوکان جنوبی‌ترین شهرستان استان آذربایجان‌غربی در موقعیت '۳۶°۱۴ تا '۳۶°۵۱ عرض شمالی و '۴۶°۰۴ تا '۴۵°۴۲ طول شرقی با وسعت تقریبی ۲۵۰۰ کیلومتر مربع است (شکل ۲). متوسط بارش سالانه آن در حدود ۳۵۰ میلی‌متر است و بیش از یک سوم جمعیت شهرستان در روستاها زندگی می‌کنند و دارای دو بخش، هفت دهستان و ۱۷۷ روستا است. بخش اعظم تولیدات کشاورزی شهرستان به دو محصول چغندرقند و گندم اختصاص یافته است و از این لحاظ دارای رتبه‌های برتر استانی است. در سال ۱۳۹۰، کل زمین‌های زراعی زیر کشت شهرستان ۱۱۰۰۰۰ هکتار بوده است که از این میزان، فقط ۵۰۰ هکتار آن (۴۰۰ هکتار کشت بهاره اول و ۱۰۰ هکتار کشت بهاره دوم) به ذرت اختصاص دارد (MJA, 2011). بنابراین، کمتر از نیم درصد از کل اراضی منطقه به کشت ذرت اختصاص یافته است. بنا بر آمار موجود گرایش به کشت ذرت در سال‌های اخیر در سطح شهرستان به‌ویژه در دهستان آختاچی به‌سرعت رو به افزایش است. دلیل اصلی رغبت نکردن کشاورزان به کشت ذرت در منطقه، آشنا نبودن کشاورزان با این محصول و نبود کارگاه‌های فرآوری در منطقه است. گرم شدن اقلیم منطقه و بحران آبی پیش رو که حوزه‌های آبی ارومیه را تهدید می‌کنند، کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان و استان را بر آن داشت تا محصولی مناسب دیگری را جایگزین کشت‌های رایج منطقه و به‌ویژه چغندر که مقادیر بسیار بیشتری آب مصرف می‌کند، معرفی کنند. این عوامل و بحث‌های پیرامون آن‌ها موجب شدند که ذرت به‌عنوان محور پژوهش حاضر انتخاب شود.

شکل ۱- نمودار گردشی فرایند انجام پهنه‌بندی کشت ذرت در شهرستان بوکان
Figure 1. The circulation chart of maize cultivation zonation process in Boukan



شکل ۲- موقعیت شهرستان بوکان در استان آذربایجان غربی و ایران
Figure 2. Position of Boukan in west Azerbaijan province and Iran

جامعه کشاورزی شهرستان همواره بر اساس تجربه و از طریق آزمون و خطا مبادرت به تولید کرده و هیچ‌گاه استعداد و توان واقعی منطقه، مورد مطالعه و بررسی علمی قرار نگرفته است. با توجه به اینکه به نظر می‌رسد شرایط مطلوب طبیعی موجود در شهرستان بوکان امکان کشاورزی پربازده و کسب درآمد بالاتر از میزان موجود را مهیا کرده باشد، از این‌رو مطالعه و انجام تحقیقات علمی به‌منظور شناسایی ظرفیت‌های طبیعی و بررسی امکان کشت گیاهان مختلف در این شهرستان ضروری است.

روش AHP

پیچیدگی محیط برنامه‌ریزی، حجم زیاد اطلاعات و مشکلات عدیده‌ای که جهان کنونی با آن مواجه است نگرش یک بعدی (یعنی استفاده از یک معیار) را بر نمی‌تابد. بسیار سخت است که از یک زاویه تک‌بعدی پدیده‌های اطراف خود را ببینیم و تنها با یک شاخص به قضاوت بپردازیم. در نتیجه امور امروزه جامع‌نگری و تصمیم‌گیری بر اساس معیارهای متعدد با نظر افراد مختلف و با تخصص، مشاغل، تجربیات و دیدگاه‌های علمی گوناگون را ضروری می‌سازد (Ataei, 2001). روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر پایه چندین شاخص گزینه‌ها را رتبه‌بندی می‌کند (Momeni and Sharifi Salim, 2011). امروزه علاوه بر روش مخدوم در ارزیابی قابلیت‌های اکولوژیک سرزمین، مدل‌های ریاضی نیز کاربرد فراوانی یافته‌اند و در این میان مدل AHP با توجه به امکان تعیین وزن و اهمیت نسبی و اولویت‌سنجی بین چند متغیّر یا شاخص خود را در شمار یکی از تکنیک‌های قدرتمند تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی کرده است (Behniafar and Daneshvar, 2010).

روش AHP در دهه ۱۹۷۰ توسط توماس الساعتی برای حل مسائل بدون ساختار در زمینه‌های مختلف مدیریت، سیاست، اقتصاد، جغرافیا و سایر علوم پیشنهاد شد (Momeni and Sharifi Salim, 2011). تشکیل سلسله مراتب پیچیدگی یک مسئله طی مدارج طبقه‌بندی شده از بزرگ به کوچک یا از مطالب عمومی به خاص و اقتصادی است تا به این ترتیب مطابق درک از موضوع به دقت بیشتری دست پیدا کرد (Hegazy *et al.*, 2003). به‌طور کلی پیدا کردن وزن و اهمیت نسبی شاخص‌ها و رتبه‌بندی گزینه‌ها کارهایی است که AHP انجام می‌دهد (Momeni and Sharifi Salim, 2011). پس از اولویت‌بندی، میزان سازگاری متغیرها از طریق نرخ ناسازگاری سنجیده می‌شود تا مشخص شود که آیا بین مقایسات زوجی انجام‌شده سازگاری وجود دارد یا خیر. برای این‌کار پنج مرحله زیر انجام می‌شود:

۱- محاسبه بردار مجموع وزنی (WSV) بر اساس رابطه (۱) از حاصل‌ضرب ماتریس مقایسات زوجی (D) در بردار وزن‌های نسبی (W):

$$WSV = D \times W \qquad (۱)$$

۲- محاسبه بردار سازگاری (CV) از نسبت عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار وزن‌های نسبی.

