ارزیابی تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود دیم با استفاده از منطق بولین و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

حسین کاظمی*[۱]، سهراب صادقی[۲]

۱- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی علمی- کاربردی جهاد کشاورزی جهرم

به منظور ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود دیم، از منطق بولین و فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده شد. برای این کار ابتدا نیازهای اقلیمی و زراعی نخود با استفاده از منابع علمی تعیین گردید. سپس براساس آن، نقشه‌های موضوعی مورد نیاز تهیه گردید. پس از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه براساس منطق بولین در دو طبقه مستعد (ارزش یک) و غیرمستعد (ارزش صفر) و بر اساس روش هم‌پوشانی وزنی با AHP در چهار طبقه (بسیار مستعد، مستعد، نیمه مستعد و غیر مستعد) صورت گرفت. از AHP برای تعیین وزن معیارها از طریق تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها استفاده شد. سپس هم‌پوشانی و روی‌هم‌گذاری همه لایه‌ها در محیط ArcGIS برای هر روش جداگانه انجام پذیرفت. نتایج منطق بولین نشان داد که ۱۶/۴۱ درصد از اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت تولید نخود دیم مناسب می‌باشد، به‌طوری‌که ۱۷۷۲۹/۹۱ هکتار اراضی واقع در قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه در پهنه مناسب قرار گرفتند. در این مطالعه مشخص شد که در اراضی کنونی کشاورزی این شهرستان از نظر بارش، دماهای مطلوب، کمینه و بیشینه و درصد شیب محدودیتی جهت کشت نخود وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد که عوامل محدود کننده کشت نخود، درصد ماده آلی پایین، شوری، کلسیم، فسفر و پتاسیم بالا می‌باشد. نتایج هم‌پوشانی وزنی براساس AHP نشان داد که به ترتیب ۲۷/۵۲ و ۱۳/۹۱درصد زمین‌های کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت تولید نخود در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار دارند و حدود ۱۶ درصد از اراضی کشاورزی این منطقه جهت کشت نخود دیم غیر مستعد تشخیص داده شد. این مناطق حداقل از نظر یک منبع محیطی دارای محدودیت بودند.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، نخود، آق‌قلا، GIS ، AHP

* نویسنده مسئول: *hossein_k_p@yahoo.com* تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۵/۲۶

مقدمه

نخود به عنوان یکی از مهم‌ترین حبوبات در ایران ۶۴ درصد سطح زیر کشت حبوبات را به خود اختصاص داده است. در حدود ۹۵ درصد سطح زیر کشت نخود در ایران به صورت دیم است. این گیاه عمدتا در نظام‌های کشاورزی مناطق نیمه خشک کشت می‌شود و به نهاده کمی نیاز دارد. خصوصیاتی همچون توانایی تثبیت نیتروژن، ریشه‌دهی عمیق و استفاده موثر از نزولات جوی سبب شده است که این گیاه نقش مهمی در ثبات تولید نظام‌های زراعی ایفا نماید. متوسط عملکرد نخود در ایران حدود ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار، در حدود نصف میانگین عملکرد جهانی است و این نکته موید این است که اغلب کشاورزان ما از پتانسیل تولید و متوسط جهانی فاصله زیادی دارند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). اگر بتوان با توجه به نیازهای بوم‌شناختی مناطق مستعد کشت محصول را شناسایی نمود و در کنار آن به محدودیت‌ها و توانمندی‌های محیطی پی برد، عملا می‌توان به عملکرد بیشتر و پایدار در واحد سطح با حفظ منابع محیطی دست یافت (کمالی و همکاران، ۱۳۸۹).

منطق بولین بر این اساس استوار است که برای هر معیار در ارتباط با کاربری یا عمل مورد نظر، مناطق به دو گروه مناسب و نامناسب تقسیم می‌کنند. روش روی هم‌گذاری بولین، ساده‌ترین روش ترکیب محدودیت‌ها می‌باشد که وزن همه آنها مساوی در نظرگرفته شده و با یکدیگر جمع شده و یا در هم ضرب می‌گردند و معمولاً برای تفکیک مناطقی که دارای مجموعه‌ای از شرایط و ویژگی‌های مورد نظر باشند، کاربرد دارد. منطق بولین بر مبنای اعداد ۱ و ۰ و لزوم قطعیت در مورد وجود یا نبود هر پدیده مورد بررسی در فرآیند مکان‌یابی است. یعنی نقشه‌های استاندارد شده که در آنها مناطق به دو گروه مطلوب و نامطلوب تقسیم می‌شوند و این دو گروه به‌ترتیب با ارزش‌های یک و صفر مشخص می‌گردند (امیری و همکاران، ۱۳۸۸; قرخلو و همکاران، ۱۳۸۸).

کاظمی(۱۳۹۲ب) به منظور پهنه‌بندی زراعی-بوم شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت جولخت از منطق بولین و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که سطح وسیعی از اراضی شهرستان گرگان جهت تولید جو لخت مناسب می‌باشد، به‌طوری‌که ۴۶۳۹۶/۹۳ هکتار اراضی واقع در قسمت‌های شمالی و میانی منطقه مورد مطالعه در پهنه مناسب قرار گرفتند. همچنین مشخص شد که ۱۶۶۵۴/۴۶هکتار از مناطق کشاورزی منطقه دارای پتانسیل نامناسب جهت کشت این گیاه می‌باشد. ارزیابی توان بوم‌شناختی اراضی جنگلی حوضه‌های دوهزار و سه هزار شمال ایران توسط امیری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از مدل تجزیه و تحلیل سیستمی و براساس منطق بولین انجام شد. نتایج نشان داد که از ۷ طبقه کاربری مورد نظر، فقط پنج طبقه اول در منطقه مورد مطالعه وجود دارند و طبقات ۶ و ۷ مدل جنگلداری ایران در این حوضه وجود ندارند.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاره و یکی از جامع‌ترین آنهاست (Jiajin, 1997). این روش اولین بار توسط ساعتی در دهه ۱۹۷۰ ابداع شد و در تصمیم‌گیری‌هایی که دارای شاخص‌های کمی و کیفی باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Saaty, 1980). فرایند تحلیل سلسله

مراتبی، یک نمایش گرافیکی از مساله پیچیده واقعی می‌باشد که در راس آن هدف کلی مساله و در سطوح بعدی معیارها و گزینه‌ها قرار دارند (خالدی و همکاران، ۱۳۸۸). در روش AHP مساله تصمیم‌گیری از طریق تشکیل درخت سلسله مراتب تصمیم حل می‌شود و در آن گزینه‌های که هدف تصمیم‌گیری در نهایت تعیین اهمیت نسبی آنها به‌صورت وزن‌های عددی می‌باشد، با هم‌دیگر رقابت کرده و به‌صورت دو به دو مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در این روش کارشناسان و افراد خبره قضاوت‌های مقایسه‌ای زوجی ساده‌ای را از طریق سلسله مراتب ایجاد شده تا رسیدن به اولویت‌هایی برای تمامی گزینه انجام می‌دهند (امینی فسخودی، ۱۳۸۱).

چن و همکاران (Chen *et al.,* 2010) بررسی جامعی در استان هنان جهت کشت تنباکو بر پایه سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام دادند. آنها در این تحقیق از ۱۷ شاخص مرتبط به اقلیم، خاک و شکل زمین استفاده کردند. وزن این شاخص‌ها از پرسشنامه‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) بدست آمد. نتایج نشان داد که ۲۲/۵۲ درصد از اراضی این استان واقع قسمت‌های غرب و جنوب دارای تناسب مطلوب برای کشت تنباکو است. رحمان و ساها (Rahman and Saha, 2008) با استفاده از ارزیابی چند معیاره فضایی Spatial Multi Criteria Evaluation)، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و نیز فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) به تدوین الگوی کشت مناسب برای منطقه سیل‌خیز بوگرا در بنگلادش پرداختند. در این مطالعه گیاهان زراعی شاخص در منطقه از جمله گندم، برنج، خردل، سیب زمینی در الگوهای پیشنهادی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که منطقه مورد نظر تناسب متوسط تا بالایی برای تولید گیاهان زراعی انتخاب شده دارد. در منطقه بوگرا در فصل سیلاب تنها مناطق اندکی برای کشت برنج مناسب تشخیص داده شد. سرانجام چهار الگوی کشت مناسب برای منطقه در فصل سیل و پس از سیل مشخص شد. تودس و یگیتر (Tudes and , 2010 Yigiter) کارآمایش سرزمین را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و بر پایه فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در منطقه زلزله‌خیز ادانا (Adana) در ترکیه انجام دادند. در این مطالعه شش طبقه کاربری اراضی تعیین شد. تناسب اراضی کشاورزی منطقه یوسوفلی در شهر آرتوین ترکیه، با استفاده از GIS و فرایند AHP توسط آکینسی و همکاران (Akinici *et al.,* 2013) ارزیابی شد. نتایج نشان داد که ۰/۰۸ درصد منطقه مورد مطالعه برای تولیدات کشاورزی بسیار مستعد بوده در حالی که ۱/۵۵ درصد نیمه مستعد و ۶/۳درصد در پهنه حاشیه‌ای و غیرمستعد قرار داشتند. سایر اراضی به پهنه‌های جنگلی و مرتع اختصاص داشت.

