

ارزیابی تناسب اقلیمی حوضه آبریز ارس برای کشت چهار گونه از گیاهان دارویی با استفاده از دورسنجی و خوشه‌بندی فازی و بررسی تحلیل اقتصادی بر مبنای سودآوری

مرجان معظم نیا^{۱*}، سید بهمن موسوی^۲، سینا صادق فام^۳

۱- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بناب، بناب، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب و خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

۳- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

* نویسنده مسئول: m.moazamnia@ubonab.ac.ir

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۰۳

چکیده

شناسایی مناطق مناسب به منظور کشت محصول برای کشاورزی پایدار و حفاظت از منابع خاک و آب بسیار مهم است. در این تحقیق، شاخص تناسب اقلیمی برای چهار گونه از گیاهان دارویی کور، گل محمدی، سرخارگل و اسطوخودوس با استفاده از مجموعه داده‌های اقلیمی شامل بارش متوسط سالانه و دمای دوره رشد برگرفته از ماهواره‌های CHIRPS و ERA5 محاسبه شده است. نیازهای اقلیمی مذکور برای گیاهان مورد مطالعه از توصیه‌های نشریه‌های جهاد کشاورزی استخراج شده و برای محاسبه شاخص تناسب اقلیمی نیز از روش خوشه‌بندی فازی استفاده شده است. بررسی‌های نشان داد که کور و گل محمدی سازگاری اقلیمی بیش از ۷۵ درصد در نیمه شرقی حوضه آبریز دارند. بر اساس نتایج بدست آمده از تناسب اقلیمی سرخارگل و اسطوخودوس نیز مشاهده گردید که در بخش‌هایی از نیمه شرقی و غربی محدوده مورد مطالعه، شاخص تناسب اقلیمی بین ۵۰ تا ۷۵ درصد می‌باشد. توجه به این نکته ضروری است که روش پیشنهادی با کاهش وابستگی به نظرات کارشناسی و کمی‌سازی عدم قطعیت، دیدگاه عمیق‌تری نسبت به نتایج ارائه می‌دهد. همچنین نسبت سودآوری مربوط به گیاهان دارویی برای اسطوخودوس در سال چهارم ۱۲/۶، سرخارگل از سال دوم به بعد ۵/۳، گل محمدی در سال چهارم ۱/۶ و در سال هشتم ۴/۴ تخمین زده شده است. بنابراین در حالت کلی کشت گیاهان دارویی با توجه به دارا بودن نسبت سود به هزینه بالا و نیاز آبی کم پتانسیل بالایی برای سرمایه‌گذاری در منطقه دارند.

واژه‌های کلیدی: عدم قطعیت، کشاورزی پایدار، نظرات کارشناسی، CHIRPS، ERA5.

مقدمه

اراضی کشاورزی است (Budak et al., 2022; Sadeghfam et al., 2024a). این شاخص همچنین دارای مزایای اقتصادی و کشاورزی برای گیاهان دارویی است و عمدتاً زمان استفاده از سیستم‌های تناوب یا کشت مخلوط می‌تواند سلامت خاک را بهبود بخشد، آفات و بیماری‌ها را مدیریت کرده و انعطاف‌پذیری اقتصادی را افزایش دهد. علاوه بر این، تلفیق تکنیک‌های دورسنجی و داده‌کاوی می‌تواند موجب افزایش کاربرد مؤثر شاخص پتانسیل کشت می‌باشد. شاخص تناسب اقلیمی (CSI)

مدیریت پایدار کشاورزی بر داده‌های دقیق آب و هوایی و غیر اقلیمی متکی است (Viana et al., 2022) که در قالب هدف دوم از اهداف توسعه پایدار باعنوان ریشه کن کردن گرسنگی و سوء تغذیه هماهنگ است. سیاست‌گذاران می‌توانند با شناسایی مناطق مناسب از طریق شاخص پتانسیل کشت، در راستای توسعه کشاورزی پایدار حرکت کنند. هدف از شاخص پتانسیل کشت، افزایش بهره‌وری کشاورزی و تضمین دسترسی به مواد غذایی با پهنه‌بندی فراهمی و توزیع

خوبی قادر به شناسایی مناطق مناسب برای توسعه کشت گیاه دارویی کاکوتی در حوضه مورد مطالعه بوده است. در مطالعه رحیمی مقدم (۱۴۰۲) با استفاده از تحلیل سلسه‌مراتبی و نرم-افزار ArcGIS به ارزیابی اکولوژیک کشت گیاهان دارویی در مراتع مختلف استان لرستان برای احیای مراتع و حفاظت از این گیاهان دارویی پرداخته شده است. مجموعه داده‌های مورد نیاز شامل داده‌های خاکی، داده‌های بلندمدت اقلیمی (۲۰۲۰ - ۱۹۷۰) و توپوگرافی بودند. نتایج نشان داد که نقش عامل اقلیمی میانگین دمای سالانه در کشت گیاهان دارویی بیشتر از سایر عوامل بوده و ارتفاع و بارندگی تجمعی سالانه در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند و به طور کلی مراتع استان لرستان پتانسیل خوبی برای کشت گیاهان دارویی آنگوزه، باریجه و کرفس کوهی داشته و برای کشت گیاهان دارویی گل گاوزبان ایرانی و شیرین بیان دارای پتانسیل متوسطی می‌باشند.

Mehrabi et al., (2014) به بررسی پتانسیل کشت گیاه شیرین بیان در شهرستان اراک براساس لایه داده‌های دما، بارش و یخبندان پرداختند. نتایج آنها وضعیت منابع اقلیمی منطقه مورد مطالعه را برای کشت شیرین بیان مناسب نشان داد. Zhang et al., (2016) به بررسی پیش بینی پتانسیل کشت گیاهان دارویی در چین با استفاده از مدلسازی حداکثر آنتروپی و منطق فازی پرداختند. در این مطالعه ارتباط بین عوامل محیطی و گیاه دارویی با ترکیب منطق فازی و مدلسازی حداکثر آنتروپی بر اساس تکنیک GIS ایجاد شده و نتایج، پتانسیل بالای منطقه مورد مطالعه را برای کشت گیاه دارویی مورد نظر نشان داد. در مطالعه Pourhadian, (2017) به بررسی پتانسیل کشت گیاه دارویی گل گاوزبان با لایه داده‌های اقلیمی شامل بارش، دمای متوسط، دمای حداکثر و دمای حداقل پرداخته شده است. نقشه پهنه‌بندی بدست آمده در استان مازندران نشان داد که سطح وسیعی از استان پتانسیل خوبی برای کاشت گیاه دارویی گل گاوزبان دارد. (2019) et al., Mirmohammadsadeghi طی تحقیقی برای مکان‌یابی مناطق مستعد کشت گیاه گل محمدی با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای وزن‌دهی و پارامترهای اقلیمی، توپوگرافی و اجتماعی و اقتصادی به عنوان داده‌های اولیه نقشه پهنه‌بندی پتانسیل

^۱ بخش مهمی از شاخص پتانسیل کشت بوده که مشتمل بر پارامترهای مهم اقلیمی نظیر بارش و دما می‌باشد (Sadeghfam et al., 2024b).

