Online ISSN: 2821-1782

Journal of HumanEcology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Zoning Of Agricultural Ecological Potential Of Sistan-Veblouchestan Province For Sesame Cultivation Using Climate And Soil Parameters

Ebrahim Moradi [a], Hamid Reza Mobasser[b]*, Ahmad Mehraban[c], Hamid Reza Ganjali[b]

aPhD student, Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Islamic Azad University, Zahedan branch, Iran
bFaculty member,Department of Agriculture, Technical and Engineering Faculty, Islamic Azad University, Zahedan branch, Iran
cAssociate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Zahedan Branch, Zahedan, Iran

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 07 May 2023
Accepted: 07 June 2023

Keywords:
Ecological power Sesame cultivation Climate and soil parameters GIS-MCDA Sistan and Baluchistan

ABSTRACT

Ensuring food security and agricultural livelihood requires a comprehensive and systematic approach with the aim of sustainable use and management of natural resources through the development and adaptation of agricultural technology. Sesame is one of the most important oil seeds. Due to its strategic importance, determining suitable areas by considering climatic and soil parameters is considered one of the best solutions in sustainable production. Therefore, the aim of this study is to zonate the agricultural ecological potential of 6 cities (Hirmand, Zabul, Zahedan, Zahk, Hamon and Nimroz) in the north and center of Sistan and Baluchestan province for sesame cultivation using climatic and soil parameters. In this study, for the zoning of sesame cultivation, a total of 16 spatial criteria (optimal temperature, temperature set, minimum temperature, maximum temperature, precipitation, slope, elevation, organic matter, soil salinity, pH and amount of nutrients It contains nitrogen, phosphorus, potassium, iron and zinc in the soil. Analytical Hierarchy Process (AHP) method, Boolean logic to classify criteria into suitable and unsuitable classes, and Weighted Linear Combination (WLC) method to obtain a zoning map have been used to obtain the weights of the criteria. . The results showed that among the selected criteria for preparing the sesame cultivation map, average rainfall and minimum temperature have the highest and lowest weight, respectively. The results of the final suitability map for sesame cultivation in the studied area showed that the highest percentage of the area belongs to the very unsuitable class (0.616) and the lowest percentage belongs to the very suitable class (0.016). Also, the results of the area percentage of different classes separately for each city for sesame cultivation showed that among the studied cities, Zahedan city has more area in the very suitable class than other cities. The functional results of sesame in the studied areas were consistent with the results of the research.

*Corresponding Author.
Email Adresses: Dr Hamid Reza Mobasser

Moradi, E., Mobasser, H. R., Mehraban, A., & Ganjali, H. R. (2023). Zoning of agricultural ecological potential of Sistan-Veblouchestan province for sesame cultivation using climate and soil parameters. ***HumanEcology***, *2*(2), 166-180.

Doi: 10.22034/el.2023.396226.1013

سال دوم، شماره دوم ، بهار ۱۴۰۲، ۱۸۰-۱۶۶.

شاپای الکترونیکی: ۱۷۸۲-۲۸۲۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشاورزی استان سیستان‌وبلوچستان جهت کشت کنجد با استفاده از پارامترهای اقلیمی و خاک

حمیدرضا مبصر* [۱] ، ابراهیم مرادی [۲]، احمد مهربان [۳]، حمید رضا گنجعلی٤ [۴]

۱ . استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

۲ . دانشجوی دکتری، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

۳ . دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

۴ . استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، ایران.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:
۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۲

پذیرش نهایی:
۱۷ خرداد ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
توان اکولوژیک، کشت کنجد، پارامترهای اقلیمی و خاک، GIS-MCDA، سیستان‌وبلوچستان.

چکیده

تضمین امنیت غذایی و معیشت کشاورزی مستلزم نگرشی جامع و سیستماتیک با هدف استفاده پایدار و مدیریت منابع طبیعی از طریق توسعه و انطباق تکنولوژی کشاورزی است. کنجد از مهمترین دانه‌های روغنی می‌باشد. با توجه به اهمیت راهبردی آن تعیین مناطق مناسب با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی و خاک، یکی از بهترین راه حل در تولید پایدار محسوب می‌گردد. بنابراین، هدف از این مطالعه پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشاورزی ٦ شهرستان (هیرمند، زابل، زاهدان، زهک، هامون و نیمروز) در شمال و مرکز استان سیستان‌وبلوچستان جهت کشت کنجد با استفاده از پارامترهای اقلیمی و خاک می‌باشد. در این مطالعه برای پهنه‌بندی کشت کنجد مجموعا از ١٦ معیار مکانی (دمای مطلوب، مجموعه دمایی، دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، شیب، ارتفاع، ماده آلی، شوری خاک، pH و میزان عناصر غذایی در خاک شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی) استفاده شده است. برای به دست آوردن وزن معیارها از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، از منطق بولین جهت کلاس‌بندی معیارها به دو کلاس مناسب و نامناسب و از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) جهت به دست آوردن نقشه پهنه‌بندی استفاده شده است. نتایج نشان داد که در بین معیارهای انتخاب شده جهت تهیه نقشه کشت کنجد معیارهای بارش متوسط و دمای کمینه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن می‌باشند. نتایج نقشه نهایی تناسب جهت کشت کنجد در منطقه مورد مطالعه نشان داد که بیشترین درصد مساحت متعلق به کلاس خیلی نامناسب (۰/٦١٦) و کمترین درصد متعلق به کلاس خیلی مناسب (۰/۰١٦) می‌باشد. همچنین، نتایج درصد مساحت کلاس‌های مختلف به تفکیک هر شهرستان برای کشت کنجد نشان داد که در بین شهرستان-های مورد مطالعه، شهرستان زاهدان دارای مساحت بیشتری در کلاس خیلی مناسب نسبت به سایر شهرستان‌ها می‌باشد. نتایج عملکردی کنجد در مناطق مورد مطالعه، با نتایج حاصله از تحقیق تطابق داشت.

۱. مقدمه

با توجه به اجزای پیچیده و بهم پیو سته در چالش امنیت غذایی موجود در قرن بی ست ویکم، راه حل‌هایی که فقط یکی از اجزاء اکو سیستم‌های زراعی را در بر می‌گیرند مفید و موثر نخواهد بود (Mbow et al., 2019). این م ساله بای ستی از طریق برنامه‌های تلفیقی به هم پیو سته و سا سله مراتبی با در نظر گرفتن تمام جوانب مورد بحث قرار گیرد تا درعین حال بتواند به مدیریت پایدار منابع طبیعی منجرگردد (Cole et al., 2018). یکی از راهکارهای اساسی برای توسعه کشاورزی استفاده بهینه از اراضی، متناسب با شرایط اقلیمی ا ست و ا صولا لازمه چنین شناختی ب ستگی به عوامل مختلفی تحت عنوان عوامل پایدار (ارتفاع و خاک) و عوامل ناپایدار (بارندگی، دما و رطوبت) دارد (Singh et al., 2021). شنا سایی عوامل مختلف اقلیمی و عوامل محیطی ما را یاری می‌کند تا نوع مح صول را با توجه به نوع اقلیم منطقه و ویژگی‌های محیطی آن م شخص نماییم، زیرا تولید مح صول و میزان عملکرد آن و قابلیت‌های ک شاورزی هر منطقه به م شخ صه های اقلیمی و دیگر ویژگیهای طبیعی آن ب ستگی دارد (Kirillova et al., 2020). بنابراین هر ک شوری باید بالاترین سطح اولویت خود را به ارزیابی منابع اقلیمی و منابع زمینی معطوف دارد و به ایجاد یک سیستم اطلاعات فضایی جامع به منظور به کاربردن بهترین دانش و تکنولوژی در تو سعه ک شاورزی پایدار از طریق خط م شی های بخش های دولتی و خ صو صی بپردازد. برای این منظور، سازمان خوار و بار جهانی و کمیته بین المللی تحلیل سیستم های کاربردی (*IIASA*)[1]، روش پهنه بندی اکولوژی ک شاورزی را ارائه دادند (FAO, 1996).