نتایج پهنه‌بندی بوم‌شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت آفتابگردان با روش AHP توسط کاظمی (۱۳۹۲الف) نشان داد که به ترتیب ۷۱/۳۸ و ۱۳/۸۵ درصد زمین‌های زراعی شهرستان گرگان جهت تولید آفتابگردان در پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد قرار دارند. این پهنه‌ها از بارش کافی و حاصلخیزی بالا برخوردار بودند. در این بررسی مشخص شد که ۱۴/۷۶ درصد از اراضی کنونی کشاورزی گرگان جهت کشت آفتابگردان مناسب نمی‌باشد. منداس و دلاهی (Mendas and

(Delahi, 2012) نقشه‌های تناسب اراضی جهت کشت گندم دورم را برای منطقه ملتا (Mleta) در الجزایر با تلفیق GIS و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره تولید کردند. در مطالعه دیگری مصطفی و همکاران (Mustafa *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. نتایج ارزیابی هوشیار و همکاران (Houshyar *et al*., 2014) در منطقه مرکزی استان فارس جهت کشت ذرت سیلویی نشان داد که ۷۳/۴۷ درصد از اراضی مورد مطالعه بسیار مناسب و تنها ۷/۳۶ درصد تناسب ضعیف برای تولید این محصول دارند. این محققان در این مطالعه از روش‌های AHP و فازی در ترکیب با GIS بهره بردند.

سطح زیر کشت نخود در استان گلستان بسیار محدود است. نخود در اراضی جنوبی استان به‌صورت دیم و در گرگان و مناطق شمالی استان به‌صورت آبی کشت می‌شود. بیشترین سطح زیرکشت این محصول در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ مربوط به شهرستان مینودشت با ۲۵۶ هکتار و با متوسط عملکرد ۷۵۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۸۹). با توجه به سطح وسیع اراضی دیم‌زار در شهرستان آق‌قلا و ناپایداری عملکرد و تنزل کیفیت منابع محیطی در این منطقه، این مطالعه به منظور گنجاندن گیاه کم توقع و مفید نخود در برنامه الگوی کشت اراضی این شهرستان جهت استفاده از مزایای کشت این محصول انجام شد. بدین منظور ارزیابی تناسب اراضی کشاورزی کنونی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود دیم براساس منطق بولین و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) انجام شد. تعیین محدودیت‌ها و مزیت‌های کشت نخود در این منطقه و شناخت میزان مرغوبیت و قابلیت مناطق مختلف جهت کشت این گیاه از دیگر اهداف این پژوهش بود.

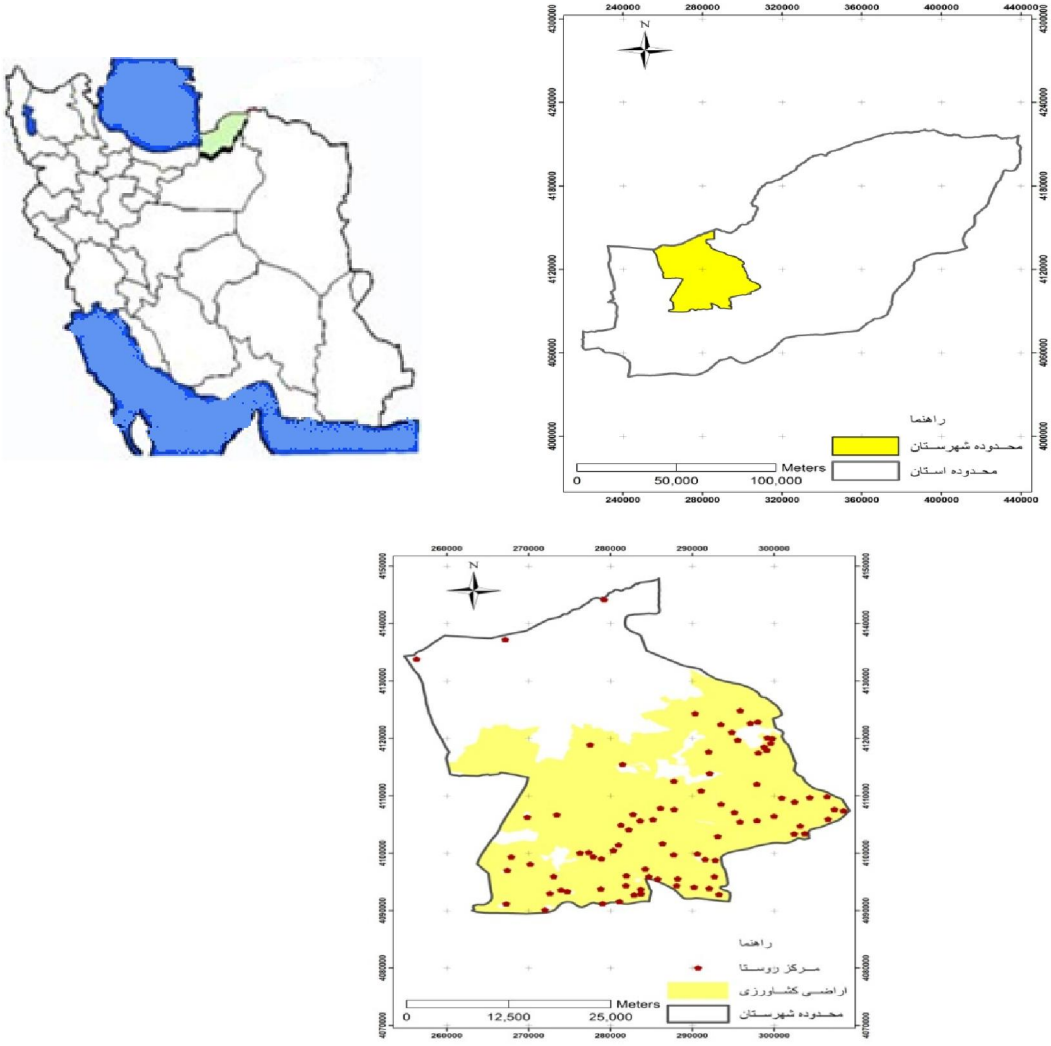
مواد و روش‌ها

شهرستان آق‌قلا با وسعت ۱۷۶۳ کیلومترمربع، در گستره شمالی استان و در مختصات ۵۴ درجه و ۱۴/۲ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۵/۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۹/۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به شهرستان‌های گرگان و علی‌آباد، از شرق به شهرستان گنبد کاوس و از غرب به شهرستان بندرترکمن محدود می‌شود (استانداری گلستان، ۱۳۸۸). شهرستان آق‌قلا یکی از مراکز مهم تولید گندم و جو دیم در استان گلستان می‌باشد. سطح زیر کشت گندم و جو دیم در این شهرستان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به ترتیب ۲۸۴۶۵ و ۵۵۳۴ هکتار گزارش شده است (جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۸۹).

تهیه لایه‌های متغیرهای محیطی

به منظور تهیه نقشه رقومی عوامل اقلیمی از آمار و اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی موجود در استان اعم از ایستگاه‌های هم‌دیدی (سینوپتیک)، باران‌سنجی و اقلیم‌شناسی استفاده شد. تعدادی از این ایستگاه‌ها زیر نظر سازمان هواشناسی کشور و تعدادی تحت نظارت وزارت نیرو می‌باشند. در جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های هم‌دیدی و اقلیم‌شناسی مورد