علاوه بر انواع محصولات کشاورزی زراعی و باغی، کشت گیاهان دارویی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد که دلیل اصلی آن هم نیاز آبی کم و سازگاری بالای آن‌ها با شرایط کم‌آبی و خشکی دارند (Das et al., 2016; Harish et al., 2012). با توجه به این نکته که در ایران طی سال‌های اخیر از یک سو با کاهش نزولات جوی و از سوی دیگر با برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی روبرو هستیم، لذا کشت گیاهان دارویی می‌تواند به عنوان جایگزینی برای محصولات پرمصرف آب در نظر گرفته شود. مضافاً اینکه این کشت جایگزین می‌تواند از منظر تجاری و تقاضای مصرف نیز درخور توجه باشد. لازم به ذکر است که پیشنهاد کشت جایگزین باید براساس اصول و پشتوانه علمی باشد و اولین قدم در این راستا بررسی تناسب و پتانسیل کشت با در نظرگیری الگوی اقلیمی می‌باشد (کلانتری و همکاران ۱۴۰۳، شیخ زاده و همکاران ۱۴۰۳).

پورمیدانی و همکاران (۱۴۰۰) به تناسب کشت چهار گونه گیاه دارویی شامل گل محمدی، زعفران، آویشن و اسطوخودوس در ۳۶ دشت واقع در حوضه آبریز دریاچه نمک با سناریوی تغییر اقلیم پرداختند. در این مطالعه همه مدل‌ها تحت سناریوهای مختلف، کاهش بارندگی و افزایش دما را پیش‌بینی کرده و نتیجه گرفتند که با توجه به نیازهای اکولوژیکی و ویژگی‌های اقلیمی منطقه، کشت زعفران، آویشن و گل محمدی در بیشتر اراضی کشاورزی حوضه آبریز دریاچه نمک مطلوب یا بسیار مطلوب است. علی‌خواه و همکاران (۱۴۰۰) به مکان‌یابی کشت گیاه کاکوتی در حوضه آبخیز سبلان با روش فازی تحلیل شبکه (ANP² Fuzzy) پرداخته‌اند. در این مطالعه ۱۲ معیار در قالب خوشه‌های توپوگرافی، خاک، اقلیم، زمین‌شناسی و کاربری اراضی با استفاده از روش تحلیل شبکه و استفاده از نظر کارشناسی در تهیه نقشه تناسب کشت و توسعه این گیاه معرفی شده است. نتایج نشان داد، مدل فازی تحلیل شبکه به

² Analytic Network Process

¹ Climate Suitability Index

تحقیقات برای کاربرد دورسنجی در پتانسیل کشت گیاهان دارویی و چالش‌های مرتبط مورد بحث قرار گرفته است.

خوشه‌بندی فازی به روش C-means یکی از روش‌های محبوب در تحلیل داده و یادگیری ماشین است که به دسته‌بندی داده‌ها به مجموعه‌های مختلف با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌ها می‌پردازد. این روش توسط Bezdek et al., (1984) توسعه داده شد. این روش بر اساس این اصل پایه‌گذاری شده است که داده‌ها می‌توانند به چندین خوشه تعلق داشته باشند و به جای یک تخصیص سخت، از تخصیص نرم استفاده می‌کند. این قابلیت باعث می‌شود که خوشه‌بندی فازی برای داده‌های پیچیده و غیرخطی مؤثرتر باشد و نتایج دقیق‌تری را به همراه داشته باشد. این الگوریتم به طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف، مانند تقسیم تصویر برای برنامه‌های کاربردی کشاورزی (Peng et al., 2024)، ارزیابی کیفیت آب‌های زیرزمینی و سطحی (Golaki et al., 2024; Matsui et al., 2022) و طبقه‌بندی بیماری‌های برگ (Rajagopal et al., 2024) استفاده می‌گردد.

کشت دیم محصولات کشاورزی می‌تواند باعث کاهش فشار بر منابع آب سطحی و زیرزمینی گردد (تقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). این مسئله با توجه به وابستگی بخش کشاورزی منطقه مورد مطالعه به منابع آب زیرزمینی اهمیت چشمگیری دارد. به عبارت دیگر تغییر شیوه کشت از آبیاری به دیم در محافظت از منابع آب زیرزمینی تأثیرگذار است. از طرفی کشت دیم گیاهان دارویی در کنار کاهش فشار بر منابع آبی، سود اقتصادی بیشتری نیز در بر دارد. توجه به این دو نکته می‌تواند ضرورت انجام پژوهش حاضر را آشکار سازد. با مرور در ادبیات فنی موجود مشاهده شد که مطالعات محدودی در زمینه استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی برای پهنه‌بندی CSI وجود دارد. به کارگیری خوشه‌بندی فازی برای این منظور که می‌تواند عدم قطعیت در خوشه‌بندی را در نظر بگیرد، در مطالعات CSI استفاده نشده است. استفاده از داده‌های اقلیمی ماهواره‌ای یکی دیگر از جنبه‌های نوآوری مطالعه حاضر است. یکی از محدودیت‌های استفاده از داده‌های ایستگاه‌های بارش و دما و استفاده از تکنیک‌های درونیابی، عدم کفایت

کشت گل محمدی در استان اصفهان را تهیه نمودند و در نهایت نشان دادند که سه پارامتر بارش سالیانه، ارتفاع و دمای میانگین سالیانه بیشترین تأثیر و شیب کمترین تأثیر بر کمیت و کیفیت این گونه گیاهی داشته است. Sadeghfam et al., (2024b) براساس شاخص تناسب اقلیم به بررسی پتانسیل کشت ۱۲ گونه گیاه دارویی با چارچوب احتمالی در حوضه دریاچه ارومیه پرداخته‌اند. در روش معرفی شده، برای کاهش نظرات کارشناسی و عدم قطعیت‌های موجود، تحلیل فراوانی و بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)³ انجام یافته است. Roopashree et al., (2024) با بهره‌گیری از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و اطلاعات خاک شامل نوع خاک و خوشه مناسب خاک، به حفظ گیاهان دارویی آسیب‌پذیر و کمک به رشد آن‌ها در هند پرداخته‌اند. این گیاهان برای درمان بیماری‌ها و کمک به کشف داروهای جدید استفاده می‌شوند.