در دهه‌های اخیر علی‌رغم ر شد بی‌رویه جمعیت، ا ستفاده از زمین‌های زراعی بر مبنای قابلیت و ا ستعداد آن‌ها نبوده، بلکه بر ا ساس نیازهای آنی و فنی ع صر خود پایه‌ریزی شده ا ست (Jawad et al., 2019). پیامد این امر وارد آمدن خ سارت جدی به زمین‌ها بوده و جهت پیشگیری از ا ستمرار و تشدید آن باید قابلیت و ا ستعداد اراضی کشاورزی، مطالعه و ارزیابی شود. با وجود پیشرفت غیر قابل اغماضی که در زمینه‌های مختلف ک شاورزی از قبیل کنترل آفات گیاهی، بیماری، علف هرز، ا صلاح نباتات، آبیاری، بهبود ساختار خاک و بیوتکنولوژی حاصل شده است، توجه به اقلیم مناسب کشت محصول نیز هر روز پر رنگ‌تر می‌شود (Stradze et al., 2019).

باتوجه به نیاز روز افزون ک شور به روغن و اهمیت راهبردی کنجد که از مح صولات مهم روغنی در ک شور تلقی می شوند، تعیین مناطق منا سب با در نظر گرفتن پارامترهای اقلیمی و خاک، بهترین راه حل در تولید بهینه و کاهش اثرات منفی مدیریت منابع آبی و حفظ منابع طبیعی مح سوب می شود (Merga et al., 2021). همچنین باتوجه به نو سان‌های مختلف در تولید این مح صولات در سال های مختلف، شنا سایی مناطق م ستعد و غیر م ستعد بر ا ساس شناخت مزیت‌ها و محدودیت‌های محیطی ک شت آنها می‌تواند کمک شایانی به پایداری میزان تولید آن‌ها داشته با شد (Wang et al., 2020). براساس این رویکرد، تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی می‌تواند به عنوان فرآیند ترکیب و تبدیل داده‌های مکانی (نق شه‌های معیار) و ارزش‌های مربوط به داوری افراد (اولویت ت صمیم‌گیران) به منظور بد ست آوردن اطلاعات ارز شمند برای تصمیم‌گیری، محسوب شود (Shorabeh et al., 2019; Boloorani et al., 2021). از طرفی، *GIS* ابزاری عالی برای ذخیره سازی، د ستکاری، تجزیه و تحلیل، و مدیریت داده‌های مکانی ا ست (Qureshi et al., 2021). از این رو ادغام *GIS* و *MCDA* به ت صمیم‌گیر کمک می‌کند که توابع آنالیز ت صمیم نظیر رتبه‌بندی گزینه‌ها را برای انتخاب پهنه منا سب انجام دهد (Firozjaei et al., 2019: Afsari et al., 2022).

بنابراین، هدف اصلی این تحقیق، پهنه‌بندی توان اکولوژیک کشاورزی ۶ شهرستان (هیرمند، زابل، زاهدان، زهک، هامون و نیمروز) در شمال و مرکز ا ستان سیستان‌وبلوچستان جهت کشت کنجد با ا ستفاده از پارامترهای اقلیمی و خاک ا ست. در را ستای هدف ا صلی تحقیق، اهداف فرعی نیز برای تحقیق تعریف شده است که عبارتند از:

۱- بکارگیری سیستم تصمیم‌گیری اطلاعات جغرافیایی جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی کشت کنجد

۲- تعیین معیارهای بهینه و موثر جهت شناسایی پهنه‌های مناسب کشت کنجد

۳- بررسی مساحت طبقات مختلف اراضی کشاورزی در هر کدام از مناطق مورد مطالعه جهت شناسایی پهنه‌های مناسب در هر شهرستان

1 International Institute for Applied System Analysis(IIASA)

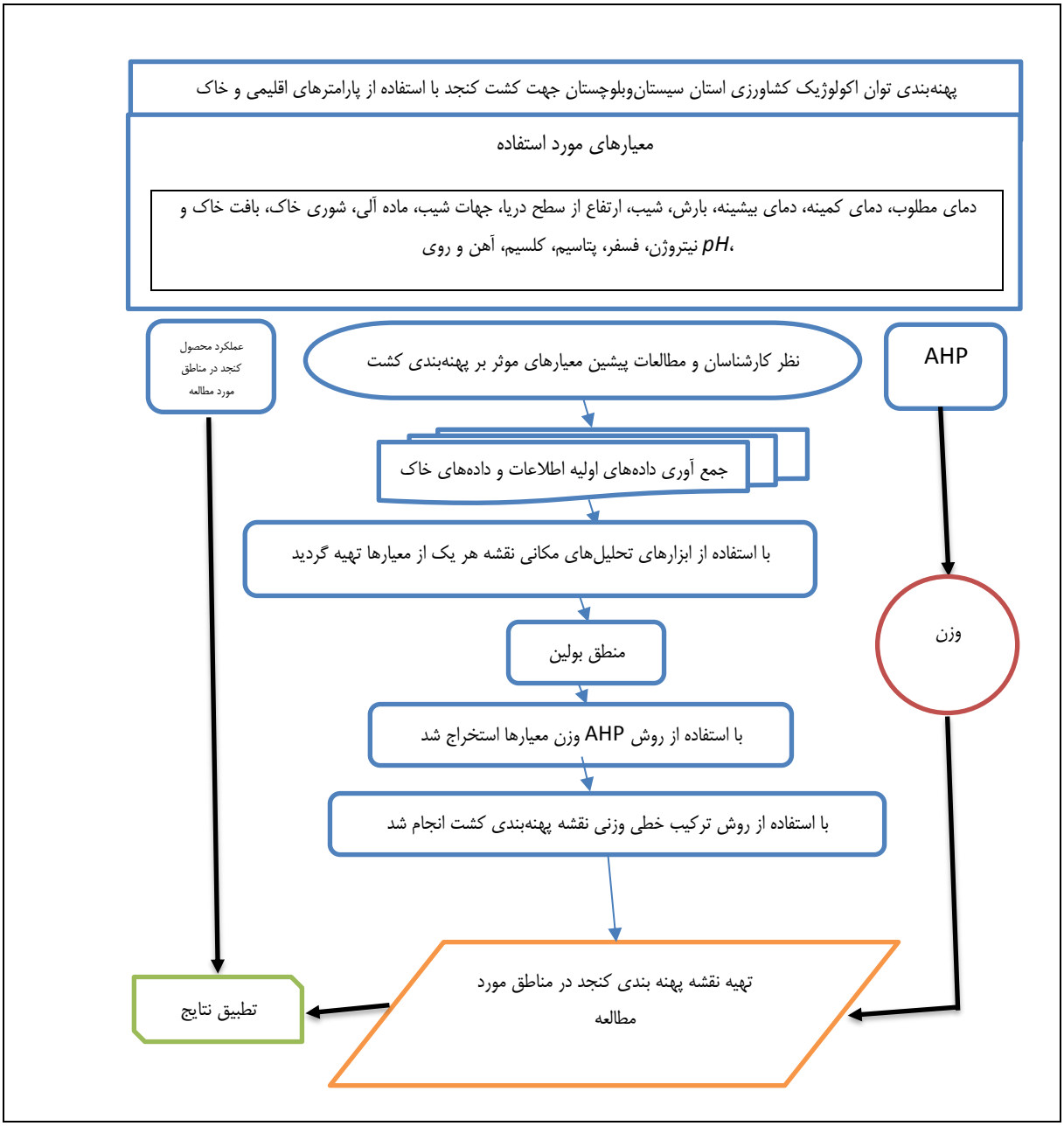
۱-۱.پیشینه پژوهش

Khan et al. (2010)، با ارزیابی اراضی قابل کشت محصولاتی همچون کنجد، جو و آفتابگردان در اسپانیا، عوامل محیطی، توپوگرافی و خاک شامل ارتفاع، شیب، نوع بافت خاک، دما، بارندگی، طول روز و تأثیر هر کدام از آنها را بر روی این گیاهان برر سی و سپس با وزن دهی هر کدام از لایه ها در محیط GIS داده های فوق را تلفیق نموده و در نهایت نقشه مناطق مستعد کشت را تهیه کردند .