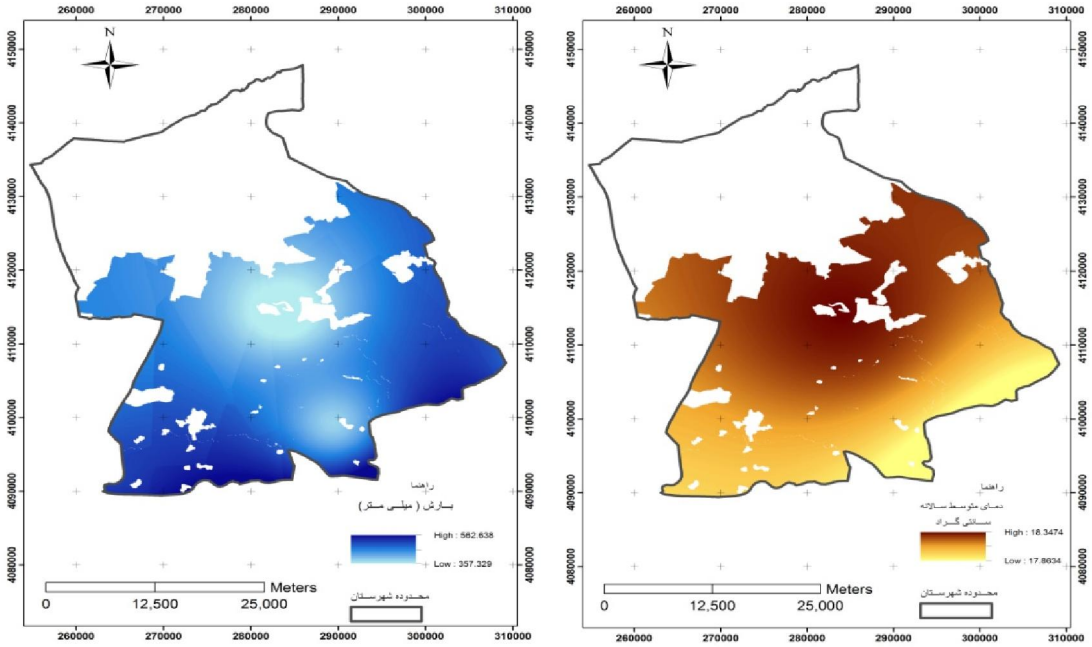
استفاده آمده است. دماهای اصلی (کمینه، مطلوب و بیشینه) و میزان بارش در یک دوره آماری در محدوده زمانی سال تاسیس ایستگاه مورد نظر تا پایان سال ۱۳۹۰ محاسبه شدند. ابتدا داده‌های روزانه تهیه و میانگین ماهانه و بعد سالانه و در مورد بارش مجموع کل بارش سالانه بوسیله نرم‌افزار صفحه‌گستر اکسل محاسبه گردید. در نهایت برای تهیه نقشه‌های هم‌دما و بارش سالانه از روش درون‌یابی فاصله معکوس وزن‌دار (IDW) به دلیل داشتن خطای کمتر و دقت بیشتر استفاده شد. تهیه این نقشه توسط نرم افزار ArcMap نسخه ۱۰ انجام شد. در شکل برخی از این نقشه‌ها نشان داده شده است.

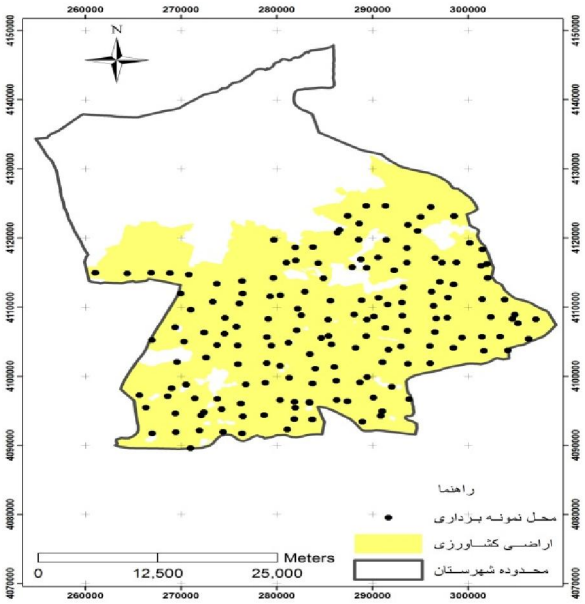


شکل۱- موقعیت اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا در استان گلستان و در کشور

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در سطح استان گلستان

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	سال	عرض	طول
هاشم‌آباد گرگان	هم‌دیدی	۱۳۶۳	۳۶ ۵۴	۵۴ ۱۶
گنبدکاووس	هم‌دیدی	۱۳۷۱	۳۷ ۱۶	۵۵ ۱۰
مراوه‌تپه	هم‌دیدی	۱۳۷۲	۳۷ ۴۷	۵۵ ۵۷
فرودگاه گرگان	هم‌دیدی فرودگاهی	۱۳۸۳	۳۶ ۵۴	۵۴ ۲۴
کلاله	هم‌دیدی فرودگاهی	۱۳۷۹	۳۷ ۲۲	۵۵ ۲۹
علی‌آباد	هم‌دیدی	۱۳۸۲	۳۶ ۵۴	۵۴ ۵۲
قپان	اقلیم‌شناسی	۱۳۶۴	۳۷ ۳۷	۵۵ ۴۲
صوفی شیخ	اقلیم‌شناسی	۱۳۴۴	۳۷ ۲۵	۵۵ ۲۴
بندرترکمن	اقلیم‌شناسی	۱۳۴۳	۳۶ ۵۴	۵۴ ۰۴
مزرعه نمونه	اقلیم‌شناسی	۱۳۵۳	۳۷ ۰۸	۵۴ ۳۴
دشت گلستان	اقلیم‌شناسی	۱۳۶۴	۳۷ ۱۶	۵۶ ۲۷
کارکنده	اقلیم‌شناسی	۱۳۸۳	۳۶ ۴۶	۵۴ ۰۲
آق‌تقه	اقلیم‌شناسی	۱۳۶۷	۳۷ ۵۴	۵۵ ۴۰





شکل ۳-وضعیت پراکنش نقاط نمونه‌برداری خاک در اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا

به منظور تهیه نقشه‌های رقومی ویژگی‌های خاک اراضی کشاورزی، اطلاعات و داده‌های خام ۱۷۰ نقطه، از بخش آب و خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان تهیه شد. پس از تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌ها، مقادیر عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و همچنین هدایت الکتریکی (EC)، بافت، مقدار کربن آلی و pH خاک بدست آمد. پراکنش نقاط نمونه‌برداری در محدوده مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است.

پس از تبدیل واحدها و آماده سازی داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها سنجیده شد و بعد با کمک نرم افزار+GS ساختار مکانی داده‌ها با رسم نیم تغییرنما مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس در محیط ArcMap با استفاده از نوار ابزار Geostatistical Analyst کار میان‌یابی داده‌ها با استفاده از روش و مدل‌های مختلف زمین آماری برای هرخصوصیت خاکی انجام شد. براساس محاسبه معیار اعتبارسنجی مقادیر خطای باقی مانده (RMSE) (معادله ۱)، اعتبار و دقت این روش‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت روش-مدلی که دارای دقت بیشتر و خطای کمتری بود به عنوان روش برتر برگزیده و کار تخمین کلیه نقاط براساس آن صورت گرفت. در جدول۲ برترین روش‌های زمین آماری مورد استفاده جهت تهیه نقشه متغیرهای خاک نشان داده شده است. برای تهیه نقشه بافت خاک از روش درون‌یابی تیسن استفاده شد. در شکل ۴ نقشه‌های متغیرهای خاکی نشان داده شده است.

معادله (۱) ریشه دوم میانگین مربعات (RMSE)

$$R.M.S.E = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} Z(x_i) - Z^*(x_i))^2}$$

در این معادله‌ها $Z^*(X_i)$ مقدار برآورد شده در نقطه X_i، $Z(X_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه X_i و N تعداد نقاط می‌باشد (Mahdian *et al.*, 2001).

جدول۲- روش‌های زمین آماری مورد استفاده جهت تهیه نقشه متغیرهای خاک

متغییر	روش-مدل	مقادیر خطای باقی مانده (RMSE)	متغییر	روش-مدل	مقادیر خطای باقی مانده (RMSE)
ماده آلی	کریجینگ-مدل نمایی	۰/۶۸	EC	کریجینگ-مدل نمایی	۴/۵۳
فسفر	کریجینگ-مدل نمایی	۱۱	pH	کریجینگ-مدل گوسی	۰/۱۷
پتاسیم	کریجینگ-مدل گوسی	۸	کلسیم	کریجینگ-مدل کروی	۸/۶۷