۳- محاسبه بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس مقایسات زوجی (λ_{Max}) از طریق محاسبه میانگین عناصر بردار سازگاری.

۴- محاسبه شاخص ناسازگاری از طریق رابطه (۲) که در آن، n برابر با تعداد متغیرها است:

$$II = \frac{\lambda_{Max} - n}{n - 1} \qquad (۲)$$

۵- محاسبه نرخ ناسازگاری با رابطه (۳):

$$IR = \frac{II}{IRI} \qquad (۳)$$

IRI مقداری است که از جدول ۲ (که بر پایه شبیه‌سازی تعداد زیادی از ماتریس‌های مقایسه زوجی $n \times n$ به‌دست آمده است) استخراج می‌شود. هر گاه مقدار $IR \leq 0.10$ باشد، در مقایسات زوجی سازگاری وجود دارد و می‌توان کار را ادامه داد، در غیر این‌صورت باید در مقایسات زوجی بازنگری شود (Momeni and Sharifi Salim, 2011).

روش میان‌یابی کریجینگ

تمامی مقادیر اندازه‌گیری شده عناصر اقلیمی تنها به محل اندازه‌گیری (ایستگاه) تعلق دارد، در حالی‌که عناصر اقلیمی در زمان و مکان و به‌صورت خطی یا غیرخطی تغییر می‌کنند و قابلیت انتساب خود به نقاط همسایه دوردست محل اندازه‌گیری را از دست می‌دهند (Gayuor and Masoudian, 1996). به عبارت دیگر متغیری که در فضای سه بعدی توزیع شده باشد، متغیری ناحیه‌ای است. در واقع متغیر ناحیه‌ای متغیری تصادفی است و تفاضل مقدار تصادفی در دو نقطه متفاوت، به فاصله آن‌دو نقطه بستگی دارد. روش‌های مختلفی برای برآورد متغیرهایی که تغییرات زمانی و مکانی (یا یکی از آن‌دو را) دارند وجود دارد که تفاوت عمده آن‌ها محاسبه فاکتورِ وزنی است که به نقاط مشاهده شده اطراف نقطه مورد برآورد اختصاص می‌دهند (Mahdyzade *et al.*, 2006). در روش‌های مبتنی بر میان‌یابی، ارزش‌های عددی در نقاط و مکان‌هایی که دارای ارزش‌های ناشناخته هستند، به وسیله داده‌های شناخته شده مکان‌های مجاور برآورد می‌شوند. مناطق با داده‌های معلوم ممکن است مربوط به نقاط، خطوط یا سطوح باشند. در هر عملیات میان‌یابی

تصمیم اساسی این است که کدام مدل آماری برای ایجاد رابطه مناسب بین داده‌های نقطه‌ای مناسب است (Sanaeenejad, 1998). روش‌های متفاوتی به‌منظور میان‌یابی و برآورد یک متغیر وجود دارد و مناسب‌ترین روش به نوع متغیر و عوامل منطقه‌ای تأثیرگذار بر آن بستگی دارد و نمی‌توان روش منتخب در یک منطقه را به سایر مناطق تعمیم داد. در میان این روش‌ها، کریجینگ که برآوردی خطی است، یک روش تخمین زمین‌آمار است که منطق بر میانگین متحرک وزن‌دار استوار است، طوری که آن‌را بهترین برآوردگر خطی نااریب نام برده‌اند (Mehrshahi and Khosravi, 2010). روش کریجینگ به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

$$Z = \sum \lambda_i Z(X_i) \qquad (۱)$$

که در آن، Z مقدار متغیر مکانی برآورد شده، λ وزن آماری که به X_i نسبت داده می‌شود و $Z(X_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه X_i است (Mahdyzade *et al.*, 2006) که با توجه به شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه و تغییرات ارتفاعی آن توسط نویسندگان مورد تایید قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات عمومی ایستگاه‌های هواشناسی پیرامون شهرستان بوکان

Table 1. The general specifications of the metiorogical stations around Boukan

نام ایستگاه Station name	استان Province	نوع ایستگاه Station type	ارتفاع (متر) Elevation (m)	موقعیت جغرافیایی (UTM) Geographical position (UTM)	
				عرض Latitude	طول Longitude
تکاب Takab	آذربایجان غربی West Azarbaijan	سینوپتیک Synoptic	1765	689855.5	4028548
سردشت Sardasht	آذربایجان غربی West Azarbaijan	سینوپتیک Synoptic	1670	544978.5	4000702
سقز Saqez	کردستان Kordestan	سینوپتیک Synoptic	1522	613803.1	4012422
میاندوآب Mianduab	آذربایجان غربی West Azarbaijan	اقلیم‌شناسی Climatology	1314	602369	4091792
مهاباد Mahabad	آذربایجان غربی West Azarbaijan	سینوپتیک Synoptic	1385	563961	4069228