مطالعه Shen et al., (2021) با هدف شبیه سازی اثر تغییرات آب و هوایی بر توزیع گیاهان دارویی با استفاده از مدل حداکثر آنترپی (MaxEnt)⁴ و ارزیابی تأثیر بالقوه مناسب بودن زیستگاه بر کیفیت گیاهان دارویی انجام یافته است. Asigbaase et al., (2023) مزایای اقتصادی و وضعیت حفاظت از گیاهان دارویی را در ذخایر جنگلی در غنا ارزیابی کرده‌اند. در این مقاله با تمرکز بر ویژگی‌های اجتماعی و جمعیتی منطقه، گیاهان دارویی مورد استفاده برای درمان بیماری‌ها در جوامع، روند در دسترس بودن گیاهان دارویی، سهم گیاهان دارویی در درآمد ناخالص و استراتژی‌های حفاظت از این گیاهان توسط بازدیدهای میدانی و پرسشنامه‌ای بررسی شد. در نهایت کشت گیاهان دارویی در مزارع، ایجاد نهالستان‌های گیاهان دارویی، ادغام گیاهان دارویی در باغ‌های خانگی، ایجاد باغ‌های گیاه‌شناسی و سیستم‌ها و شیوه‌های دانش بومی به عنوان راهکارهایی برای حفاظت و بهره‌برداری پایدار از آن‌ها پیشنهاد شد. در مطالعه Zhong et al., (2025) به بررسی ترکیب کاربردهای بالقوه دورسنجی در کشت گیاهان دارویی پرداخته می‌شود. در این مقاله در درجه اول روش‌های مختلف داده‌های دورسنجی تجزیه و تحلیل شده، سپس پیشرفت

⁴Maximum Entropy

³Particle Swarm Optimization

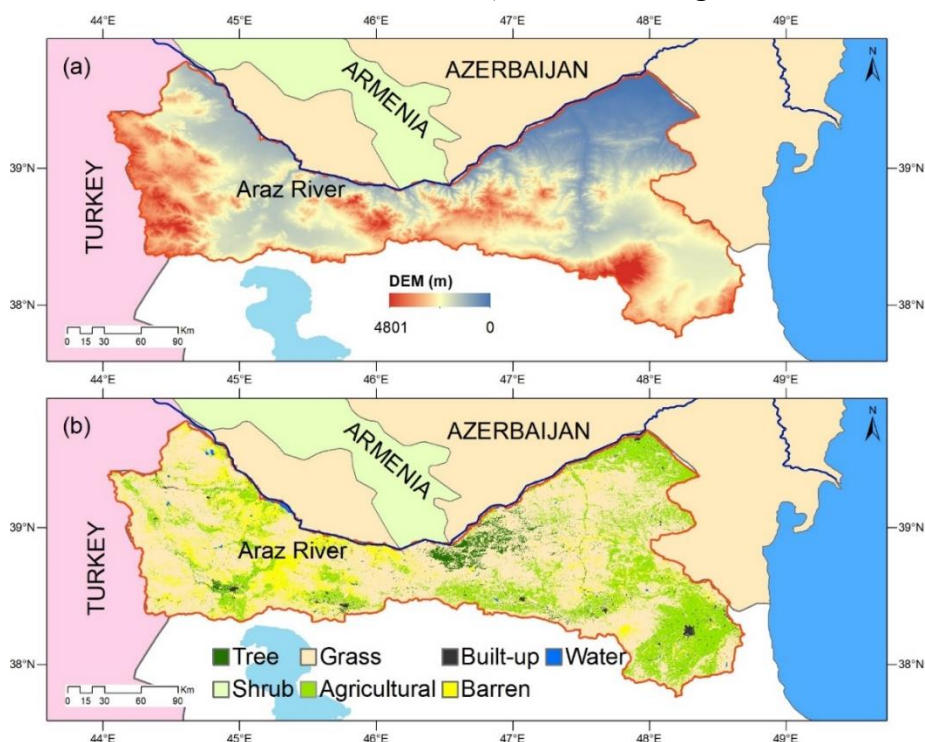
شده است. این حوضه، سه استان آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل را در بر میگیرد و زیرمجموعه حوضه دریای خزر است. مدل رقومی ارتفاع (DEM)^۵ با استفاده از رادار شاتل ناسا (SRTM)^۶ نشان می‌دهد که تراز ارتفاعی منطقه بین صفر تا ۴۸۰۱ متر بالاتر از سطح دریا (a.s.l.)^۷ تغییر می‌کند. رودخانه ارس که رودخانه اصلی این حوضه است، از کوه آرارات در ترکیه در ارتفاع ۵۱۱۱ متری سرچشمه می‌گیرد و در ارتفاع ۵۱ متری به دریای خزر می‌ریزد. شکل ۱(ب) نقشه کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که از آژانس فضایی اروپا - ESA^۸ (۲۰۲۱) استخراج شده است و نشان می‌دهد که کشاورزی جزو کاربری‌های مهم می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه بر اساس داده‌های ماهواره CHIRPS بین ۲۳۰ تا ۹۵۰ میلی‌متر متغیر بوده که مقادیر پایین‌تر در زمینهای پست و مقادیر بالاتر در ارتفاعات مشاهده می‌شود (۱۳۷۰-۱۴۰۲). همچنین میانگین بارش سالانه برای کل حوضه ۴۳۴ میلیمتر در سال است (۱۳۷۰-۱۴۰۲).