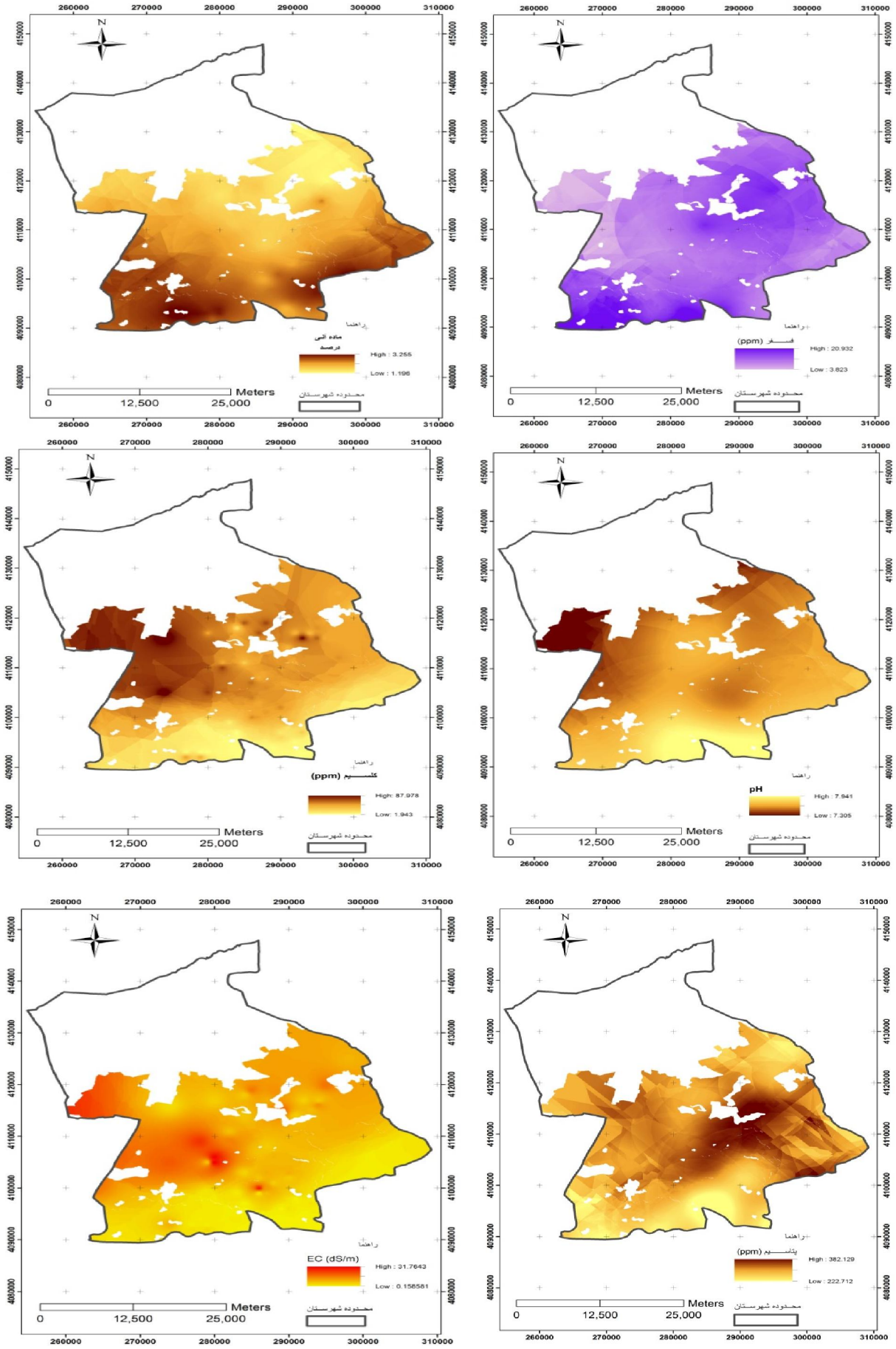
از مهم‌ترین لایه‌های توپوگرافی یعنی نقشه‌های شیب و ارتفاع از سطح دریا از مدل رقومی ارتفاع (DEM[1]) در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، با استفاده از نوار ابزار Spatial Analyst در محیط ArcMap ساخته و سپس طبقه‌بندی گردید. شکل مدل رقومی ارتفاع را نشان می‌دهد.

بکارگیری روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

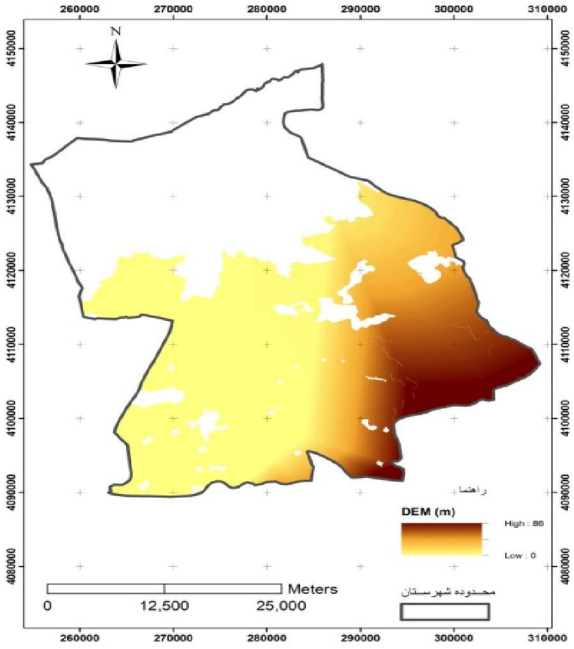
اجرای این روش از طریق تشکیل سلسله مراتبی، انجام مقایسات زوجی، محاسبه وزن اجزاء ساختار و اندازه‌گیری شاخص سازگاری جداگانه برای هرگیاه انجام شد. اولین گام در روش AHP ساخت درخت سلسله مراتبی است که در سطح اول هدف تحقیق، یعنی مکان‌یابی گیاه زراعی مورد نظر در اراضی کشاورزی گلستان قرار گرفت. در سطح دوم معیارها قرار می‌گیرند (شکل۶). در روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) پس از تشکیل درخت سلسله مراتبی و طراحی پرسشنامه‌ها، معیارها و زیر معیارها باید بصورت زوجی با هم‌دیگر رقابت کرده و بصورت دو به دو مورد مقایسه قرار گیرند. در این روش کارشناسان خبره زراعت، قضاوت‌های مقایسه زوجی ساده‌ای 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 گرفت (جدول ۳).

برای جمع‌آوری داده‌ها و وزن معیارها و زیر معیارها از پرسشنامهAHP استفاده شد. پرسشنامه‌ها حاوی مقایسه‌های مشترک برای کلیه عوامل تأثیرگذار در مکان‌یابی گیاه زراعی مورد نظر بوده که توسط۳۰ متخصص تکمیل شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، تجزیه و تحلیل آنها بوسیله نرم‌افزار Expert Choice انجام شد.

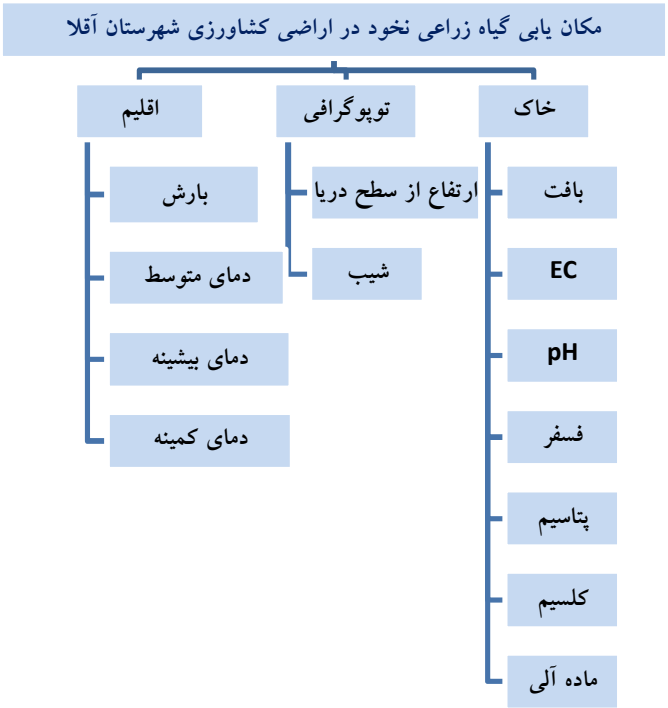
1- Digital Elevation Model



شکل۴- نقشه‌های مقادیر فسفر، پتاسیم، ماده آلی، EC ، pH و کلسیم در اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا



شکل۵ – لایه مدل رقومی ارتفاع در محدوده اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا



شکل ۶- درخت سلسله مراتبی عوامل تأثیرگذار بر مکان‌یابی گیاه زراعی نخود در اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا

جدول ۳-مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (قدسی پور، ۱۳۸۹)

مقدار عددی	ترجیحات (قضاوت شفاهی)
۹	کاملاً مرجح یا کاملاً مهم‌تر و یا کاملاً مطلوب‌تر
۷	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی
۵	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی
۳	کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر
۱	ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان
۸ و ۶، ۴، ۲	ترجیحات بین فواصل فوق

در این تحقیق برای بررسی ناسازگاری در قضاوت‌ها ضریبی به نام ضریب ناسازگاری[1](I.R.) محاسبه شد. چنانچه این ضریب کوچک‌تر یا مساوی ۰/۱ باشد، سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود. به عبارت دیگر ماتریس مقایسه زوجی معیارها باید مجدداً تشکیل شود (زبردست، ۱۳۸۰).