همگام با افزایش جمعیت کشور و بهبود سطح زندگی، مصرف روغن های نباتی نیز افزایش یافته، و به دلیل عدم رشد هماهنگ تولید دانه های روغنی با افزایش تقاضا برای روغن نباتی، بیش از ۹۰ درصد مصرف داخلی روغن کشور از طریق واردات و خروج مقادیر ارز تأمین می گردد. با توجه به این راهبرد توسعه کشت دانه های روغنی از یک طرف و محدودیت منابع موجود از طرف دیگر و افزایش روز افزون جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز غذایی، ضرورت دارد که اولا"منابع و پتانسیل های بالقوه موجود به درستی شناخته شوند و ثانیاً این منابع محدود به طور بهینه و پایدار مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین توسعه کشت دانه های روغنی از اهمیت ویژه ای برخوردار است(Meghrad et al., 2013).

۲. روش تحقیق

فرآیند انجام کار در این مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است. در این مطالعه، در مرحله اول با استفاده از نظر کارشناسان و مطالعات پیشین معیارهای موثر بر پهنه‌بندی کشت کنجد استخراج شد. در مرحله دوم، داده‌های اولیه اطلاعات و داده‌های خاک از ۴۸ نقطه اراضی کشاورزی از طریق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان بخش خاک و آب کمک گرفته شد و برای تهیه نقشه آمار ۱۵ ساله از ۲۴ سینوپتیک هوا شناسی شمال و مرکز استان (زابل ، هیرمند، هامون، زهک، نیمروز و زاهدان) استفاده شد پس از تبیین مفهوم *AHP* برای افراد خبره، پرسش‌نامه در اختیار آن‌ها قرار گرفت. در این روش کارشناسان خبره زراعت شاغل در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی و جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان، ناظران و کشاورزان پیشرو، قضاوت‌های مقایسه زوجی ساده‌ای را از طریق سلسله مراتب ایجاد شده برای تمامی معیارها و زیرمعیارها انجام دادند. مقایسات زوجی این پژوهش در قالب ماتریس‌های مقایسات زوجی و بر اساس طیف ۹ قسمتی ساعتی صورت گرفت. در مرحله سوم، با استفاده از ابزارهای تحلیل‌های مکانی نقشه هر یک از معیارها تهیه گردید. در مرحله چهارم، با استفاده از منطق بولین هر کدام از نقشه معیارها به دو کلاس مناسب و نامناسب تبدیل شدند. در مرحله پنجم، با استفاده از روش AHP وزن معیارها استخراج شد. در مرحله ششم، با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی نقشه پهنه‌بندی کشت کنجد در مناطق مورد مطالعه تهیه گردید، در نهایت در مرحله آخر خروجی داده‌های حاصل از محیط Arc GIS با عملکرد محصول کنجد در مناطق مورد مطالعه تطبیق داده شد.



شکل ۱: فلوچارت روش تحقیق

۲-۱. شرایط معیارها برای رشد کنجد

به‌منظـور تهیـه نقشه‌های رقومی شوری، pH، ماده آلی و نیز عناصرغذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی، برای منطقه مورد مطالعه، اطلاعات و داده‌های خاک از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بخش خاک و آب دریافت نموده و برای تهیه نقشه خصوصیات خاک از روش‌های مختلف درونیابی و زمین آماری کمک گرفته شد و براساس جدول(۱) نقشه محدودیت خصوصیات خاک تهیه شده است.

جدول ۱: متغیرهای محدودیت خصوصیات خاک بر اساس روش سایس و همکاران (۱۹۹۱)

نام گیاه	شوری dS.m-1	pH	ماده‌آلی	عناصرغذایی (Kg/Ha)				
				نیتروژن N	فسفر P2O5	پتاسیم K2O	آهن Fe	Zn روی
کنجد	۵-۴	۸-۷	۲۰-۱۰	۲۵۰-۵۰	۱۵۰-۱۰۰	۱۵۰-۱۰۰	۴۵-۳۰	۴۵-۳۰

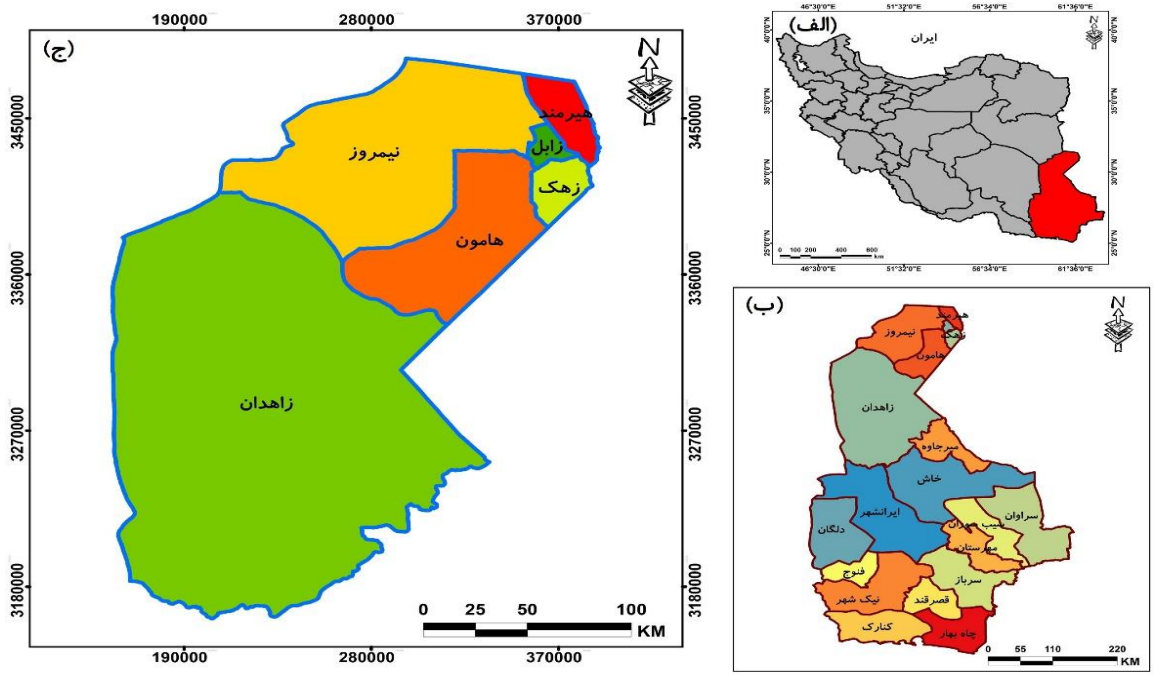
همچنین، جهت تهیه نقشه پارامترها اقلیمی شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، شیب، ارتفاع، دمای متوسط، بارش، مجموع دمایی و رطوبت برای منطقه مورد مطالعه از تحلیل‌های مکانی استفاده شده است. براساس جدول (۲) نقشه محدودیت پارامترهای اقلیمی براساس روش سایس و همکاران (۱۹۹۱)تهیه شده است.