جدول ۲- مقادیر قابل استفاده IRI در مرحله پنجم محاسبه نرخ ناسازگاری در روش AHP

Table 2. Instrumental values of the IRI in fifth phase of incompatibility rate calculating in AHP method

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IRI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

نتایج و بحث

بررسی توان محیطی- اکولوژیکی از طریق تعیین و تفکیک پتانسیل‌ها و تنگناهای تولید، یافتن مکان‌های مساعد برای تولید محصولات ویژه با توجه به توانایی‌های طبیعی هر منطقه، آگاهی دادن و تشویق کشاورزان در به‌کاربستن این توصیه‌ها و برنامه‌ریزی و اجرای طرح‌های کشاورزی با حمایت‌های همه جانبه دولت و ارگان‌های مسئول، قدم‌های جامعی در رسیدن به اهداف برنامه‌های توسعه کشاورزی کشور است.

برای انجام این پژوهش جدول نیازمندی‌های گیاه ذرت در قالب دو معیار اصلی محیط (با هشت پارامتر ارتفاع، شیب، جهت شیب، نوع خاک، زمین‌شناسی، منابع آب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی) و اقلیم (با هشت پارامتر متوسط حداکثرها و حداقل‌های دما و حداکثرها و حداقل‌های مطلق دمایی، بارش سالیانه، تبخیر و تعرق در فصل رشد، باد و رطوبت نسبی هوا) استخراج و این شرایط در پنج رده خیلی مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب و کاملاً نامناسب با توجه به نظر کارشناسان اکولوژیست تفکیک و ارزش‌گذاری شد. این مهم پس از تهیه، ارسال،

تکمیل و دریافت پاسخ پرسش‌نامه تنظیم شده برای دو کارشناس جهاد کشاورزی شهرستان و دو کارشناس دانشگاهی دانشگاه بیرجند با درجه دانشیاری زراعت انجام پذیرفت. این پرسش‌نامه در کنار بیان اهداف تحقیق، معرفی معیارها و پارامترها و بیان شیوه وزن‌دهی به‌صورت جداگانه ارسال و میانگین پاسخ‌های کارشناسی مورد استناد واقع شد.

اثر پارامترهای اقلیمی به‌عنوان یکی از دو بعد اثرگذار در این پژوهش در قالب متوسط‌های ماهانه در لایه‌های GIS اعمال شد. به‌منظور ارایه تصویری کلی از وضعیت اقلیمی منطقه، میانگین سالیانه این پارامترها در جدول ۳ ارایه شده است. ارزش وزنی پارامترهای اقلیمی پس از جمع‌بندی و میانگین‌گیری نظر کارشناسان در جدول ۴ خلاصه و نرخ ناسازگاری پارامترهای آن در ستونی با همین عنوان ارایه شد که نتایج آن صحت مقایسات را تأیید می‌کند. نقشه پهنه‌بندی اقلیمی شهرستان بوکان برای کشت ذرت (شکل ۳)، پس از طی مراحل سه‌گانه زیر به‌دست آمد:

۱- میان‌یابی مقادیر پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های پیرامونی به روش کریجینگ.

۲- اعمال ضریب اهمیت هر پارامتر در سطح میان‌یابی شده (تشکیل لایه‌های وزن‌دار).

۳- جمع کردن (تلفیق) لایه‌های وزن‌دار در محیط GIS.

نتایج نشان داد که اراضی بخش سیمینه (و دهستان آختاچی) حایز بیشترین پتانسیل اقلیمی برای کشت ذرت هستند و نیمه جنوبی شهرستان از این لحاظ نامناسب و یا کاملاً نامناسب و فاقد ارزش تشخیص داده شد.

پارامترهای محیطی نیز پس از ارزش‌گذاری (جدول ۵) و اعمال وزن نهایی پارامترها در لایه مربوطه پس از تلفیق (اجتماع) لایه‌های وزن‌دار، پهنه‌های مستعد محیطی شهرستان را برای کشت ذرت به‌دست داد (شکل ۴). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، سهم بسیار ناچیزی از شهرستان (رنگ سبز میانه نقشه) واجد شرایط بسیار مناسب محیطی برای کشت ذرت بود و در مقابل، قسمت بیشتر آن شرایط متوسطی برای این منظور داشت. در نهایت، دو معیار اصلی (اقلیم و محیط) مجدداً با هم مورد مقاسیه زوجی و ارزش‌گذاری (جدول ۶) قرار گرفتند و پس از اعمال وزن هر معیار و تشکیل لایه وزن‌دار آن‌ها در محیط GIS با هم تلفیق (جمع) شدند و نقشه نهایی پهنه‌بندی (شکل ۵) را ایجاد کردند.