توزیع مکانی ایستگاه‌ها و در نتیجه عدم در نظر گیری میکرو اقلیم‌های موجود در منطقه مطالعه است. این محدودیت می‌تواند با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تاحد زیادی مرتفع گردد. روش شناسی ارائه شده محاسبه شاخص CSI برای کشت دیم گیاهان دارویی شامل کور، گل محمدی، سرخارگل و اسطوخودوس در حوضه آبریز ارس استفاده شده که می‌تواند تأثیر مهمی در کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی داشته باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز ارس (آراز) بخش‌هایی از کشورهای ترکیه، ارمنستان، ایران و جمهوری آذربایجان را شامل می‌شود. مساحت کل این حوضه ۹۵۷۳۹ کیلومتر مربع است که از این مساحت ۳۹۵۳۲ کیلومتر مربع در ایران واقع شده است (شکل ۱-الف). سیستم مختصات شکل ۱ بر اساس سیستم مختصات Universal Transverse Mercator واقع در ناحیه ۳۸ ترسیم



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه: (الف) موقعیت جغرافیایی، (ب) نقشه کاربری اراضی.

Figure 1- Study area: (a) geographical location; (b) land use map.

ادغام لایه‌های گنجانیده شده به‌عنوان متغیرهای

تأثیرگذار، امکان ارزیابی جامع CSI را فراهم می‌کند. هر متغیر

داده‌ها و منابع

⁷ above sea level

⁸ European Space Agency

⁵ Digital Elevation Model

⁶ Shuttle Radar Topography Mission

با توجه به تأثیر آن بر بهره‌وری کشاورزی، با دقت انتخاب گردیده و اطمینان حاصل شده که CSI منعکس کننده شرایط اقلیمی است. لایه داده‌هایی که در محاسبه CSI مورد استفاده قرار گرفته شامل بارش متوسط سالانه و دمای دوره رشد است. جدول ۱ ویژگی‌های لایه داده‌ها شامل منابع، ارائه‌دهندگان، قدرت تفکیک مکانی و دوره‌های زمانی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- منابع و ویژگی‌های لایه داده‌های ادغام شده

Table 1 - Sources and features of the aggregated data layer

Data Layer	Source	Provider	Resolution	Time period	Reference
Prcp	CHIRPS	UCSB, CHG	5566 m	1992-1-1 2024-1-1	Chris et al. (2015)
Temp	ERA5	Daily Aggregates: Google and Copernicus Climate Data Store	11132 m	1992-1-1 2024-1-1	Muñoz Sabater (2019)

خوشه‌بندی فازی برای تعیین CSI استفاده شده و عدم قطعیت با استفاده از درجه عدم عضویت در خوشه انتخاب شده بررسی می‌گردد.

درون‌یابی

در این مطالعه از روش وزن‌دهی با فاصله معکوس (IDW^9) برای درون‌یابی مکانی خروجی‌های خوشه‌بندی فازی در وضوح مشخص استفاده شده است. IDW میانگین نقاط نمونه از مکان‌های اطراف را برای هر نقطه ناشناخته محاسبه می‌کند، بر اساس این اصل که تأثیر هر نقطه با فاصله کاهش می‌یابد که به قانون توان معکوس نیز معروف است (Isaaks and Srivastava., 1989).

معرفی چهار گونه از گیاهان دارویی و متغیرهای اقلیمی مورد نیاز این گیاهان

کور (کبر)

جنس (Capparis) از تیره Capparaceae در ایران پنج گونه را دارا است که در مناطق خشک و نیمه خشک و کویری انتشار دارند. در میان این گونه‌ها *Capparis spinosa* L. با نام فارسی کُور بیشترین پراکنش را در کشور ایران دارد و به صورت خودرو در شکاف صخره‌ها، در بالای دیوارهای گلی، مناطق مخروطه و به طور کلی در هر خاکی با حداقل مواد غذایی رشد می‌کند. کُور تابستان‌های با دمای بیش از ۴۰ درجه سلسیوس و زمستان‌های تا ۸- درجه سلسیوس را به خوبی تحمل می‌کند. این گیاه در مناطق خشک با بارندگی کم از خاک

روش خوشه‌بندی فازی

خوشه‌بندی فازی تکنیکی است که به طور گسترده ای در تجزیه و تحلیل داده‌ها و یادگیری ماشین مورد استفاده قرار گرفته و داده‌ها را با در نظر گیری عدم قطعیت به خوشه‌ها طبقه بندی می‌کند. (Dunn and Bezdek (1980 توصیه نمودند که با استفاده از این تکنیک داده‌ها می‌توانند به خوشه‌های چندگانه تعلق داشته باشند و از تخصیص نرم به جای سخت مورد استفاده قرار گیرند. این فرآیند شامل چندین مرحله به شرح زیر است که در محیط متلب اجرا شده است. (i) مقداردهی اولیه: انتخاب تعداد خوشه‌ها و مقداردهی اولیه برای مراکز آن‌ها. (ii) محاسبه تابع عضویت: برای هر نقطه داده، یک تابع عضویت برای نشان دادن احتمال عضویت آن در هر خوشه محاسبه می‌شود که امکان احتمال‌های مختلف را در چندین خوشه فراهم می‌کند. (iii) محاسبه مرکز خوشه: به روز رسانی مراکز خوشه بر اساس توابع عضویت با به حداقل رساندن تابع هدف زیر (Bezdek, 2013):

$$Obj. Func. = \sum_{i=1}^C \sum_{j=1}^N \mu_{ij}^m D_{ij}^2 \quad (1)$$

که در آن n تعداد داده‌ها، C تعداد خوشه، m ماتریس پارتیشن فازی که میزان همپوشانی فازی را تنظیم می‌کند، D_{ij} فاصله داده j از خوشه i است؛ μ_{ij} درجه عضویت داده j در خوشه i است.

(iv) تکرار: تکرار مراحل ۲ و ۳ تا زمانی که تغییرات در مراکز خوشه ای و توابع عضویت تثبیت شود. در این مطالعه از

⁹ Inverse Distance Weighted

سرخارگل معمولاً متحمل به خشکی هستند و این گیاه برای رشد بهینه، نیاز به آفتاب کامل دارد؛ هر چند می‌تواند در محیط با نور کم (حدود ۵۰ درصد سایه) هم به‌خوبی رشد کند. سرخارگل در مرحله جوانه‌زنی، تحمل پایینی به تنش شوری دارد. این گیاه، اثر بسیار خوبی روی سیستم ایمنی بدن دارد، به‌طوری که موجب تقویت سیستم ایمنی از راه پیشگیری و درمان سرماخوردگی معمولی، سرفه، برونشیت و عفونت‌های ریوی می‌شود و مقاومت بدن را در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهد. همچنین مصرف آن به‌عنوان پیشگیری و درمان کمکی برای عفونت‌های مجاری تنفسی فوقانی، زخم‌ها و مارگزیدگی و نیز گزینه‌ای برای درمان بیماری ایدز اثبات شده است. جدول ۳ نیازهای اقلیمی برای کشت سرخارگل را نشان می‌دهد.