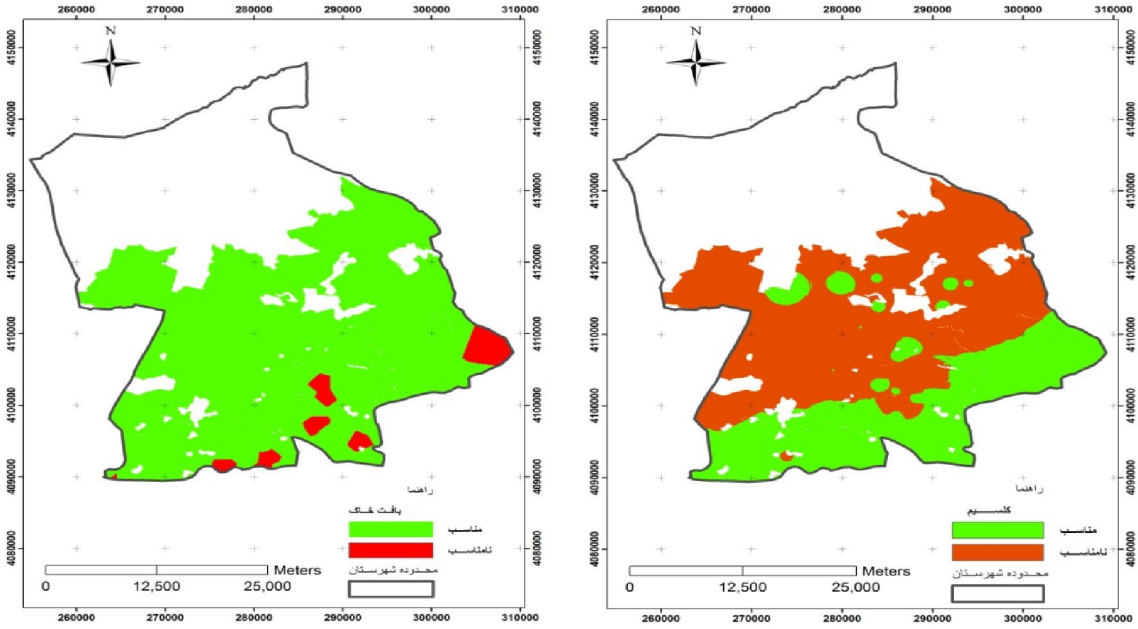
نحوه ارزیابی تناسب اراضی

جهت مکان‌یابی مناطق مستعد کشت گیاه نخود نیاز به انطباق خصوصیات و نیازهای بوم‌شناختی گیاه زراعی با شرایط محیطی منطقه است. برای این کار ابتدا نیازهای بوم‌شناختی و زراعی گیاه مورد نظر با استفاده از منابع موجود تعیین گردید. این اطلاعات بوم‌شناختی و زراعی از منابع و اسناد کتابخانه‌ای، مقالات، گزارش نهایی طرح‌های تحقیقاتی، پایان‌نامه‌ها و مشاوره با کارشناسان مراکز دانشگاهی و تحقیقات کشاورزی استان گلستان تهیه شد. پس از تهیه این اطلاعات درجه‌بندی آنها در دو طبقه مناسب و نامناسب انجام شد (جدول ۴). سپس براساس متغیرهای این جدول، لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز در محیط ArcMap تهیه گردید. این لایه‌ها عبارت بودند از دمای مطلوب، دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، شیب، ارتفاع از سطح دریا، ماده آلی، شوری خاک، بافت خاک و pH. بعد از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه براساس منطق بولین و طبق جدول نیازهای محیطی گیاه زراعی در دو طبقه مناسب (ارزش ۱) و نامناسب (ارزش صفر) صورت گرفت. بدین ترتیب که برای شرایط مناسب و قابل قبول موجود در هر طبقه، ارزش یک و برای شرایط نامناسب ارزش صفر در نظر گرفته شد. در شکل ۷ طبقه‌بندی دو متغیر کلسیم و بافت خاک بر اساس منطق بولین نشان داده شده است.

در اولین اقدام لایه‌ها به فرمت برداری تبدیل شدند. با کمک گزینه Intersect کار تلفیق و روی هم‌گذاری همه لایه‌ها انجام پذیرفت و از طریق پرسش‌گری شرطی(Query) مدل اجرا شد. لایه نهایی در دو پهنه، چگونگی انطباق نیازهای گیاه زراعی با شرایط محیطی منطقه را نشان می‌دهد. شکل دو لایه تهیه شده بر اساس منطق بولین را نشان

1- Inconsistenc Ratio

می‌دهد بعد از تهیه این لایه‌ها، کار طبقه‌بندی و رتبه‌بندی هر لایه براساس روش محدودیت ساده و جدول نیازهای محیطی هر گیاه زراعی در چهار طبقه بسیار مناسب (بسیار مستعد)، مناسب (مستعد)، متوسط و نامناسب (غیر مستعد) صورت گرفت (جدول۴) و لایه‌های رستری طبقه‌بندی شده آنها تهیه شد.



شکل۷- نقشه‌های طبقه‌بندی شده کلسیم و بافت خاک بر اساس منطق بولین

جدول۴-درجه‌بندی عوامل محیطی براساس منطق بولین و همپوشانی وزنی جهت کشت نخود دیم در شهرستان آق‌قلا

عامل محیطی/درجه تناسب	منطق بولین		همپوشانی وزنی			
	درجه مناسب	درجه نامناسب	خیلی مناسب	نسبتا مناسب	ضعیف	نامناسب
بارش سالانه (میلی‌متر)	> ۲۵۰	<۲۵۰	۴۰۰- ۳۵۰ و >۴۰۰	۳۵۰-۲۵۰	۲۵۰-۱۵۰	<۱۵۰
دمای متوسط (سانتی‌گراد)	۲۵-۱۶	۲۵< و ۱۶ >	۲۰-۱۶	۲۵-۲۰ و ۱۶-۱۲	۳۰-۲۵ و ۸-۱۲	۸> و ۳۰<
دمای کمینه (سانتی‌گراد)	۱۰-۷	۷ >	۱۵-۱۰	۱۰-۷	۷-۵	۵>
دمای بیشینه (سانتی‌گراد)	۳۰-۲۵	۳۰ <	۲۵-۲۰	۳۰-۲۵	۳۷-۳۰	۳۷<
EC (دسی‌زیمنس بر متر)	۷ >	۷ <	۳/۵-۰	۷-۳/۵	۱۰-۷	۱۰<
اسیدیته	۸/۵-۶	۸/۵ < و ۶ >	۸-۶/۵	۶/۵-۶ و ۸/۵-۸	۶-۵/۵	۵/۵> و ۸/۵<
بافت خاک	انواع کلاس‌ها	رسی سیلتی-رسی	لومی-لومی شنی - لومی رسی شنی	لومی رسی سیلتی- شنی لومی- لومی سیلتی	شنی -لومی رسی -رسی شنی-رسی	سایر کلاس‌ها
ماده آلی (درصد)	۲ >	۲ <	۳<	۳-۲	۲-۱	۱>
فسفر(میلی گرم درکیلوگرم)	۱۸-۸	۸ > و ۱۸ <	۱۴-۱۰	۱۸-۱۰ و ۱۴-۸	۲۲-۱۸ و ۸-۵	۵> و ۲۲ <
پتاسیم(میلی گرم درکیلوگرم)	۲۸۰-۱۵۰	۱۵۰ > و ۲۸۰ <	۲۴۰-۲۰۰	۲۰۰-۱۵۰و ۲۸۰-۲۴۰	۱۵۰-۱۰۰	۱۰۰> و۲۸۰<
کلسیم(میلی گرم درکیلوگرم)	۲۵-۵	۵ > و ۲۵<	۲۰-۵	۲۵-۲۰	۲۵-۵۰	۵۰> و ۵<
شیب (درصد)	۸ <	۸ >	۴-۰	۸-۴	۱۲-۸	۱۲<
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۲۰۰۰<	۲۰۰۰ >	۱۰۰۰-۰	۲۰۰۰-۱۰۰۰	۳۰۰۰-۲۰۰۰	۳۰۰۰<

منابع: مجنون حیسنی،۱۳۷۶، مخدوم، ۱۳۹۰، ملکوتی و غیبی، ۱۳۸۶، پارسا و باقری ۱۳۸۷، Gool *et al.*, 2005 ، Sys *et al.*, 1991