جدول ۳- میانگین پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی پیرامون شهرستان بوکان

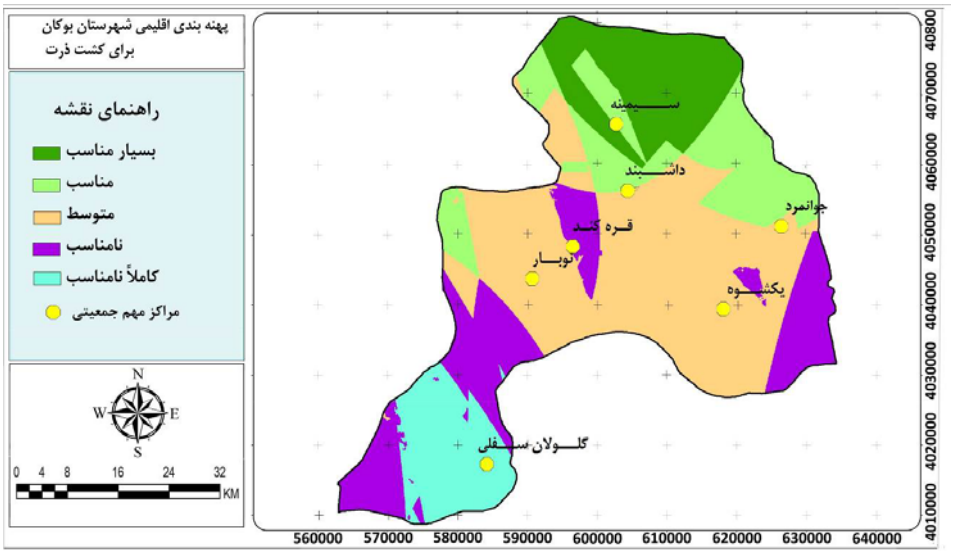
Table 3. Average climatic parameters in station around Boukan

پارامترهای اقلیمی Climatic parameters	تکاب Takab	سردشت Sardasht	سقز Saqez	میاندوآب Mianduab	مهاباد Mahabad
متوسط حداکثر دما Average Maximum Temperature	16.2	16.5	18.7	19.8	19
متوسط حداقل دما Average Minimum Temperature	2.3	8.8	3.2	10.9	6.7
حداکثر مطلق دما Absolute Maximum Temperature	37	39.6	43	38.5	41.4
حداقل مطلق دما Absolute minimum Temperature	-29.8	-25	-36	-12.6	-19.4
رطوبت نسبی هوا Relative humidity	54.8	46.2	54.4	59.3	53.3
بارش Precipitation	348.3	855.1	474.7	278.9	413.6
تبخیر و تعرق Evapotranspiration	802.7	1083.1	1011	1234.6	1138.3
سرعت باد Wind speed	2.1	3.1	1.8	1.8	1.8

جدول ۴- محاسبه ارزش پارامترهای اقلیمی

Table 4. Calculation of of climatic parameter values

پارامترهای اقلیمی Climatic parameters	متوسط حداکثر دما Average max. temp.	متوسط حداقل دما Average min. temp.	حداکثر مطلق دما Absolute max. temp.	حداقل مطلق دما Absolute min. temp.	رطوبت نسبی Relative humidity	بارش Precipitation	تبخیر و تعرق Evapotranspiration	سرعت باد Wind speed	ضریب ناسازگاری Inconsistency coefficient	وزن نرمال Normal weight
متوسط حداکثر دما Average max. temp.	1	0.5	0.5	0.5	4	4	4	3	0.09	0.18
متوسط حداقل دما Average min. temp.	0.20	1	0.34	0.02	1.5	1.5	0.5	0.5	0.09	0.06
حداکثر مطلق دما Absolute max. temp.	0.20	3	1	0.03	2	2	1.5	1.5	0.09	0.11
حداقل مطلق دما Absolute min. temp.	0.03	5	4	1	5	6	5	7	0.09	0.33
رطوبت نسبی هوا Relative humidity	0.10	0.67	0.5	0.2	1	0.5	0.5	0.5	0.05	0.04
بارش Precipitation	0.15	0.67	0.5	0.17	2	1	4	5	0.09	0.13
تبخیر و تعرق Evapotranspiration	0.25	2	0.67	0.2	2	0.25	1	4	0.09	0.1
سرعت باد Wind speed	0.05	2	0.67	0.14	1	0.2	0.25	1	0.09	0.05
مجموع Total	1.98	14.8	8.18	2.25	18.5	15.4	16.7	22.5	1.13	1



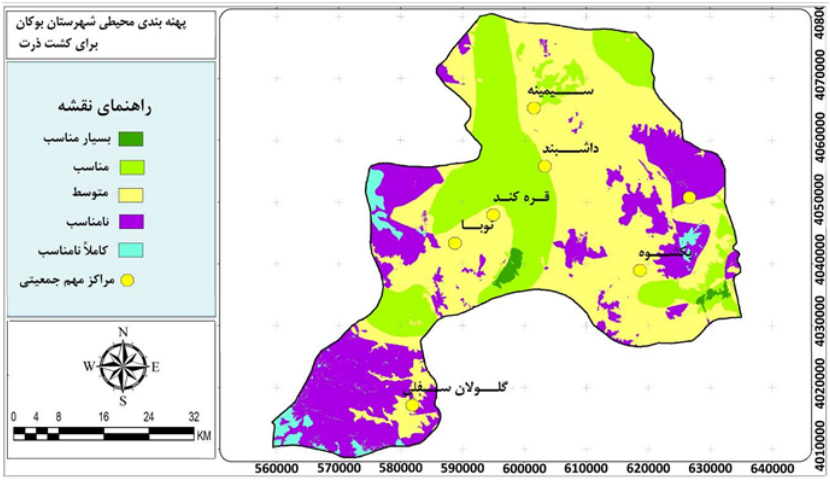
شکل ۳- پهنه‌بندی شهرستان بوکان به‌منظور کشت ذرت بر اساس پارامترهای اقلیمی