اسطوخودوس

اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) گیاهی است دارویی و زینتی، چندساله و خشبی، همیشه‌سبز، دارای ساقه چوبی و بوته‌ای شکل که در زمین‌های آهکی زیاد دیده می‌شود. اسطوخودوس دارای طبع گرم و خشک است و از فراورده‌های معطر گیاهی مورد استفاده در طب سنتی ایران است که اثرات آرام‌بخشی و ضد درد آن مورد تأکید دانشمندان ایران زمین همچون رازی و بوعلی‌سینا بوده است. همچنین مصرف دو بار در روز جوشانده اندام هوایی خشک شده اسطوخودوس به درمان افسردگی در بیماران کمک می‌کند. اسطوخودوس از گیاهان سازگار با مناطق خشک و نیمه‌خشک است. این گیاه در طول رویش به نور فراوان، هوای گرم و رطوبت کم نیاز دارد. از روش‌های تکثیر آن می‌توان به قلمه‌زدن، خوابانیدن کپه‌ای و کشت بذر اشاره کرد. زمان مناسب کاشت این گیاه به‌صورت قلمه با شروع فصل بهار و از بین رفتن سرمای زمستانه و به صورت بذر در آذر ماه یا نیمه دوم اسفند اقدام به کشت بذر می‌کنند. متوسط دمای دوره رشد این گیاه مابین ۱۸ الی ۲۵ درجه سلسیوس می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی). جدول ۲ نیازهای اقلیمی برای کشت اسطوخودوس را نشان می‌دهد.

محافظت کرده و یک محافظ واقعی در کنترل فرسایش خاک است و می‌تواند برای احیای خاک‌های کم شور، خاک‌های آهکی و زمین‌های مزروعی و حفاظت از مناطق تخریب شده مورد استفاده قرار گیرد. در طب سنتی ایران این گیاه برای درمان رماتیسم، التهاب، امراض کبدی و کم‌خونی استفاده می‌شود (خوش‌سیما و همکاران، ۱۳۹۶). جدول ۳ نیازهای اقلیمی برای کشت کور را نشان می‌دهد.

گل محمدی

گل محمدی با نام علمی (*Mill Rosa damasena*) گیاهی نورپسند است ولی نیاز ارقام و واریته‌های مختلف آن به نور متفاوت بوده و کمبود نور کافی از عوامل مهم بازدارنده رشد گیاه محسوب می‌شود. pH مناسب خاک برای کشت گل محمدی حدود ۶ تا ۵/۷ است. کشت ارقام مختلف در خاک‌های برخوردار از بافت سبک، مانند خاک‌های شن‌لومی نتایج بهتری را به‌همراه دارد. خاک‌هایی که برای کشت گل محمدی در نظر گرفته می‌شوند، باید غنی از مواد و عناصر غذایی و همچنین مواد آلی باشد. خاک‌های دارای بافت سنگین برای کشت این گیاه مناسب نیستند. همچنین در مناطقی که میانگین بارندگی سالانه از ۲۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد کشت دیم آن امکان‌پذیر است. از گل محمدی در صنایع غذایی و آشامیدنی شامل: انواع نوشیدنی‌ها، شیرینی‌جات، پودینگ، ژله‌ها، دسرها، مربا و گل آرای، تهیه بالشک‌های خوشبو و تزئین سبدهای خشک استفاده می‌شود. این گیاه دارای خواص درمانی است و در صنعت عطر سازی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (رزمجو و همکاران، ۱۳۹۵). جدول ۳ نیازهای اقلیمی برای کشت گل محمدی را نشان می‌دهد.

سرخارگل

سرخارگل از جنس اکیناسه (*Echinacea*) و از خانواده کاسنی (*Asteraceae*) است. ریشه کلمه *Echinacea*، کلمه یونانی اکینوز (*Echinos*) به معنی خارپشت دریایی یا جوجه‌تیغی است که به‌علت شباهت نهنج مخروطی شکل و نوک‌های خاردار براکته (حلقه زیر گل) در گل‌های آن می‌باشد. این گیاه علفی، چندساله و بومی قاره آمریکای شمالی است که به‌صورت جمعیت‌های طبیعی در غرب کوه‌های راکی در آمریکا تا آلبرتا، جنوب کانادا و خلیج مکزیک یافت می‌شود. گونه‌های

جدول ۲- متغیرهای اقلیمی برای کشت گیاهان دارویی.

Table 2- Climatic variables for cultivating medicinal plants.

NO	Plant name	Growth period	Optimum growth temperature (degrees Celsius)	Minimum annual rainfall required (mm)
1	<i>Capparis spinosa L</i>	Early March to early October	-8-50	200-300
2	<i>Mill Rosa damasena</i>	Early April to mid-July	15-22	250-375
3	<i>Echinacea</i>	Early March to early October	18-26	300-400
4	<i>Lavandula angustifolia</i>	Mid-April to late September	18-25	300-400