جدول ۲. متغیرهای محدودیت پارامترهای اقلیمی بر اساس روش سایس و همکاران (۱۹۹۱)

نام گیاه	شیب	ارتفاع	بارش	مجموعه دمایی	رطوبت	دمای بیشینه	دمای کمینه	دمای متوسط
کنجد	%۵	۱۵۰۰-۱۲۰۰	۶۰۰-۵۰۰	۲۷۰۰	۳	۴۰	۱۸	۲۷-۲۵

۲. معرفی محدوده مورد مطالعه

سیستان و بلوچستان در جنوب شرق ایران با وسعتی حدود ۱۸۷۵۷۸ کیلومترمربع، معادل ۱۱/۴ درصد از کل مساحت کشور را تشکیل داده و پهناورترین استان کشور می‌باشد (شکل ۲). این استان از نظر عرض جغرافیایی از ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی از خط استوا را به خود اختصاص داده و به لحاظ طول جغرافیایی بین ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار مبدأ قرار گرفته است. منطقه مطالعاتی این پژوهش، شامل اراضی کشاورزی شمال و مرکز استان (زابل ، هیرمند، هامون، زهک، نیمروز و زاهدان) می باشد. تنها ارتفاعات مهم سیستان کوه خواجه است که ۹۰۰ متر از سطح دریا دارد. رودخانه‌های مهم استان شامل رودخانه هیرمند در سیستان است که شاهرگ حیاتی این منطقه می‌باشد. منطقه ی مرکز استان(زاهدان) شهرستان زاهدان با وسعت ۳۰۷۱۶ کیلومتر مربع معادل ۱۷ درصد از مساحت استان را به خود اختصاص داده است. شهرستان زاهدان از شمال به شهرستان هامون و کویر لوت از شرق به کشور پاکستان از غرب به استان کرمان و از جنوب به شهرستان خاش محدود می شود (پورتال استانداری سیستان و بلوچستان، ۱۴۰۰).



شکل ۲: الف) موقعیت استان سیستان‌وبلوچستان در ایران؛ ب) موقعیت شهرستان‌های در استان؛ ج) شهرستان‌های مورد مطالعه در این پژوهش داده‌های مورد استفاده منبع: نگارندگان، ۱۳۹۸

در این مطالعه از دو مجموعه داده شامل داده‌های اقلیمی و خصوصیات خاک استفاده شده است. معیارهای عوامل اقلیمی شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، شیب، ارتفاع، دمای متوسط، بارش، مجموع دمایی و رطوبت و نقشه معیارهای مرتبط با خصوصیات خاک مانند شوری، pH، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی می‌باشند. داده‌های اقلیمی از سازمان هواشناسی و داده‌های مرتبط با خصوصیات خاک به ترتیب از سازمان هواشناسی و مرکز تحقیقات کشاورزی استان تهیه شده است.

۳. یافته‌های پژوهش

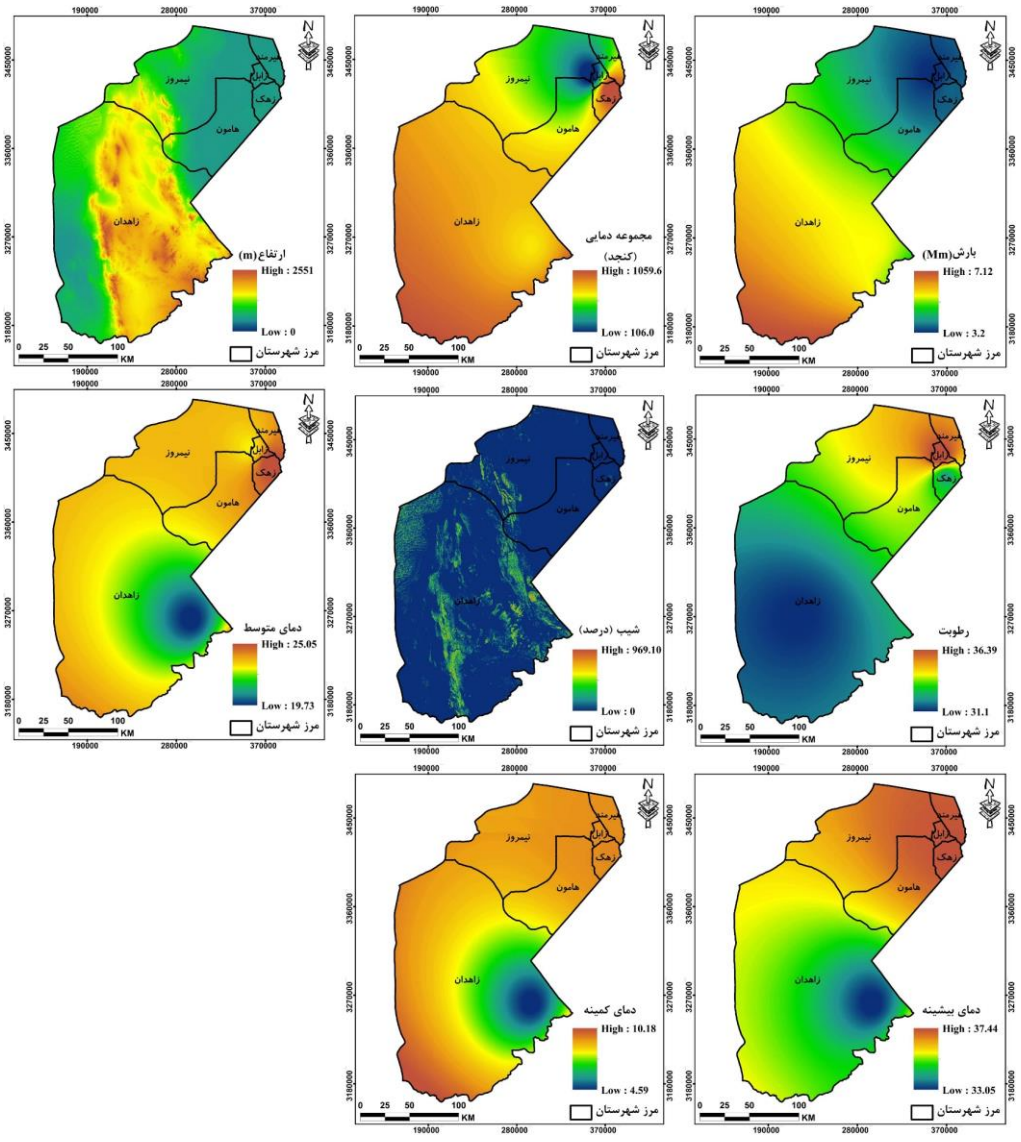
با توجه به نظرات کارشناسان خبره و روش فرآیند سلسله مراتبی وزن هر کدام از معیارهای مورد استفاده مشخص شد (جدول ۳). مقادیر وزن معیارها بین ۰ تا ۱ می‌باشد. صفر نشان دهنده کمترین اهمیت و ۱ نشان دهنده اهمیت زیاد می‌باشد. جمع مقادیر همه معیارها برابر ۱ می‌باشد. در بین معیارها انتخاب شده جهت تهیه نقشه کشت کنجد، معیارهای بارش متوسط، دمای بیشینه و ارتفاع به ترتیب دارای بیشترین وزن و اهمیت و معیارهای دمای کمینه، روی و آهن به ترتیب دارای کمترین وزن و اهمیت بوده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده نرخ ناسازگاری برای محاسبه وزن معیارها براساس نظرات کارشناسان کمتر از ۰/۱ می‌باشد. به عبارتی نشان دهنده قابل قبول بودن و سازگاری نظرات کارشناسان می‌باشد.