Figure 3. Zonating Boukan in order to maize cultivation based on climatic parameters

جدول ۵- محاسبه ارزش پارامترهای محیطی

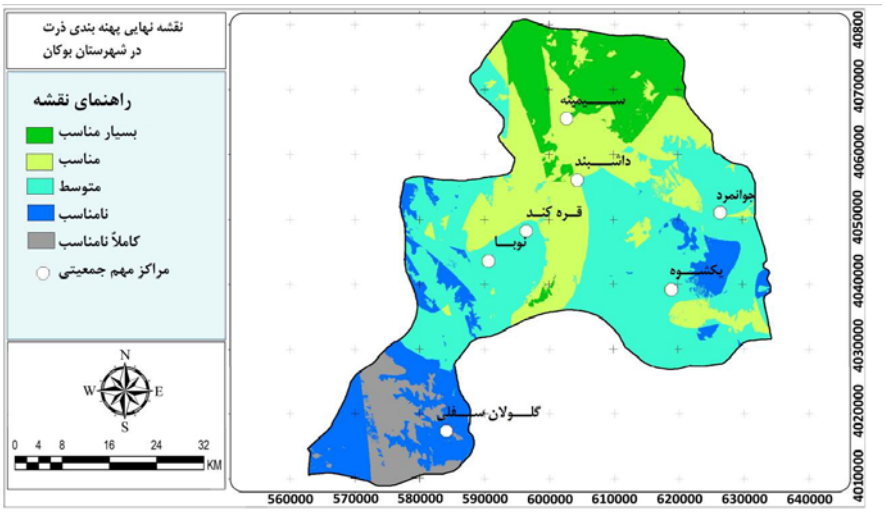
Table 5. Calculation of environmental parameter values

پارامترهای محیطی Environmental parameter	خاک Soil	آب Water	ارتفاع Elevation	شیب Slope	جهت شیب Slope direction	کاربری زمین Land use	زمین‌شناسی Geology	پوشش گیاهی Land cover	ضریب ناسازگاری Inconsistency coefficient	وزن نرمال Normal weight
خاک Soil	1	5	9	8	8	7	8	5	0.09	0.24
آب Water	0.20	1	8	8	6	5	5.5	4	0.09	0.41
ارتفاع Elevation	0.11	0.13	1	4	2	1	1	1	0.09	0.06
شیب Slope	0.20	0.13	0.25	1	5	1	4	3	0.09	0.09
جهت شیب Slope direction	0.11	0.17	0.5	0.2	1	1	2	2	0.05	0.05
کاربری زمین Land use	0.14	0.2	1	1	1	1	1.5	1	0.09	0.04
زمین‌شناسی Geology	0.13	0.18	1	0.25	0.5	0.67	1	2	0.09	0.06
پوشش گیاهی Land cover	0.20	0.25	1	0.33	0.5	1	0.5	1	0.09	0.05
مجموع Total	2.09	7.05	21.7	22.7	24	17.67	23.5	19	1.13	1



شکل ۴- پهنه‌بندی شهرستان بوکان بمنظور کشت ذرت براساس معیار محیط

Figure 4. Boukan's county zonation in order to Zea May cultivation based on environmental criterion



شکل ۵- نقشه نهایی پهنه‌بندی شهرستان بوکان بمنظور کشت ذرت(براساس مجموع معیارها)

Figure 5. Final map's Boukan county zonation in order to Zea May cultivation (based on total criterion).

شایان ذکر است که جهت حذف سطوح ناچیز در شکل ۵، سطوح کمتر از یک هکتار با دستور Dissolve در محیط GIS در نزدیک‌ترین همسایه‌های خود ادغام شدند. جدول ۷ نتیجه کلی پهنه‌بندی شهرستان بوکان را برای کشت ذرت به‌صورت مساحت به درصد و نیز کیلومتر مربع به‌تفکیک در پنج رده نمایش می‌دهد.

شرایط اقلیمی و محیطی در مکان‌های مختلف، متفاوت است. هرچند سازگاری محصولی خاص با این شرایط در همه مکان‌ها به‌صورت کامل ضروری نیست، اما انطباق بیشتر موجب بهره‌دهی بیشتر خواهد شد. تا تاریخ ثبت پژوهش حاضر در زمینه پهنه‌بندی ذرت در استان و شهرستان‌های همجوار، گزارش‌های قابل توجه‌ای به ثبت نرسیده است و یافتن مطالعاتی از این دست که در شرایط دقیقاً مشابه اقلیمی و محیطی با شهرستان بوکان انجام گرفته باشد، نیز کاری بسیار دشوار است. مطالعه‌ای که توسط سعیدی شاهیوند و همکاران (Saidi Shahivandi *et al.*, 2011) در استان لرستان انجام گرفت، نشان داد که ۱۰ درصد از مناطق استان شامل مناطق جنوبی، جنوب‌غربی و مرکز استان، مناسب‌ترین مناطق برای کشت ذرت دانه‌ای هستند. محرم‌زاده (Moharramzade, 2011) فقط ۸ درصد از زمین‌های استان آذربایجان شرقی را واجد مناسب‌ترین شرایط برای کشت ذرت عنوان کرد. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تقریباً مشابه طبیعی و اقلیمی با شهرستان بوکان، هر چند شرایط درجه یک برای کشت ذرت در مقیاسی وسیع قابل تحقق نیست، اما شرایط درجه دو در مقیاسی وسیع‌تر قابل برنامه‌ریزی است و تغییرات اقلیمی پیش رو ضرورت این امر را اجتناب‌ناپذیر ساخته است.