با توجه به اینکه عوامل محیطی جهت تعیین تناسب اراضی و کشت محصول فراوان بوده و نیز دارای اهمیت یکسانی نمی‌باشند، لذا برای ارزیابی دقیق‌تر و تصمیم‌گیری لازم است تا اهمیت نسبی هر عامل مشخص گردد. در این تحقیق جهت تعیین اهمیت و ارزش متغیرها از اوزان و ضرایب بدست آمده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. کار فراخوانی ۲۲ لایه اطلاعاتی طبقه‌بندی شده در محیط GIS نسخه ۱۰ آغاز و با کمک گزینه Raster Calculator کار تلفیق و روی هم‌گذاری لایه‌ها با اختصاص وزن AHP به هر لایه انجام شد. در انتها کار استعدادسنجی و پهنه‌بندی منطقه جهت تولید گیاه زراعی مورد نظر صورت گرفت. نقشه‌های خروجی در چهار پهنه، چگونگی انطباق نیازهای گیاه زراعی با شرایط محیطی منطقه را نشان دادند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرسشنامه‌های AHP نشان داد که در بین عوامل تأثیرگذار بر کشت نخود در شهرستان آق‌قلا، معیار اقلیم با وزن ۰/۶۱۹ دارای بالاترین اهمیت و عوامل توپوگرافی با ارزش وزنی ۰/۱۱۰ دارای کمترین اهمیت از نظر کارشناسان خبره زراعت در استان گلستان بودند. در بین عوامل اقلیمی، بارش با ارزش وزنی ۰/۴۰۴ دارای بالاترین اهمیت و دمای بیشینه با کمترین ارزش وزنی (۰/۱۳۲) در رتبه آخر قرار گرفت (جدول۵). در بین زیرمعیارهای مورد مطالعه مربوط به خاک، ماده آلی بالاترین و عنصر پتاسیم کمترین ارزش وزنی را دارا بودند. در این بررسی pH، EC و بافت خاک در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. اعمی ازغدی و همکاران (۱۳۸۹) وزن مواد آلی را بالاتر از سایر عوامل دخیل مانند پتاسیم و فسفر در تهیه نقشه حاصلخیزی در منطقه شاوور اهواز با استفاده از AHP بدست آوردند. در بین دو عامل توپوگرافی از نظر متخصصان، عامل شیب با ضریب ۰/۶۴۲ در صدر قرار گرفت.

ارزیابی تناسب اراضی بر اساس منطق بولین

نتایج حاصل از ارزیابی تناسب اراضی بر اساس منطق بولین نشان داد که ۸۳/۵۹ درصد از محدوده مورد مطالعه جهت کشت نخود دیم غیر مستعد است و ۱۶/۴۱ درصد یعنی ۱۷۷۹۹/۹۵ هکتار از اراضی مستعد می‌باشد (جدول۶). این طبقه‌بندی مناطق در شکل۸ نشان داده شده است. اراضی مستعد در دامنه جنوبی شهرستان دیده می‌شود. در این پهنه میزان بارش بیشتر از ۲۵۰ میلی‌متر بین ۴۰۰ تا ۵۶۲ می‌باشد. از نظر متغیرهای اقلیمی مانند دمای کمینه و بیشینه و دمای متوسط سالانه و نیز متغیرهای توپوگرافی محدودیتی وجود ندارد. همچنین خاک مناطق دارای شوری زیر ۷ بوده و از نظر ماده آلی و عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و کلسیم نیازهای این گیاه در این پهنه تأمین خواهد شد. گزارش شده است که نخود نسبت به بسیاری از گیاهان زراعی از جمله حبوبات دارای مزایا و سودمندی‌های است که می‌توان آن را در برنامه الگوی کشت گنجاند. از جمله این مزایا می‌توان به سازگاری خوب این گیاه به دامنه وسیعی از خاک‌ها، سازگاری به سطح وسیعی از تغییرات pH، تثبیت زیستی نیتروژن، سازگاری خیلی خوب به مناطقی که میزان بارندگی سالانه بیشتر۴۰۰ میلی‌متر دارند، به‌طوری که تولید بالای نخود در مناطقی با کمتر از این مقدار بارش هم آشکار شده است. همچنین تناوب زراعی غلات-

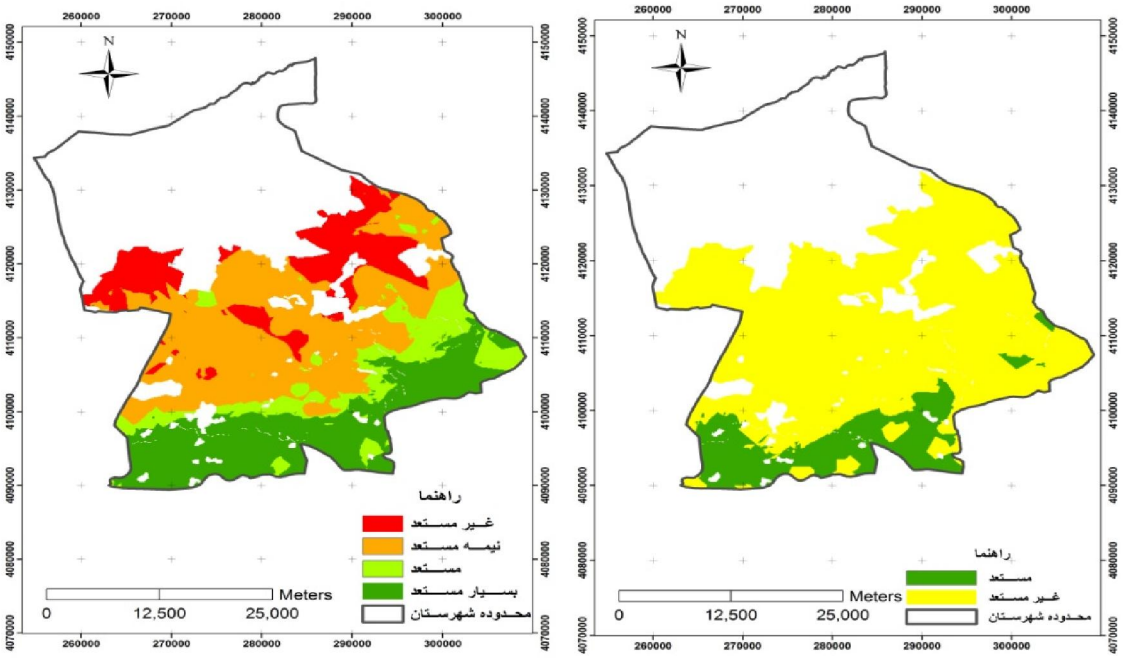
نخود در مقایسه با آیش- غلات و غلات- غلات سودمندتر می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۷۶). با توجه به کشت گسترده گندم در دیم‌زارهای این شهرستان، گنجاندن این گیاه در برنامه تناوب زراعی منطقه بخصوص در مناطق مستعد می‌تواند به ارتقا کیفیت منابع محیطی و افزایش عملکرد و در نهایت افزایش درآمد کشاورزان بیانجامد.

جدول ۵-ارزش وزنی معیارها و زیرمعیارهای مربوط به تناسب اراضی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

معیار/ زیر معیار	وزن	رتبه	معیار/ زیر معیار	وزن	رتبه
۱-اقلیم	۰/۶۱۹		۳-خاک	۰/۲۷۵	
بارش	۰/۴۰۴	۱	ماده آلی	۰/۲۳۷	۱
دمای متوسط	۰/۲۳۳	۲	pH	۰/۱۷۱	۲
دمای کمینه	۰/۲۳۱	۳	EC	۰/۱۵۵	۳
دمای بیشینه	۰/۱۳۲	۴	بافت	۰/۱۳۴	۴
۲-توپوگرافی	۰/۱۱۰		فسفر	۰/۱۰۷	۵
شیب	۰/۶۴۲	۱	کلسیم	۰/۱۰۵	۶
ارتفاع از سطح دریا	۰/۳۷۲	۲	پتاسیم	۰/۰۸۸	۷
			ضریب‌ناسازگاری(IR)	۰/۰۲	

جدول۶ – طبقه‌بندی پهنه‌های بدست آمده از دو روش منطق بولین و هم‌پوشانی وزنی **با** AHP

	هم‌پوشانی وزنی با AHP		منطق بولین		
پهنه	مساحت (هکتار)	نسبت پهنه به مساحت شهرستان (درصد)	روش/ پهنه	مساحت (هکتار)	نسبت پهنه به مساحت شهرستان (درصد)
بسیار مستعد	۲۹۸۵۹/۴۷	۲۷/۵۲	مستعد	۱۷۷۹۹/۹۵	۱۶/۴۱
مستعد	۱۵۰۹۰/۳۴	۱۳/۹۱	غیر مستعد	۹۰۶۷۹/۸۸	۸۳/۵۹
نیمه مستعد	۴۵۵۵۱/۵۴	۴۱/۹۹			
غیر مستعد	۱۷۹۸۱/۶۰	۱۶/۵۷			