جدول ۳: ارزش وزنی و اهمیت معیارهای مربوط به عوامل موثر برکشت کنجد در مناطق مورد مطالعه

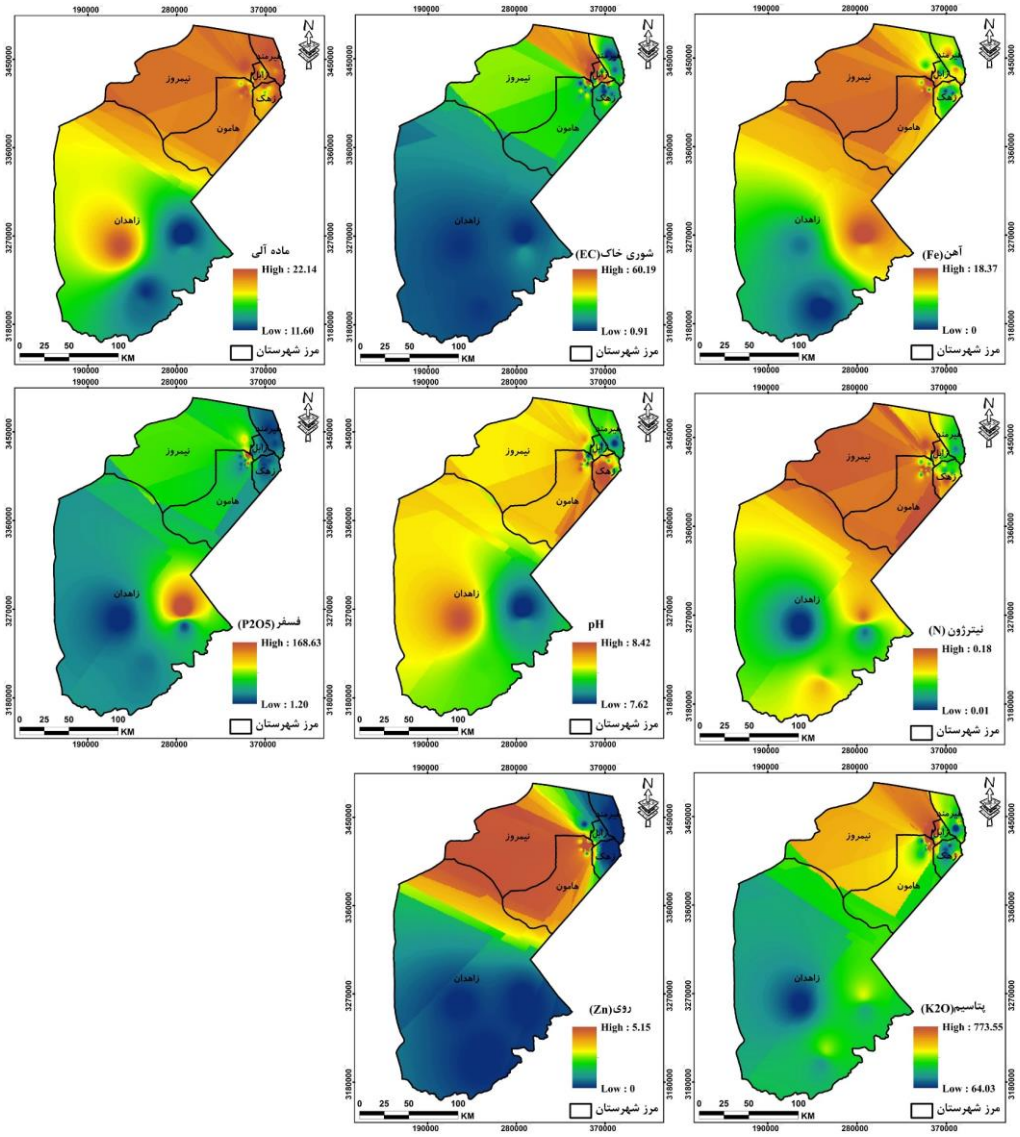
معیار	وزن نهایی	نرخ ناسازگاری
بارش متوسط	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰۳
دمای بیشینه	۰/۱۱۵	
ارتفاع	۰/۱۰۱	
شیب	۰/۰۹۴	
دمای متوسط	۰/۰۸۶	
هدایت الکتریکی	۰/۰۸۴	

مجموعه دمایی	۰/۰۷۱	
pH	۰/۰۶۱	
نیتروژن	۰/۰۵۱	
ماده آلی	۰/۰۴۸	
فسفر	۰/۰۴۲	
کلسیم	۰/۰۳۷	
پتاسیم	۰/۰۳۲	
آهن	۰/۰۱۷	
روی	۰/۰۱۴	
دمای کمینه	۰/۰۱۱	

متناسب با هر معیار با استفاده از تحلیل‌های مکانی نقشه معیارهای مختلف تهیه شد (شکل ۳ و ۴). نقشه معیارها نشان می‌دهند که پتانسیل کشت برای کنجد در مناطق مختلف، متفاوت می‌باشد. در نقشه معیارها رنگ آبی نشان دهنده پایینترین مقدار و رنگ قهوه‌ای نشان دهنده بالاترین مقدار می‌باشد.