جدول ۶- محاسبه ارزش نهایی معیارهای تحقیق

Table 6. Calculating the final value of the research criterions

معیار Criterion	اقلیمی Climate	محیطی Environment	ضریب ناسازگاری Inconsistency coefficient	وزن نرمال Normal weight
اقلیم Climate	1	1.5	0.03	0.545
محیط Environment	0.83	1	0.05	0.455
مجموع Total	1.83	2.2	****	1

جدول ۷- نتیجه کلی پهنه‌بندی ذرت در شهرستان بوکان
Table 7. Overal result of maize zoning in Boukan

میزان تناسب Suitability rate	مساحت (کیلومتر مربع) Area (km^2)	مساحت (درصد) Area (%)
بسیار مناسب Very suitable	333.4	13.3
مناسب Suitable	609.22	24.3
متوسط Partly suitable	1056.67	42.15
نامناسب Unsuitable	348.48	13.9
کاملاً نامناسب Wholly suitable	159.04	6.34
مجموع Total	2506.81	100

جمع‌بندی نهایی

پهنه‌بندی‌های اکولوژیک زمانی نتایج دقیق و معرف واقعیت به خود می‌گیرند که از روش‌های چندمعیاره برای سنجش و وزن‌دهی استفاده شده باشد و نتایج آن‌ها در محیط‌های رستری-برداری مانند GIS تلفیق و مدل‌سازی شوند. ذرت از نظر فیزیولوژیک جزو گیاهان C4 است که مسیر فتوسنتزی آن متفاوت از گیاهان C3 مانند چغندرقند می‌باشد. ویژگی‌های فیزیولوژیک، این‌گونه گیاهان را قادر می‌سازد با کارایی بیشتری از منابع محیطی استفاده کنند، به‌ویژه گیاهانی که دارای کارایی مصرف نور خورشید بیشتر و کارایی مصرف آب و ازت بیشتری هستند و در شرایط کنونی که تغییرات اقلیمی عمده‌ترین تهدید پیش‌روی اکوسیستم است، درجه تحمل‌پذیری بیشتری به دماهای بالاتر دارند. بنابراین، ذرت به‌عنوان موضوع محوری و جایگزینی مناسب برای چغندرقند که مورد توافق کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان نیز بود، انتخاب شد. در این پژوهش ۱۶ پارامتر تاثیرگذار در رشد و نمو ذرت با روشAHP وزن‌دهی و ارزش‌گذاری شد و پس از اعمال ضریب وزنی هر پارامتر در لایه خود در محیط GIS، ابتدا نقشه معیار اقلیم (حاصل مجموع پارامترهای زیرمجموعه خود) مطابق شکل ۳ و سپس نقشه معیار محیط (حاصل مجموع پارامترهای زیرمجموعه خود) مطابق شکل ۴ و در نهایت پس از طی مراحل مشابه برای این‌دو معیار اصلی، شکل ۵ به‌عنوان نقشه پهنه‌بندی توان اکولوژیک شهرستان بوکان جهت کشت ذرت به‌دست آمد. همان‌طور که در جدول ۷ و شکل ۵ نشان داده شده است، سرمایه‌گذاری (صرفاً طبیعی و نه اقتصادی) در ۱۳٫۲ از مساحت شهرستان مشتمل بر بخش سیمینه به‌عنوان نواحی بسیار مناسب و سپس در نواری ضرب‌دری شکل در میانه‌های نقشه در ۲۴٫۳ درصد از مساحت شهرستان (شامل قسمت اعظم دهستان آختاچی شرقی و به‌میزان کمتر در دهستان آختاچی)، به‌عنوان نواحی مناسب میسر است. سه رده بعدی یعنی رده متوسط با ۴۲٫۳۲ درصد (قسمت اعظم میانه نقشه به مرکزیت شهر بوکان و قسمت عمده‌ای از اراضی دهستان‌های بهی‌دهبکری، ایل‌تیمور و بهی‌فیض‌الله‌بیگی به‌ترتیب با مرکزیت جوانمرد، نوبار و یکشوه)، و دو رده نامناسب و کاملاً نامناسب در مجموع با ۲۰٫۲ درصد از مساحت شهرستان (شامل تقریباً تمامی اراضی دهستان ایل‌گورک و قسمت‌های پراکنده‌ای از غرب دهستان بهی‌فیض‌الله‌بیگی به‌ترتیب با مرکزیت گلولان سفلی و یکشوه) عملاً ارزش کشت و کار و در نتیجه سرمایه‌گذاری در زمینه کشت ذرت را ندارند (جدول ۷).

References

Ahsani, N., Aoladi, J., Gasriani, F. and Darvish, M. 2008. Introduction to a method for experiment sustainable management in territory base on IUCN criterions, Kurdistan province, Kusalan, Marivan's region. **Iranian Journal of Range and Desert Research** 4 (14): 539-558. (In Persian with English Abstract).