نتایج و بحث

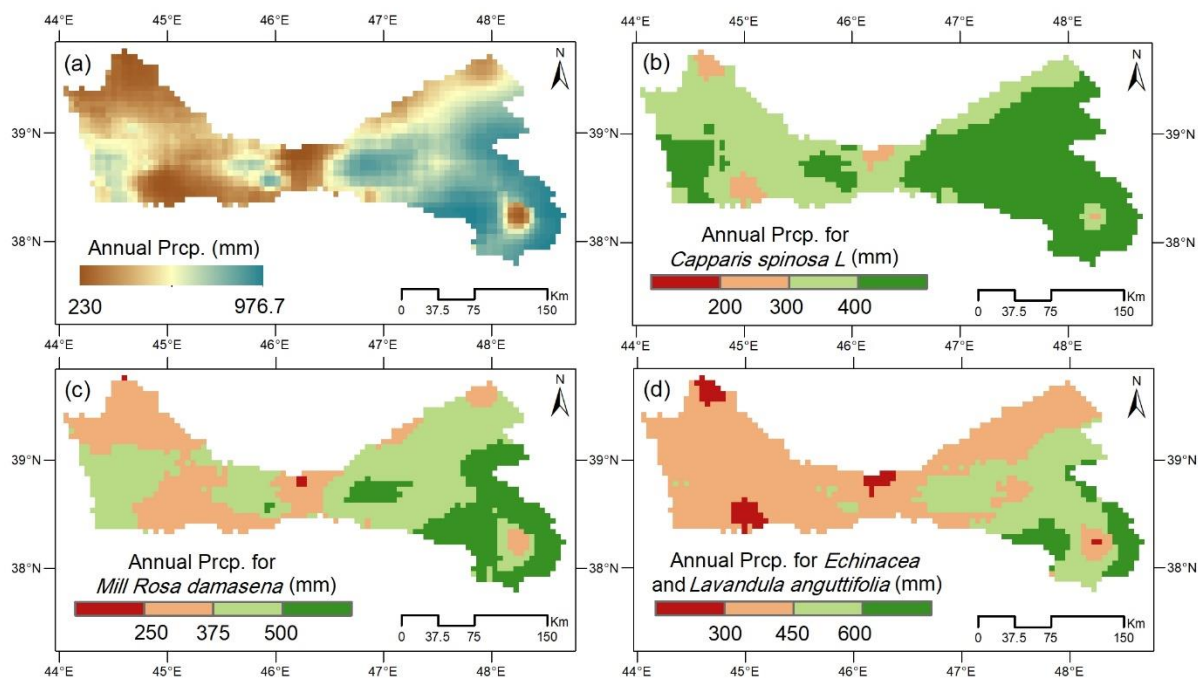
متغیرهای اقلیمی بارش برای گیاهان دارویی

در محدوده ۲۵۰ تا ۳۷۵ میلیمتر متغیر است. با این حال حداقل مقدار بارش مورد نیاز در تمامی بخش‌ها تامین می‌شود. در شکل ۲- د بارش سالانه مورد نیاز سرخارگل و اسطوخودوس به چهار کلاس تقسیم‌بندی شده است. حداقل بارش مورد نیاز این دو گیاه نیز ۳۰۰ میلیمتر در سال بوده که در این شکل بیشتر نواحی مورد بررسی حوضه در محدوده ۳۰۰ تا ۴۵۰ میلیمتر متغیر بوده و بخش‌هایی در نیمه شرقی بارش بیشتر از ۴۵۰ میلیمتر بوده است. با این حال بر اساس این شکل تقریباً تمامی بخش‌های حوضه جوابگوی حداقل بارش مورد نیاز سالانه این دو گیاه می‌باشد.

متغیرهای اقلیمی دما برای گیاهان دارویی

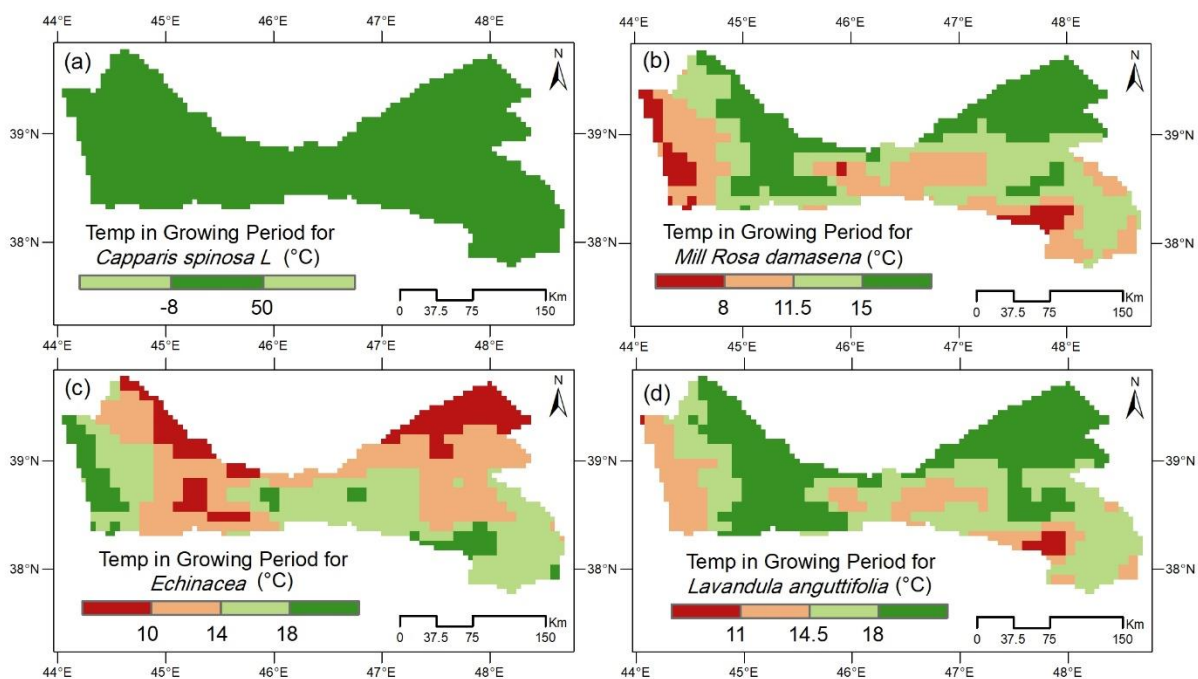
شکل ۳-الف توزیع دمای هوا بر اساس پایگاه داده ERA5 بر حسب درجه سلسیوس منطبق بر دوره رشد کور را نشان می‌دهد. مطابق این شکل دمای هوا در این دوره در بازه ۵/۵ تا ۲۱/۲ درجه متغیر است. دوره رشد کور منطبق بر اوایل اسفند تا اوایل مهر بوده و مقدار دمای مورد نیاز در بازه ۸- تا ۵۰ درجه متغیر است. با توجه به این طیف وسیع دمایی، این گیاه مقاوم به تغییرات دمایی بوده و تمامی بخش‌های حوضه جوابگوی نیاز دمایی دوره رشد خواهد بود.