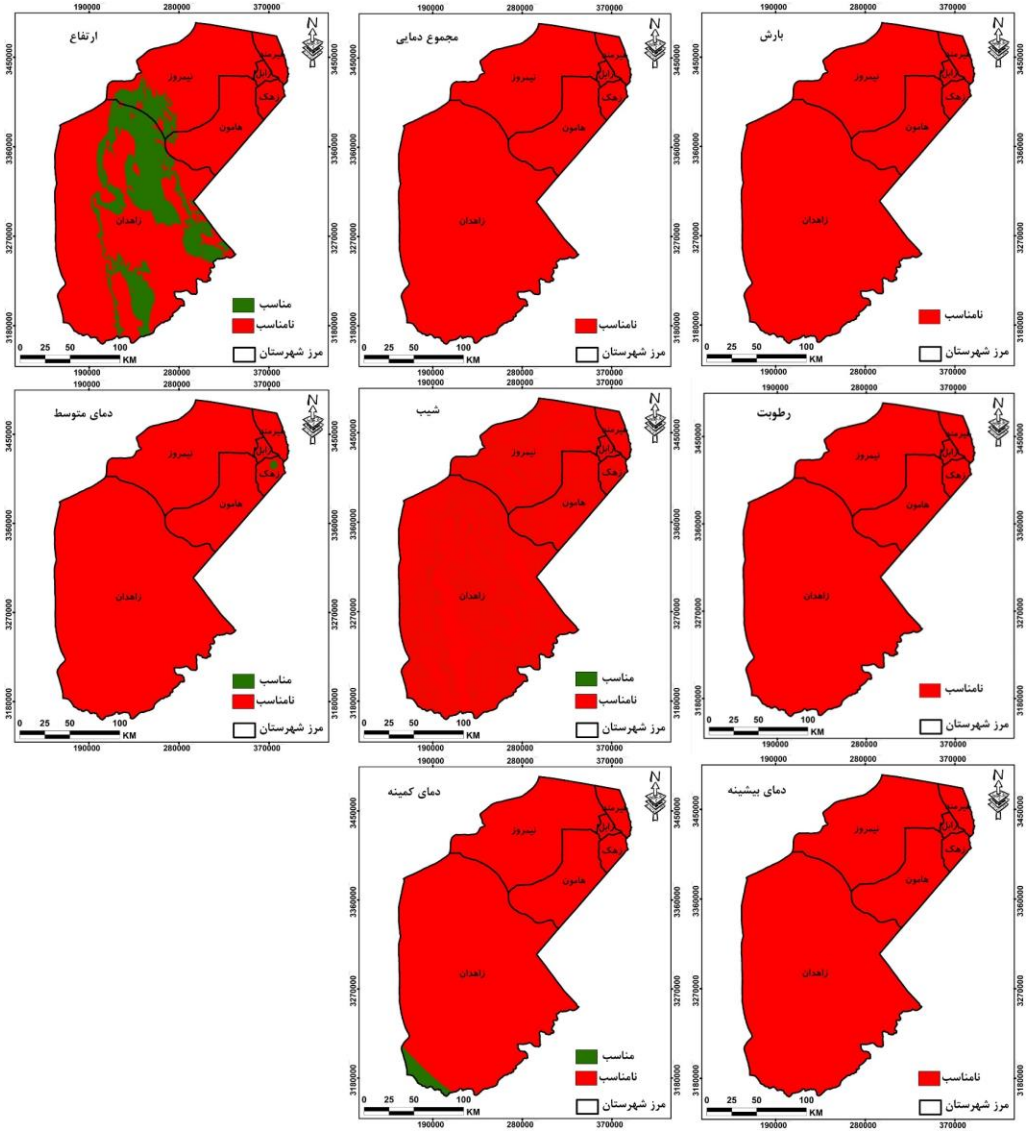


شکل ۳: نقشه معیارهای اقلیمی مورد استفاده در این تحقیق

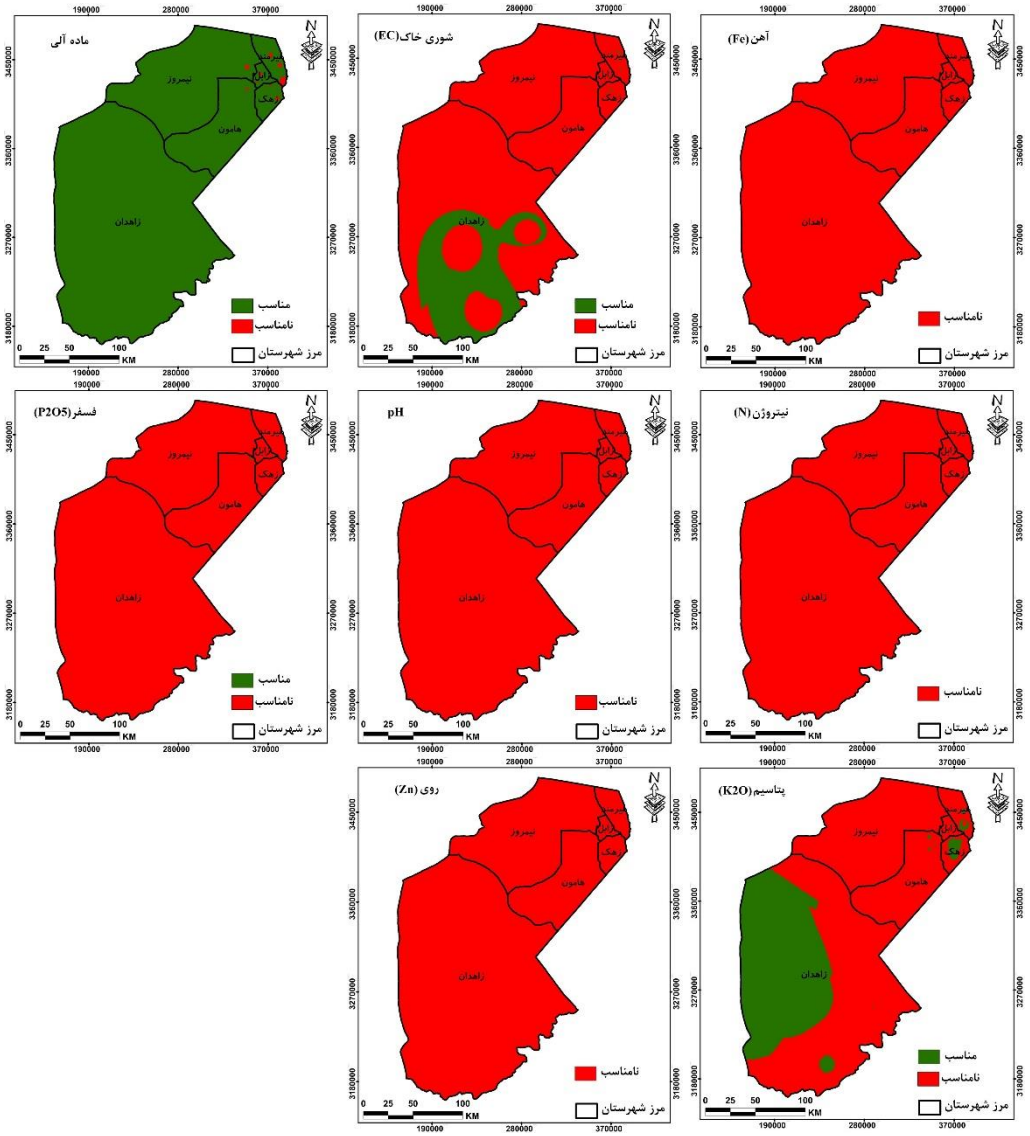


شکل ٤: نقشه معیارهای خصوصیات خاک مورد استفاده در این تحقیق

بعد از تهیه نقشه معیارها، براساس جداول (۲) و (۳)، نقشه معیارهای عوامل اقلیمی مانند دمای کمینه، دمای بیشینه، شیب، ارتفاع، دمای متوسط، بارش، مجموع دمایی و رطوبت و نقشه معیارهای مرتبط با خصوصیات خاک مانند شوری، pH، ماده آلی، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی کلاس‌بندی شده‌اند (شکل ۵ و ۶). برای کلاس‌بندی این نقشه‌ها از منطق بولین استفاده شده است. در منطق بولین نقشه هر معیار براساس عملگرهای شرطی به «صفر» و «یک» کلاس بندی می‌شود. که در آن «صفر» نشان دهنده مناطق نامناسب و «یک» نشان دهنده مناطق مناسب می‌باشد. نقشه‌های کلاس‌بندی شده نشان می‌دهند که مناطق کمی از منطقه مورد مطالعه در کلاس مناسب قرار گرفته‌اند. برای معیارهای بارش، مجموعه دمایی، رطوبت و دمای بیشینه تمام مساحت منطقه مورد مطالعه در کلاس نامناسب قرار گرفته است. بیشترین مساحت کلاس مناسب در معیار بارش می‌باشد. به عبارتی، از مجموعه مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۱ درصد آن در کلاس مناسب و ۷۹ درصد در کلاس نامناسب قرار گرفته است.

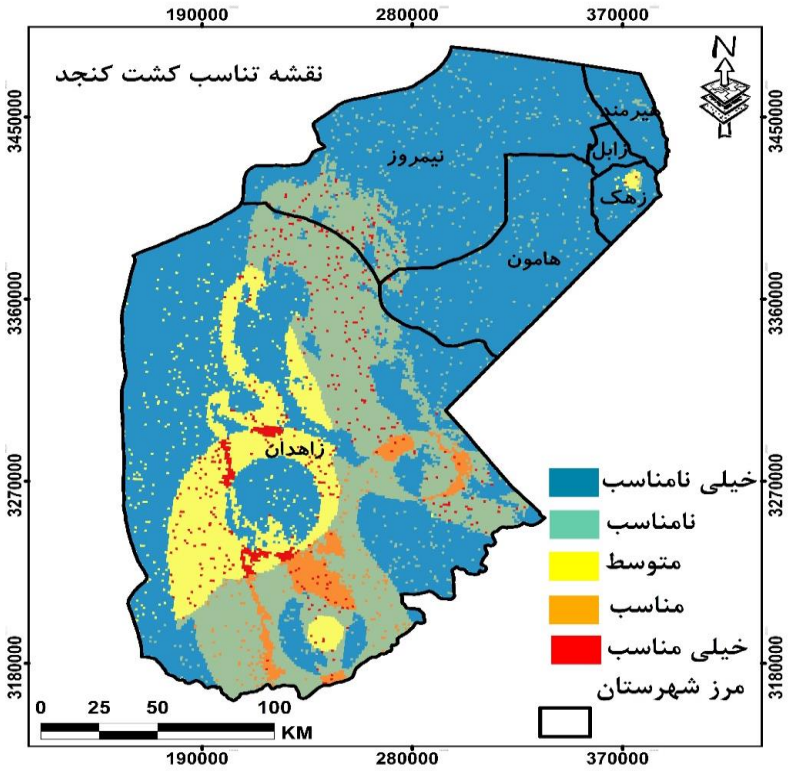


شکل ۵: نقشه کلاس‌بندی شده معیارهای اقلیمی مورد استفاده در این تحقیق



شکل ٦: نقشه کلاس‌بندی شده معیارهای خصوصیات خاک مورد استفاده در این تحقیق

بعد از اینکه نقشه معیارها با استفاده از روش بولین تهیه شد، جهت به دست آوردن نقشه تناسب برای کشت کنجد در مناطق مورد مطالعه از روش ترکیب خطی وزنی استفاده شده است. در این روش وزن هر معیار (وزن به دست آمده با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی) ضربدر نقشه معیار (توسط روش بولین تولید شده) خواهد شد و در نهایت تمام میعارها با هم جمع می‌شوند. مدلسازی به روش ترکیب خطی وزنی با استفاده از *Raster Calculator* در محیط *Arc GIS* انجام شده است. نقشه پهنه‌بندی جهت کشت کنجد در شکل (۷) نشان داده شده است. فقط قسمت‌های از شهرستان زاهدان در کلاس خیلی مناسب قرار گرفته است.