Akbari, T. and Masoudian, S. A. 2007. Identifying thermal regime and zoning areas of thermal Iran. **Journal of Geography and Environmental Planning** 33 (1): 59-74. (In Persian with English Abstract).

Alijani, B. and Dostan, R. 2006. Determination of areas prone to cultivation of barberry in South Khorasan province using GIS. **Journal of Geography and Regional Development** 8: 13-33. (In Persian with English Abstract).

Asakereh, H. 2008. Application of kriging method in interpolation the precipitation (case study: The interpolation of precipitation in 17.3.1998 in Iran. **Journal of Geography and Development** 12: 25-42. (In Persian with English Abstract).

Askari, M. R., Sarmadian, F., Khodayari, M. and Norozi, A. A. 2009. Zonation of agro-ecological potency by remote sensing and GIS in Takestan region. **Iranian Journal of Water and Soil Research** 2 (4): 93-104 (In Persian with English Abstract).

Ataei, M. 2001. Multi-criteria decision making (MCDM). Shahroud Industrial University Publications. (In Persian).

Azimi Hosseini, M. and Behbahani, M. R. 2011. Feasibility and zoning olive prone area using GIS and genetic algorithm in Lorestan province. **Journal of Water and Irrigation Management** 1 (2): 85-96. (In Persian with English Abstract).

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. application to grain maize, durum wheat, soft wheat, spring barley, sugar beet, rapeseed, sunflower, soybean, tomato. European Commission Directorate General Joint Research Centre-ISPRA, Monograph EUR 20550 EN. 196 p.

Bazgir, S. 2000. Evaluation of the climatic potential for wheat cultivation (case study of Kurdistan province). M. Sc. Dissertation. Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian).

Behniafar, A. and Daneshvar, M. 2010. Land use stratification using multifactor assessment method and AHP model for the purpose of tourism development in GIS environment (case study: Golmakan area). **Quarterly Geographical of Environment Based Territorial Planning** 3 (9): 1-18. (In Persian with English Abstract).

Dinpajoh, Y. and Movahed Danesh, A. A. 1997. Determination of suitable areas for rainfed cereal production, according to the monthly precipitation in West and East Azerbaijan and Ardabil. **Nivar** 3: 25-38. (In Persian with English Abstract).

Faraji Sabokbar, H. and Azizi, G. 2006. The accuracy assessment of apatial interpolation methods (case study: Rainfall modelling Kardeh area of Mashhad. **Journal of Geographical Research** 58: 1-12. (In Persian with English Abstract).

Fischer, G., Velthuizen, H. V., Shah, M. and Nachter Gaele, F. 2002. International institute for applied systems analysis. Luxemburg, Austria Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale Delle Terme di Caracalla, Rome, Italy.

Gayuor, H. A. and Masoudian, S. A. 1996. The spatial relationship between precipitation and elevation in Iran. **Journal of Geographical Research** 41: 72-93. (In Persian with English Abstract).

Hegazy, M. N., Leithy, B. E. L. and Helm, A. 2003. GIS modeling for best sites for agricultural development in South Eastern Desert, Egypt. International Conference Map India, Over View.

Hosseini, M., Koucheki, A. and Hashemi Dezfoli, A. 2007. Sustainable agriculture (Translation). Jahad Daneshgahi Mashhad Publications. (In Persian).

Iran Municipalities and Rural Management Organization. 2008. Encyclopedia of urban and rural management. Iran Municipalities and Rural Management Organization, Tehran, Iran. (In Persian).

Jahanbakhsh, S. and Gerighurian, V. 2009. Check weather conditions of Western Azerbaijan province for olive cultivation and its agricultural zoning. **Geography and Development Iranian Journal** 14: 5-26. (In Persian with English Abstract).

Kazemi-Rad, M. 1998. Determining the appropriate time and favorable area of wheat cultivation in West Azarbaijan based on temperature and precipitation. M. Sc. Dissertation. University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian).

Koucheki, A. R. and Khiabani, H. 1994. The principles of agro-ecology. Jahad Daneshgahi of Mashhad Publications. (In Persian).

Mahdyzade, M., Mehraban, M. and Sohrab, H. 2006. Performance geostatistical methods in climatic zoning of Orumieh lake's basin. **Journal of Physics of the Earth and the Environment** 32 (1): 103-116. (In Persian with English Abstract).

Maji, A. K., Krishna, N. D. and Challa, R. 1993. Geography information system in analysis and interpretation of soil resources data for land use planning. **Journal of the Indian Soil Science** 46 (2): 260-273.

Mehrshahi, D. and Khosravi, Y. 2010. The assessment of kriging interpolation methods and linear regression based on digital elevation model (DEM) in order to specify the spatial distribution of annual precipitation (case study: Isfahan province). **Modares Journal of Spatial Planning** 14 (4): 233- 249. (In Persian with English Abstract).

MJA. 2011. Agricultural statistic. Annual book. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian).

Moharramzade, F. 2011. Agroclimatic zoning of prone areas for corn cultivation in GIS environment (case study: East Azarbaijan). M. Sc. Dissertation. Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian).

Momeni, M. and Sharifi Salim, A. R. 2011. Models and software's of multi criteria decision making (MCDM). Moallefin Publications, Tehran, Iran. (In Persian).

Motiei Langrodi, S. H. and Shamaei, E. 2009. Development and sustainable agriculture. Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian).