شکل ۲- الف توزیع مکانی بارش سالانه بر اساس پایگاه داده CHIRPS را بر حسب میلیمتر در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ نشان می‌دهد. با توجه به اینکه دوره‌های رشد و مقدار بارش مورد نیاز هر دوره برای گیاهان دارویی مشخص نیست و تحقیقات جامعی در این زمینه وجود ندارد، بارش سالانه معیار ارزیابی قرار گرفته است. در شکل ۲(ب) بارش سالانه مورد نیاز گیاه کور در چهار کلاس تقسیم بندی شده است. حداقل مقدار بارش سالانه مورد نیاز ۲۰۰ میلیمتر در سال بوده که بر اساس این شکل کل محدوده حوضه جوابگوی این مقدار است. با این حال بارش‌های بیش از ۴۰۰ میلیمتر در نیمه شرقی حوضه غالب بوده و در نیمه غربی بارش در محدوده ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلیمتر متغیر است. در شکل ۲- ج بارش مورد نیاز سالانه برای کشت گل محمدی به چهار کلاس تقسیم‌بندی شده است. حداقل بارش مورد نیاز سالانه برای این گیاه ۲۵۰ میلیمتر در سال بوده که بر اساس این شکل محدوده حوضه جوابگوی این مقدار بارش نیز هست. بر اساس این شکل نیز نیمه شرقی حوضه بارش بیشتر از ۳۷۵ میلیمتر بوده ولی در نیمه غربی بارش در قسمت چشمگیری از حوضه



شکل ۲- (الف) توزیع مکانی بارش سالانه؛ (ب تا د) تقسیم‌بندی بارش برای کشت گیاهان دارویی کور، گل محمدی، سرخارگل و اسطوخودوس.

Figure 2- (a) Spatial distribution of annual precipitation; (b to d) Precipitation distribution for medicinal plant cultivation including *Capparis spinosa* L, *Mill Rosa damasena*, *Echinacea*, and *Lavandula angustifolia*.



شکل ۳- توزیع مکانی دمای هوا در دوره رشد و تقسیم‌بندی بر اساس دمای مورد نیاز برای (الف) کور، (ب) گل محمدی، (ج) سرخارگل، (د) اسطوخودوس.

Figure 3 - Spatial distribution of temperature during the growing period and classification based on the temperature required for (a) *Capparis spinosa* L, (b) *Mill Rosa damasena*, (c) *Echinacea*, (d) *Lavandula angustifolia*.

شکل ۳- ب تغییرات مکانی دمای هوا بر اساس پایگاه داده ERA5 منطبق بر دوره رشد گل محمدی را در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ بر حسب درجه سلسیوس نشان می‌دهد. باتوجه به این شکل دمای هوا در بازه ۳/۷ تا ۱۹/۹ سلسیوس متغیر است. شایان ذکر است دوره رشد گل محمدی بر اوایل فروردین تا اواسط تیر منطبق بوده و مقدار دمای مطلوب در

زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ برحسب درجه سلیسیوس نشان می‌دهد. بر اساس این شکل دمای هوا در دوره رشد این گیاه در بازه ۸/۳ تا ۲۴/۴ متغیر است. لازم به ذکر است دوره رشد اسطوخودوس بر اواسط فروردین الی اواخر شهریور منطبق بوده و بازه دمایی مطلوب بین ۱۸ تا ۲۵ درجه قرار دارد. تقسیم‌بندی دمایی را در چهار کلاس نشان می‌دهد که دمای مطلوب با رنگ سبز نشان داده شده است.

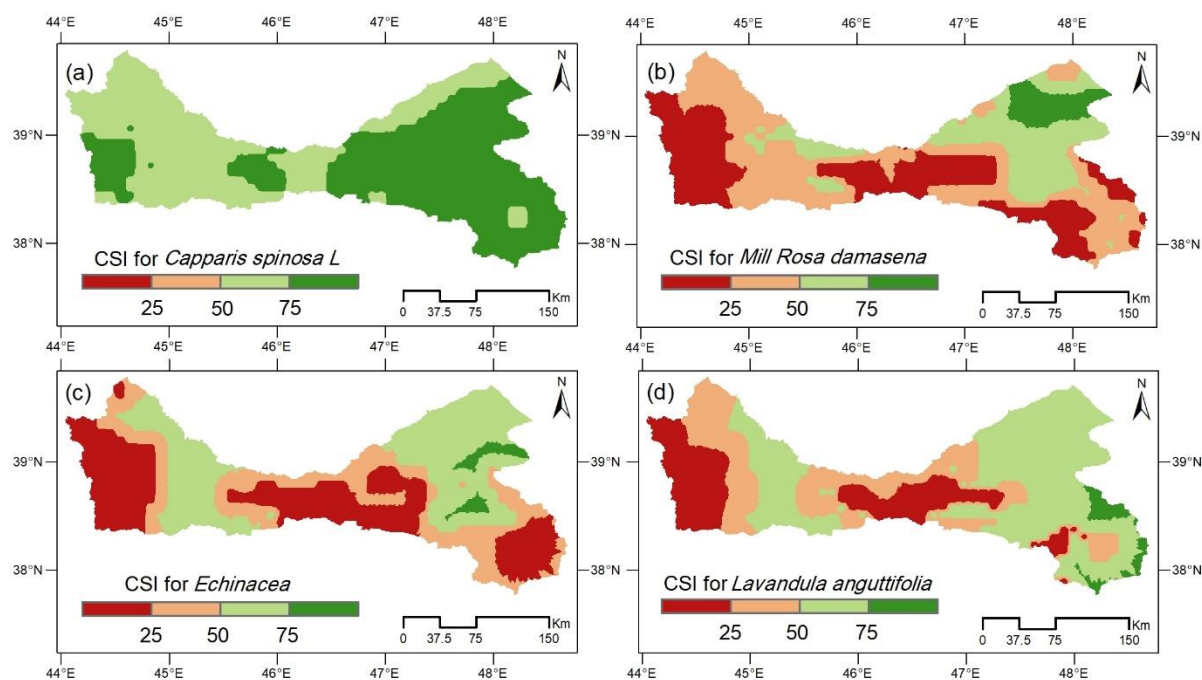
پتانسیل کشت گیاهان دارویی و بررسی عدم قطعیت

شکل ۴-الف توزیع مکانی پتانسیل کشت کور از دیدگاه اقلیمی شامل بارش مورد نیاز سالانه و دمای مورد نیاز دوره رشد را نشان می‌دهد. عبارت پتانسیل کشت از منظر اقلیم در ادامه تناسب اقلیمی خوانده خواهد شد. نتایج این شکل با استفاده از روش خوشه بندی فازی محاسبه شده است. بر اساس این شکل نیمه شرقی حوزه پتانسیل بالاتری نسبت به نیمه غربی دارد. شکل ۵-الف عدم قطعیت خوشه‌بندی را نشان می‌دهد که با توجه به عدم تغییرات چشمگیر پارامترهای اقلیمی، تغییری در توزیع عدم قطعیت مشاهده نمی‌شود.