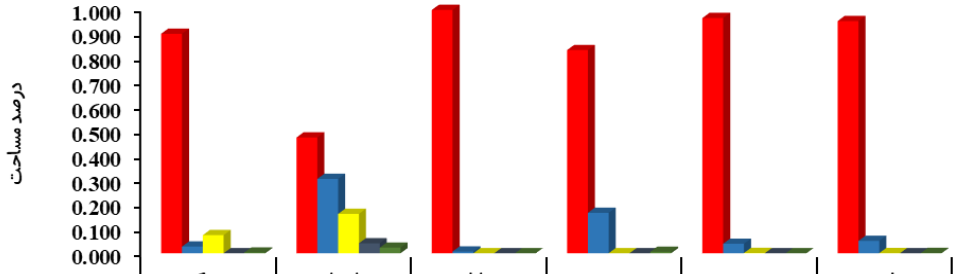
شکل ۷: نقشه پهنه‌بندی کلاس‌بندی شده در منطقه مورد مطالعه برای کنجد

در جدول(۴) درصد مساحت طبقات مختلف نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد از مجموع مساحت مناطق مورد مطالعه درصد مساحت کلاس‌های خیلی نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و خیلی مناسب به ترتیب برابر با ۰/۶۱۶، ۰/۲۳۶، ۰/۱۰۵، ۰/۰۲۶ و ۰/۰۱۶ می‌باشد. به عبارت دیگر، بیشترین درصد مساحت متعلق به کلاس خیلی نامناسب و کمترین درصد متعلق به کلاس خیلی مناسب می‌باشد.

جدول ٤: درصد مساحت کلاس‌های نقشه پهنه‌بندی کنجد

کلاس	درصد مساحت
خیلی نامناسب	۰/٦١٦
نامناسب	۰/۲۳٦
متوسط	۰/۱۰٥
مناسب	۰/۰۲٦
خیلی مناسب	۰/۰۱٦

در شکل (۸)، درصد مساحت کلاس‌های مختلف به تفکیک هر شهرستان نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در بین شهرستان‌ها مورد مطالعه، شهرستان زاهدان دارای مساحت بیشتری در کلاس خیلی مناسب نسبت به سایر شهرستان‌ها می‌باشد. به عبارتی، ۰/۰۲۳ درصد از مجموع مساحت شهرستان زاهدان جهت کشت کنجد مناسب می‌باشد. شهرستان‌های زابل و هیرمند هیچ مساحتی از کلاس‌های خیلی مناسب و مناسب را به خود اختصاص نداده است. که نشان دهنده شرایط نامناسب این شهرستان‌ها جهت کشت کنجد می‌باشد. همچنین، شهرستان‌های نیمروز، زهک و هامون به ترتیب ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۱ درصد از مساحت کلاس خیلی مناسب را به خود اختصاص داده‌اند.



	زهک	زاهدان	زابل	نیمروز	هیرمند	هامون
خیلی نامناسب	0.896	0.472	0.993	0.829	0.960	0.948
نامناسب	0.027	0.303	0.007	0.165	0.039	0.051
متوسط	0.074	0.161	0.000	0.000	0.001	0.001
مناسب	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000
خیلی مناسب	0.003	0.023	0.000	0.006	0.000	0.001

شکل ۸: درصد مساحت کلاس‌ها به تفکیک هر شهرستان برای کنجد

جهت تطبیق نتایج مدلسازی، وضعیت عملکرد محصول کنجد از سازمان جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان در سال زراعی ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۰ به تفکیک شهر ستان جمع‌آوری شد. جدول(۵)، و ضعیت عملکرد مح صول کنجد در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در مناطق مورد مطالعه ن‌شان می‌دهد که مناطق زابل، زاهدان، و زهک به ترتیب به طور میانگین دارای عملکرد ۸۰۰، ۱۰۵۹، ۳۰۰ کیلوکرم در هکتار بوده و مابقی مناطق فاقد عملکرد می باشند. لازم به ذکر است، نتایج مدلسازی نشان داد که شهرستان زاهدان دارای بیشترین پتانسیل جهت کشت کنجد می‌باشد که با نتایج حاصل از سامانه *Arc GIS* هم خوانی دارد.

جدول ۵: آمار محصول زراعی کنجد مناطق مورد مطالعه به تفکیک شهرستان در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰

	شهرستان	سطح زیر کشت(هکتار)			میزان تولید(تن)			عملکرد(کیلوگرم درهکتار)	
		آبی	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم
۱	زابل	۱۵	۰	۱۵	۱۲	۰	۱۲	۸۰۰	۰
۲	زاهدان	۱۷	۰	۱۷	۱۸	۰	۱۸	۱۰۵۹	۰
۳	زهک	۲۰	۰	۲۰	۶	۰	۶	۳۰۰	۰
٤	هیرمند	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	هامون	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
٦	نیمروز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	جمع	۵۲	۰	۵۲	۳۶	۰	۳۶	۲۱۵۹	۰

٤. بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این مطالعه تهیه نق شه پهنه‌بندی ک شت کنجد با ا ستفاده از پارامترهای اقلیمی و خ صویات خاک می‌با شد. در این مطالعه، جهت به د ست آودن وزن و اهمیت معیارها از روش فرآیند تحلیل سل سله مراتبی، از منطق بولین جهت کلاس‌بندی نق شه معیارها و از روش ترکیب خطی وزنی جهت تهیه نق شه تنا سب ا ستفاد شده ا ست. نتایج ن شان داد که در بین معیارها انتخاب شده جهت تهیه نق شه ک شت کنجد، معیارهای بارش متو سط، دمای بی شینه و ارتفاع به ترتیب دارای بی شترین وزن و اهمیت و معیارهای دمای کمینه، روی و آهن به ترتیب دارای کمترین وزن و اهمیت بوده‌اند. نتایج نق شه نهایی تنا سب جهت ک شت کنجد در مناطق مورد مطالعه ن شان داد که از مجموع م ساحت

مناطق مورد مطالعه درصد مساحت کلاس‌های خیلی نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب و خیلی مناسب به ترتیب برابر با ۰/۶۱۶، ۰/۲۳۶، ۰/۱۰۵، ۰/۰۲۶ و ۰/۰۱۶ می‌با شد. به عبارت دیگر، بی شترین در صد م ساحت متعلق به کلاس خیلی نامنا سب و کمترین در صد متعلق به کلاس خیلی مناسب می‌باشد. همچنین، نتایج درصد مساحت کلاس‌های مختلف به تفکیک هر شهرستان نشان داد که در بین شهرستان‌ها مورد مطالعه، شهر ستان زاهدان دارای م ساحت بی‌شتری در کلاس خیلی منا سب ن سبت به سایر شهر ستان‌ها می‌با شد. به عبارتی، ۰/۰۲۳ درصد از مجموع مساحت شهرستان زاهدان جهت کشت کنجد مناسب می‌باشد. شهرستان‌های زابل و هیرمند هیچ مساحتی از کلاس‌های خیلی منا سب و منا سب را به خود اخت صاص نداده ا ست که ن شان دهنده شرایط نامنا سب این شهر ستان‌ها جهت ک شت کنجد می‌با شد. همچنین، شهر ستان‌های نیمروز، زهک و هامون به ترتیب ۰/۰۰۶، ۰/۰۰۳ و ۰/۰۰۱ در صد از م ساحت کلاس خیلی منا سب را به خود اختصاص داده‌اند.