Nilsson, E. and Svensson, A. 2005. Agro-ecological assessment of Phonxay district, Louang Phrabang province, Lao PDR: A minor field study. Geobiosphere Science Centre, Physical Geography and Ecosystems Analysis, Lund University, Sweden.

Nori, S. H. A. 2011. Evaluation of environmental potency for appointment of agriculture capable area by GIS: District central of Kiar county). **Iranian Journal of Geography and Environmental Planning** 37: 33-46. (In Persian with English Abstract).

Nour-Mohammadi, Gh., Syadat, S. A. and Kashani, A. 2010. Agronomy of cereal crops. Shahid Chamran University of Ahvaz Press, Ahvaz, Iran. (In Persian).

Quanta. 1975. Establishment and active agricultural meteorological research stations. Manual needs and limitations of the 15 main product of agricultural meteorology. Iran Meteorological Organization. Quanta Consulting Engineers. (In Persian).

Rahnamaei, M. T. 1997. Iran's environmental potencies. The Center of Urbanism Studies and Research, Tehran, Iran. (In Persian).

Rajaei, A. H. 2003. The appliance of environmental geography in Urban and Rural Planning. SAMT Publications, Tehran, Iran. (In Persian).

Rasooli, S. J. and Ghaemi, A. R. 2010. Canola cultivation area dividing about climatic temperature needs used GIS in Khorasan provinces. **Electronic Journal of Crop Production** 3 (1): 121 -138. (In Persian with English Abstract).

Sadeghi, H. 2011. Zoning of agricultural ecological potency for canola cultivation in Izeh County by GIS. M. Sc. Dissertation. Birjand University, Birjand, Iran. (In Persian).

Saidi Shahivandi, M., Khaledi, Sh., Shakiba, A. R. and Mirbagheri. 2011. Agricultural climatic zoning of corn in Lorestan province by GIS. **Journal of Applied Research in Geographical Sciences** 29: 195-214. (In Persian with English Abstract).

Sarvar, R. 2011. Land use planning in regional development and improvement projections. Ganj-e-Honar Publications, Tehran, Iran. (In Persian).

Pariya, S. and Shibasaki, R. 2001. National spatial crop yield simulation using GIS-based crop production model. **Ecological Modelling** 136 (2-3): 113-129.

Sedagati, M. 1992. Agriculture sustainable systems and its role in conservation and exploit of source environment. Proceedings of 6th National Scientific Congress of Agricultural Extension. (In Persian).

Sanaeenejad, H. 1998. Introduction to geographic information systems (GIS) (Translation). University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian).

Tavakol, M. S. 1997. The necessity of environmental potency evaluation in physical development projections. **Journal of Ecology** 18: 31-45. (In Persian with English Abstract).

Varnes, D. J. 1984. Land slide hazard zonation: A review of principle and practice. Unexco, Paris.

Hashemi Majd, K. 2002. Management in non-soil cultivation (Translation). Bagh-e-Andishe Publications, Tehran, Iran. (In Persian).

Yazdanpanah, H. A. 2006. Locating of land potency for almond cultivation in East Azerbaijan. **Geography and Development Iranian Journal** 3: 193-203. (In Persian with English Abstract).

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 1, Spring 2017 (85-100)

The zoning of ecological capability of maize cultivation using geographic information system (GIS) in Boukan country

Mahmoud Fall Soliman[1*], Abolfazl Akbarpour[2], Mohamad Ali Behdani[3] and Kamal Jamshidi[4]

Received: July 21, 2015 Accepted: Febraury 27, 2016

Abstract

The guarantee of food security and agricultural livelihoods requires a comprehensive and systematic approach aimed at sustainable use and management of natural resources through the development and adaptation of agricultural technology and management experiences. Accordingly, the objective of this research was to find suitable sites for maize cultivation in Boukan, Iran. The present research is applied in term of purpose, descriptive-exploratory in term of research type and library in term of data collection method. To accomplish this research, two main criteria, environment (with parameters such as geology, soil science, land use, plant cover, water resources as well as digital elevation map layer) and climate (with parameters such as temperature, humidity, wind, annual precipitation and evapotranspiration) were first separately studied and then in combination, so that in the first stage, climate data from five peripheral stations of Boukan county for an 21 years old period (since 1985-2005) and environment data based on the scale of 1:50000 were collected. In the next step, after extracting the ecological requirements of maize, these data were valuated based on the priority of their influencing on maize cultivation using analytic hierarchical process (AHP) method. Then, the total area of Boukan county were analyzed, identified and ranked for maize cultivation using GIS and other related softwares. finally sheet in order to this product. The results of this research showed that the northern regions of the Simineh (with 13.2% of the country's area) has the most suitable potential and Ael-Gaverk rural district (located in southwest of Boukan with 6% of the total country's area) has the most unsuitable potential for maize cultivation.

Keywords: Analytic hierarchical process (AHP), Climatic parameters, Environmental parameters, Digital elevation map (DEM),

1. Assist. Prof., Dept. of Geography and Rural Programing, Faculty of Literature and Humanities, Birjand University, Birjand, Iran
2. Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran
3. Assoc. Prof., Faculty of Agriculture, Birjand University, Birjand, Iran
4. M. Sc. Graduated, Dept. of Geography and Rural Programing, Faculty of Literature and Humanities, Birjand University, Birjand, Iran
[*] Corresponding author: mfall@birjand.ac.ir