شکل ۸– تناسب اراضی کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود دیم بر اساس منطق بولین (سمت راست) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (سمت چپ)

ارزیابی تناسب اراضی بر اساس روش هم‌پوشانی وزنی با AHP

میزان مطلوبیت مناطق کشاورزی شهرستان آق‌قلا جهت کشت نخود بر اساس روش هم‌پوشانی وزنی با AHP در جدول (۶) نشان داده شده است. ارزیابی عوامل محیطی و تطبیق آن با نیازهای زراعی و تغذیه‌ای گیاه نخود نشان داد که ۴۲ درصد اراضی کنونی استان گلستان پهنه مناسبی برای کشت این محصول می‌باشد (پهنه‌های بسیار مستعد و مستعد) (جدول ۶). در این پهنه‌ها اکثر متغیرهای محیطی در وضعیت مطلوبی قرار دارند و شرایط برای تولید نخود دیم فراهم است. مهربان و همکاران (۱۳۸۴) و غفاری و همکاران (Ghafari *et al.*, 2000) اعلام کردند که در پهنه‌های بسیارمستعد انتظار تولید ۱۰۰-۸۰ درصد محصول مورد نظر وجود دارد. توقع پایین گیاه نخود نسبت به عوامل بوم‌شناختی باعث شده که دامنه وسیعی از اراضی مستعد برای کشت این محصول باشد. گنجاندن این گیاه از خانواده بقولات در برنامه الگوی کشت این مناطق می‌تواند به پایداری تولید در این اراضی کمک کند. این اراضی محدوده وسیعی از جنوب شهرستان آق‌قلا از غرب به شرق را در بر می‌گیرد (شکل ۸). در این مطالعه مشخص شد که اکثر اراضی کشاورزی شهرستان از نظر توپوگرافی و اقلیمی شرایط مناسبی برای تولید نخود دارد و محدودیتی از این نظر مشاهده نشد.

در این بررسی اراضی غیر مستعد برای کشت و تولید نخود ۱۶/۵۷درصد (۱۷۹۸۱/۶۰ هکتار) از محدوده مورد مطالعه را شامل شد. در این مناطق شوری بالا ، فسفر، پتاسیم و کلسیم اضافی و از عوامل محدوده کننده کشت نخود محسوب می‌شوند. در مطالعه سرکار (Sarkar, 2008) در مدهای پرادش هند نزدیک به ۵۲ درصد اراضی این منطقه دارای

پتانسیل نسبتاً مناسبی برای تولید لپه هندی[1] بود. ۱۵ درصد اراضی نیز به علت فرسایش زیاد نامناسب تشخیص داده شد. در مطالعه مهربان و همکاران (۱۳۸۴) در دشت مغان و اردبیل مشخص شد که ۴۳ درصد از این مناطق برای کشت گندم دیم مناسب و بقیه اراضی نامناسب است. در مطالعه الباجی و همکاران (Albaji *et al.*, 2009) در زمین‌های زراعی شوش مشخص شد که بافت خاک و شیب زمین عوامل محدود کننده کشت گندم در این منطقه است. اراضی با استعداد نیمه‌مستعد در بخش وسیعی از اراضی کشاورزان شهرستان آق‌قلا دیده می‌شود. گزارش شده که در چنین مناطقی معمولاً ۴۰ تا ۶۰ درصد پتانسیل تولید حاصل می‌گردد (Ghafari *et al.*, 2000). در مطالعه کاظمی (۱۳۹۲الف) در منطقه گرگان عوامل محدود کننده کشت آفتابگردان بافت، اسیدیته و شیب نامناسب و کمبود برخی عناصر غذایی اعلام شد. اما به دلیل تنزل کیفیت منابع در این پهنه واختصاص طبقه‌های پایین متغیرهای محیطی به این طبقه، کشت نخود دیم در این مناطق با خطر همراه بوده و تنها در صورت بهبود شرایط محیطی عملکرد نسبتاً مناسبی حاصل خواهد شد. به نظر می‌رسد با رفع محدودیت‌های موجود می‌توان طبقات تناسب اراضی را در بعضی از نقاط با درجه نیمه‌مستعد ارتقاء داد. برای حفظ تولید در این طبقه‌ها و برای جلوگیری از کاهش کیفیت و کمیت منابع محیطی و تنزل این اراضی به طبقه‌های پایین‌تر، لازم است. اقداماتی مانند استفاده از کشت محصولات کم‌توقع، استفاده از گیاهان پوششی، کودسبز، گیاهان تیره بقولات و آیش در تناوب زراعی و خاک‌ورزی حفاظتی صورت پذیرد.

در این آزمایش، روش هم‌پوشانی وزنی با کمک گرفتن از متخصصان و دخیل کردن نظرات آنها در اهمیت متغیرهای محیطی، توانست ارزیابی دقیق‌تری از این متغیرها جهت تطبیق آنها با نیازهای زراعی- بوم شناختی گیاه نخود فراهم کند. در این روش چون هر متغیر در گستره وسیع‌تری نسبت به روش بولین مورد بررسی قرار گرفت، در نتیجه نتایج آن می‌تواند به واقعیت موجود منطقه نزدیک‌تر و قابل اعتمادتر باشد. در بسیاری از مطالعات به توانمندی‌ها و مزیت‌های ترکیب روش هم‌پوشانی وزنی با روش‌های ارزیابی چند معیاره از جمله AHP اشاره شده است (Rahman and Saha, 2008; Tudes and Yegiter, 2010; Mustafa *et al*., 2011; Aknci *et al*., 2013; Houshyar et al., 2014).

نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین میزان EC خاک در اراضی مناطق میانی و شمالی شهرستان آق‌قلا وجود دارد (شکل ۴) که باعث نامناسب شدن خاک بخشی از این مناطق شده و یکی از عوامل مهم محدود کننده کشت انواع گیاهان زراعی و باغی در این منطقه می‌باشد. البته این وضعیت نامطلوب در سایر بخش‌های شمالی استان از جمله در شمال شهرستان‌های بندرترکمن، گمیشان و گنبد گزارش شده است. گزارش‌ها و بازدیدها از این مناطق نشان می‌دهد که عواملی متعددی در شور شدن خاک این مناطق دخالت داشته است که عبارتند از رسوب‌گذاری دریای خزر، سیلاب‌های فصلی، شیب کم و سنگین بودن بافت، وزش باد، همچنین ورود پساب کارخانه‌ها و فاضلاب شهری به رودخانه‌های

1- Pigeon Pea (*Cajanus cajan*)

این مناطق و آبیاری با آب این رودخانه‌ها همراه با مدیریت نادرست زراعی در امر تولید محصولات کشاورزی، باعث غیرقابل استفاده شدن خاک این مناطق برای کشاورزی و گسترش بیابان شده است (زهتابیان و سرابیان،۱۳۸۳؛ عباس‌آبادی، ۱۳۷۸). پیشنهاد می‌گردد جهت کاهش شوری اقداماتی مانند آبیاری متوالی، شستشو، زهکشی و کشت جو به عنوان کود سبز و کشت برنج انجام شود.

ارزیابی‌های اقتصادی و توسعه‌ای نشان می‌دهد که خرید محصول نخود به صورت توافقی در استان گلستان انجام می‌شود و این محصول تحت پوشش بیمه محصولات کشاورزی قرار نگرفته است. اکثر عملیات زراعی نخود به‌صورت سنتی و دستی صورت می‌گیرد، فقط در برخی نواحی مرحله کاشت مکانیزه انجام می‌شود. یک انبار خشک‌کن حبوبات در شهرستان آزادشهر و ۵ شرکت بسته‌بندی حبوبات در شهرهای آزاد شهر، آق‌قلا، گرگان، گنبد، و علی آباد در عملیات پس از برداشت این محصول دخیل هستند (جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۸۹).

توسعه صنایعی از جمله احداث کارخانه تولید آرد و توسعه کارگاه‌های بسته‌بندی می‌تواند صنایع تبدیلی این محصول را تکمیل کند. با توجه به سازگاری خوب این گیاه با شرایط محیطی منطقه افزایش سطح زیر کشت و گنجاندن این محصول در تناوب زراعی امکان پذیر است. علاوه بر آن حمایت دولت در افزایش درصد مکانیزاسیون مزارع، خرید تضمینی محصول، بیمه محصولات کشاورزی و توجه به صنایع پس از برداشت و تبدیلی می‌تواند مشوق کشاورزان در تولید این محصول باشد، زیرا پتانسیل‌ها و ظرفیت‌های محیطی لازم برای تولید این محصول در استان گلستان وجود دارد. با توجه به وجود پتانسیل‌های محیطی مطلوب برای کشت حبوبات در گلستان از جمله نخود، پیشنهاد می‌گردد حمایت‌های دولت از کشت این محصولات حداقل هم‌سطح سایر محصولات صورت گیرد و اهمیت این گیاهان در ایجاد پایداری در بوم‌نظام‌های کشاورزی و نقش آنان در تناوب زراعی برای کشاورزان روشن گردد.