فهرست منابع

۱. افسری، ر.، نادی زاده شورابه، س.، کوهنورد، م.، همایی، م.، و ارسنجانی، ج.ج (۱۳۹۱). **رویکرد پشتیبانی تصمیم فضایی برای تحلیل آسیب‌پذیری سیل در مناطق شهری**: مطالعه موردی شهر تهران. ISPRS International Journal of Geo-Information, 11(7), 380.

۲. بلورانی، ع.د.، شورابه، س.ن.، سامانی، ن.ن.، موسیوند، ع.، کاظمی، ی.، جعفرزاده، ن.، ... و ربیعی، ج. (۱۳۹۰). **نقشه‌برداری آسیب‌پذیری و تحلیل ریسک طوفان‌های شن و گرد و غبار در اهواز، ایران.** آلودگی محیط زیست، ۲۷۹، ۱۱۶۸۵۹.

۳. جواد، ح. م.، جواد، ع. م.، نوردین، ر.، غرقان، س. ک.، عبدالله، ن. ف.، اسماعیل، م.، و ابوالشعیر، م. ج. (۲۰۱۹). **مدل تجربی دقیق از دست دادن مسیر بر اساس بهینه‌سازی ازدحام ذرات برای شبکه‌های حسگر بی‌سیم در کشاورزی هوشمند مجله سنسورهای** IEEE، ۲۰ (1)، ۵۶۱-۵۵۲.

۴. شورابه، س.ن.، ارگانی، م.، ربیعی، ج.، فیروزجایی، ح.ک.، و نعمت اللهی، ا. (۲۰۲۱). **ارزیابی پتانسیل ایجاد مزارع انرژی های تجدیدپذیر چندگانه با استفاده از تحلیل تصمیم گیری چند معیاره فضایی: مطالعه موردی و نقشه برداری در ایران**. مجله تولید تمیزتر، ۲۹۵، ۱۲۶۳۱۸.

۵. شورابه، س. ن.، فیروزجایی، م. ک.، نعمت اللهی، ا.، فیروزجایی، ح. ک.، و جلوخانی نیارکی، م. (۱۳۹۸). **تحلیل تصمیم‌گیری فضایی چند معیاره مبتنی بر ریسک برای انتخاب مکان نیروگاه خورشیدی در اقلیم‌های مختلف**: مطالعه موردی در ایران. انرژی های تجدیدپذیر، ۱۴۳، ۹۵۸-۹۷۳.

۶. شورابه، س. ن.، وارناصری، ع.، فیروزجایی، م. ک.، نیکروش، ف.، و سامانی، ن. ن. (۲۰۲۰). **مدل‌سازی فضایی مناطق مناسب برای ساخت کتابخانه‌های عمومی با ادغام GIS و تصمیم‌گیری چند ویژگی**: مطالعه موردی تهران، ایران. تحقیقات کتابداری و اطلاع رسانی، ۴۲(۲)، ۱۰۱۰۱۷.

۷. قریشی، س.، شورابه، س. ن.، سامانی، ن. ن.، مینایی، ف.، همایی، م.، نیکروش، ف.، ... و ارسنجانی، ج.ج. (۲۰۲۱). **رویکرد تلفیقی جدید برای مکان‌یابی دفن زباله شهری بر اساس پیش‌بینی رشد فیزیکی شهری**: مطالعه موردی کلانشهر مشهد در ایران. سنجش از دور، ۱۳(۵)، ۹۴۹.

۸. مجرد، فیروز؛ فرهادی، بابک؛ خیری، رامین، ۱۳۹۳. **نقش عوامل آب و هوایی در تعیین تاریخ آغاز کشت و طول دوره ی رشد کلزا با کاربرد مدل**. CropSyst **پژوهش های جغرافیای طبیعی**، دوره ی ۴۶(۴ :)۴۴۷۶-۴۶۳.

۹. نوراللهی، ی.، سنانی، ع. گ.، فدایی، ع.، سیمایی، م.، و ملتمس، ر. (۱۳۹۱). **چارچوبی برای انتخاب سایت مبتنی بر GIS و ارزیابی پتانسیل فنی مزرعه خورشیدی PV با استفاده از منطق فازی-بولی و رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره .AHPانرژی های تجدیدپذیر**، ۱۸۶، ۸۹-۱۰۴.

۱۰. یوسفی، ح.، حافظ نیا، ح.، و یوسفی-سهزابی، ع. (۲۰۱۸). **انتخاب مکان مکانی برای نیروگاه های خورشیدی با استفاده از مدل منطق فازی-بولی مبتنی بر** gis :مطالعه موردی استان مرکزی، ایران. انرژی ها، ۱۱(۷)، ۱۶۴۸.

۱۱.

12. Aydi, A., Abichou, T., Nasr, I. H., Louati, M., & Zairi, M. (2016). Assessment of land suitability for olive mill wastewater disposal site selection by integrating fuzzy logic, AHP, and WLC in a GIS. Environmental monitoring and assessment, 188, 1-13.
13. FAO, (1996). Guidelines: Agroecological Zoning. FAO. Soils Bultin 73,. FAO. Rome.
14. Khan, M. R., De Bie, C. A., Van Keulen, H., Smaling, E. M. A., & Real, R. (2010). Disaggregating And Mapping Crop Statistics Using Hypertemporal Remote Sensing. International Journal Of Applied Earth Observation And Geoinformation, 12(1), 36-46.
15. Mbow, C., Rosenzweig, C., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, M., ... & Xu, Y. (2019). Food security.
16. Cole, M. B., Augustin, M. A., Robertson, M. J., & Manners, J. M. (2018). The science of food security. npj Science of Food, 2(1), 14.
17. Singh, H., Sharma, A., Bhardwaj, S. K., Arya, S. K., Bhardwaj, N., & Khatri, M. (2021). Recent advances in the applications of nano-agrochemicals for sustainable agricultural development. Environmental Science: Processes & Impacts, 23(2), 213-239.
18. Kirillova, O. V., Amirova, E. F., Kuznetsov, M. G., Valeeva, G. A., & Zakharova, G. P. (2020). Innovative directions of agricultural development aimed at ensuring food security in Russia. In BIO Web of conferences (Vol. 17, p. 00068). EDP Sciences.
19. Stradze, A. E., Pushkina, V. N., Fedorova, E. Y., Gernet, I. N., Sizov, A. E., & Emelianov, A. V. (2019). Study of school child motor activity using individual wearable devices-fitness-trackers. Religación: Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 4(20), 138-143.
20. Merga, B. B., Moisa, M. B., & Gemeda, D. O. (2021). Evaluation of land suitability for Oilseeds crops (Sesame and Groundnut) using GIS and Multi-criteria evaluation: A case study of Diga District, East Wollega Zone, Western Ethiopia.
21. Wang, R., Lu, X., Sun, Q., Gao, J., Ma, L., & Huang, J. (2020). Novel ACE inhibitory peptides derived from simulated gastrointestinal digestion in vitro of sesame (Sesamum indicum L.) protein and molecular docking study. International journal of molecular sciences, 21(3), 1059.
22. Saaty, T. L. (2003). Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. European journal of operational research, 145(1), 85-91.
23. Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2013). The analytic network process (pp. 1-40). Springer US.
24. Saaty, T. L. (1999). Basic theory of the analytic hierarchy process: How to make a decision. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas Fisicas y Naturales, 93(4), 395-423.
25. Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). Multicriteria decision analysis in geographic information science (Vol. 1, pp. 55-77). New York: Springer.
26. Sys, C., Van Ranst, E., & Debaveye, J. (1991). Land evaluation: Principles in land evaluation and crop production calculations. Brussels: General Administration for Development Cooperation.