منابع

استانداری گلستان. ۱۳۸۸. برنامه آمایش استان گلستان. معاونت برنامه‌ریزی استانداری.

اعمی ازغمی، علی، خراسانی، رضا، مکرم، مرضیه و معزی، عبدالامیر. ۱۳۸۹. ارزیابی حاصل‌خیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی-AHP و GIS. مجله آب و خاک. جلد ۲۴. شماره ۵: ۹۸۴-۹۷۳.

امینی فسخودی، عباس و ملاقاسمی، محمد ۱۳۸۳. تعیین ضرائب وزنی مناسب برای مولفه‌های خلاقیت با استفاده از تکنیک AHP و یک مدل OR، رویکردی قطعی و فازی. مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران، دانشگاه امام حسین. تهران.

امیری، محمدجواد، جلالی، سید غلامعلی. و سلمان ماهینی، عبدالرسول ۱۳۸۸. ارزیابی توان اکولوژیک جنگل‌های حوضه‌های آبخیز دو هزار و سه هزار شمال ایران با استفاده از GIS. محیط شناسی. شماره ۵۰. صفحات ۴۴-۳۳.

پارسا، مهدی و باقری، عبدالرضا. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

خالدی، ش.، محمدی، ا. و کرمی، م. ۱۳۸۸. مکان‌یابی کشت سیب با استفاده از AHP، بولین و انواع روش‌های فازی در محیط GIS. مجموعه مقالات همایش ژئوماتیک. سازمان نقشه برداری کشور، تهران. ۲۰ و ۲۱ اردیبهشت ماه.

زبردست، اسفندیار. ۱۳۸۰. کاربرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. مجله هنرهای زیبا. شماره ۱۰. صفحات ۲۱-۱۳.

سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۱۳۸۹. آمارنامه محصولات زراعی سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸. اداره کل آمار و اطلاعات.

عباس‌آبادی، محمدرضا. ۱۳۷۸. بررسی عوامل موثر بر بیابان‌زایی و ارائه یک مدل منطقه‌ای در دشت آق‌قلا-گمیشان. پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

قرخلو، مهدی، پورخباز، حمید رضا، امیری، محمدجواد، فرجی سبکبار، حسنعلی. ۱۳۸۸. ارزیابی توان اکولوژیک منطقهٔ قزوین جهت تعیین نقاط بالقوه توسعهٔ شهری با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای. شماره دوم: ۶۸-۵۱.

قدسی پور، سید حسن.۱۳۸۹. فرایند تحلیل سلسله مراتبی. انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

کاظمی، حسین. ۱۳۹۲الف. پهنه‌بندی بوم‌شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت آفتابگردان. گزارش نهای طرح تحقیقاتی به شماره ۹۰-۳۶۰-۹۱ . دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

کاظمی، حسین. ۱۳۹۲ب. پهنه‌بندی زراعی-بوم شناختی اراضی کشاورزی شهرستان گرگان جهت کشت جولخت بر اساس منطق بولین. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۴. شماره ۶ : ۱۸۵-۱۶۵.

کمالی، غلامعلی، ملایی، پگاه و بهیار، محمد باقر. ۱۳۸۹. تهیه اطلس گندم دیم استان زنجان با استفاده از داده‌های اقلیمی و GIS. نشریه آب و خاک. جلد ۲۴. شماره ۵. صفحات ۹۰۷- ۸۹۴.

مجنون حسینی، ناصر. ۱۳۷۶.حبوبات در ایران. موسسه نشر جهاد.

مخدوم، مجید. ۱۳۹۰. شالوده آمایش سرزمین (چاپ یازدهم). انتشارات دانشگاه تهران.

ملکوتی، محمدجعفر. و غیبی، م.ن. ۱۳۷۶.تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی.

مهربان، اصغر، غفاری، عبدالعلی، قنبری بنجار، احمد و جلالی، نادر. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی اقلیم برای گندم زمستانه دیم در مناطق مغان و اردبیل با استفاده از GIS. مجله دانش کشاورزی. جلد ۵. شماره۴ :۱۳-۱

Akinci H, Ozalp AY, Turgut B .2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. Computers and Electronics in Agriculture. 97. 71-82.

Albaji A, Naseri, AA, Papan P, Boroomand Nasab, S .2009. Qualitative evaluation of land suitability for principal crops in the west Shoush plain, southwest Iran. Bulgaria Journal of Agriculture Science. 15: 135-145

Chen HS, Liu GS, Yang YF, Ye XF, Shi Zh .2010. Comprehensive evaluation of tobacco ecological suitability of Henan province based on GIS. Agricultural Science in China. 9(4):583-592

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

Gool DV, Tille P, Moore G .2005. Land Evaluation Standards for Land Resource Mapping. (Third ed). Department of Agriculture Government of Western Australia.137pp

Houshyar E, Sheikh-Davoodi MJ, Almassi M, Bahrami H, Azadi H, Omidi M, Sayyad G, Witlox F .2014. Silage corn production in conventional and conservation tillage systems. Part 1: Sustainability analysis using combination of GIS/AHP and multi-fuzzy modeling. Ecological Indicators. 30: 102-114

Jiajin YH .1997. An AHP decision model for facility location selection. Journal of the Facilities.15:32-41

Mahdian MH, Hosseini E, Matin M .2001. Investigation of spatial interpolation methods to determine the minimum error of estimation: case study, temperature and evaporation, Proceedings of the 6th International Conference on Geocomputation, University of Queensland, Brisbane, Australia.

Mendas A, Delahi A .2012. Integration of multiCriteria decision analysis in GIS to develop land suitability for agriculture: application to durum wheat cultivation in the region of Mleta in Algeria. Computers and Electronics in Agriculture. 83:117-126

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

Rahman R, Saha SK .2008. Remote sensing, spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood prone area. Journal of Spatial Science. 53(2):161–177

Saaty TL .1980. The Analytical Hierarchy Process, Planing, Priorty, Resource Allocation, USA. RWS Publications, Pittsburgh.

Sarkar A .2008. Geo-spatial approach in soil and climatic data analysis for agro-climatic suitability assessment of major crops in rainfed agro-ecosystem. M.Sc thesis of Technology in Remote Sensing and Geographic Information System. Andhra University, India.

Sys I, Van-Ranst E, Debveye, J .1991. Land evaluation, Part1: principles in land evaluation and crop production calculations. General administration for development cooperation. Agricultural Publications, NO. 7, Brussels, Belgium.

Tudes S, Yigiter, ND .2010. Preparation of land use planning model using GIS based on AHP: Case study Adana-Turkey. Bulletin of Geology and Environment Engineering. 69:235-245

Land suitability evaluation of Aq-Qalla region for rainfed Chickpea cropping by Boolean logic and analytical hierarchy process (AHP)

Hossein Kazemi[*1] and Sohrab Sadegi[2]

1- Assisant professor of Agricultural and Natural Research Resources of Gorgan University
2- Sientific member of Institute of Applied Scientific Higher Education of jahad-e agriculture of Jahrom

Abstract

To evaluate land suitability of Aq-Qalla region for rainfed chickpea cropping, Boolean logic and analytical hierarchy process (AHP) methods were used in geographic information system (GIS). To achieve this, firstly, climatic and agronomical requirements of chickpea,were identified according to scientific resources. Then, thematic requirement maps were provided. The studied environmental-components were average, minimum and maximum temperatures, precipitation, slope percent, elevation, organic matter, pH, EC, K, P, Ca and soil texture. Then, each layer is classified into suitable (score = 1) and non-suitable (score = 0) based on Boolean logic. Also, they were classified into 4 suitability classes (high suitable, suitable, less suitable and non-suitable) based on weighted overlay. The digital environmental layers overlaid in ArcGIS media for each method, separately. The results of Boolean logic method showed that about 17730 hectares (16%) of Aq-qall agricultural lands were suitable for rainfed chickpea. Moreover, average, minimum and maximum temperatures, precipitation and slope percent parameters were suitable for chickpea production in the studied areas. The limiting factors for chickpea production were high soil K, P, Ca concentrations, salinity and low organic matter. Results of weighted overlay by AHP indicated that 27.5% and 13.9% of Aq-Qalla areas were highly suitable and suitable for chickpea production, respectively; but 16.8% of lands had at least one limiting factor, and therefore were not suitable for chickpea cultivation.

Keywords: Land suitability, Chickpea, Aq-Qalla, GIS, AHP

* Corresponding Author: *hossein_k_p@yahoo.com* Received: 2014/03/12 Accepted: 2014/08/17