بازه ۱۵ الی ۲۲ درجه سلیسیوس قرار دارد. بر اساس شکل بخش‌های شمالی در نیمه شرقی حوزه و بخش‌هایی در شمال و مرکز در در نیمه غربی در این محدوده جای دارد (ناحیه سبز رنگ). با حرکت به سمت قسمت‌های جنوبی و غربی حوزه از دمای مطلوب فاصله گرفته می‌شود.

شکل ۳-ج نقشه مکانی دمای هوا بر اساس پایگاه داده ERA5 منطبق با دوره رشد گیاه سرخارگل را در بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ نشان می‌دهد. باتوجه به این شکل مشاهده می‌شود دمای هوا در بازه ۵/۵ تا ۲۱/۲ تغییر می‌کند. شایان ذکر است دوره رشد سرخارگل منطبق بر اوایل اسفند الی اوایل مهر بوده و دمای مطلوب در بازه ۱۸ الی ۲۶ درجه تغییر می‌کند. در شکل تغییرات دمای هوا در چهار کلاس تقسیم‌بندی شده و دمای مطلوب با رنگ سبز نشان داده شده است. مطابق این نقشه با حرکت به بخش‌های جنوبی و غربی پتانسیل دمایی به شدت کاهی می‌یابد.

شکل ۳-د نقشه تغییرات مکانی دمای هوا براساس پایگاه داده ERA5 منطبق با دوره رشد اسطوخودوس را در بازه



شکل ۴- پتانسیل اقلیمی کشت بر اساس روش خوشه‌بندی فازی برای (الف) کور، (ب) گل محمدی، (ج) سرخارگل، (د) اسطوخودوس.

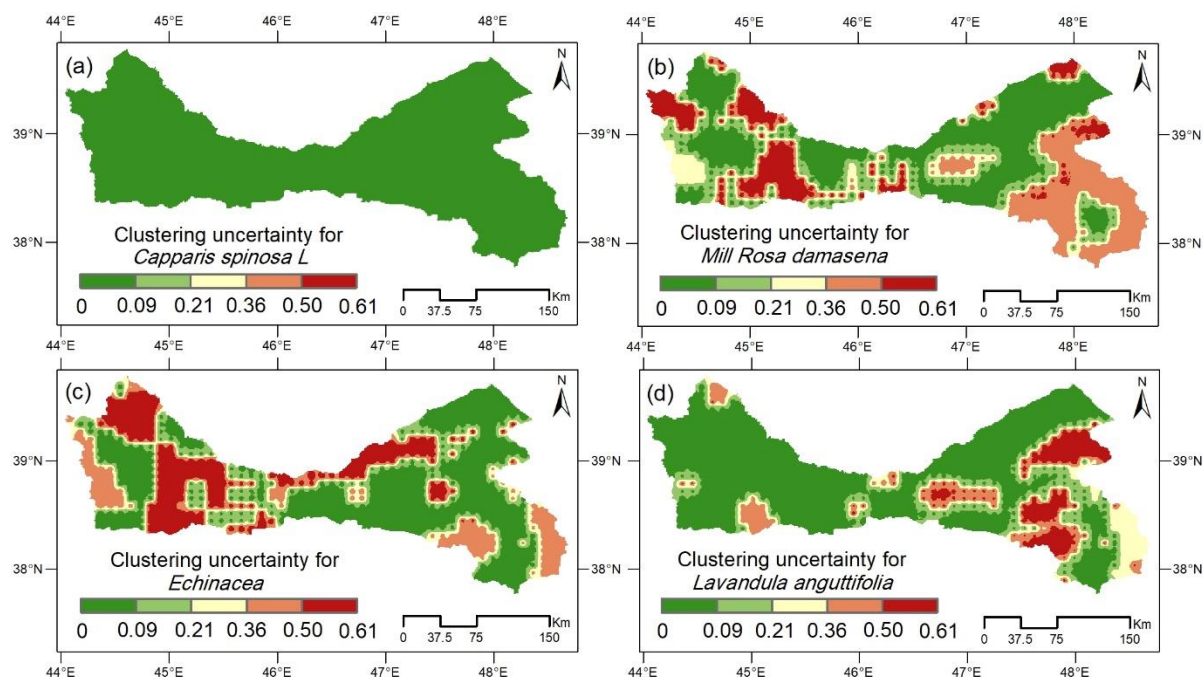
Figure 4 - Climatic potential of cultivation based on fuzzy clustering method for (a) *Capparis spinosa* L, (b) *Mill Rosa damasena*, (c) *Echinacea*, (d) *Lavandula angustifolia*.

شکل ۴- ب توزیع مکانی تناسب اقلیمی (شامل بارش سالانه و دمای دوره رشد) گل محمدی را بر اساس روش خوشه بندی فازی نشان می دهد. بر اساس این شکل در نیمه شرقی پتانسیل کشت بین ۵۰ تا ۷۵ درصد بوده و در نیمه غربی بیشترین پتانسیل کشت در محدوده ۲۵ تا ۵۰ درصد متغیر است. شکل ۵- ب مقدار عدم قطعیت کلاسه بندی تناسب اقلیمی را نشان می دهد که بر اساس این شکل در نیمه شرقی عدم قطعیت نسبت به نیمه غربی کمتر است.

شکل ۴- ج توزیع مکانی تناسب اقلیمی (شامل بارش سالانه و دمای دوره رشد) سرخارگل را بر اساس روش خوشه بندی فازی نشان می دهد. بر اساس این شکل در نیمه شرقی تناسب اقلیمی در محدوده بیش از ۵۰ درصد قرار دارد. در نیمه غربی کمتر از نیمه شرقی است.

شکل ۴- د تناسب اقلیمی (شامل بارش سالانه و دمای دوره رشد) اسطوخودوس با استفاده از روش خوشه بندی فازی ارائه شده است. بر اساس این شکل طیف وسیعی از نواحی حوضه در نیمه شرقی دشت در کلاس بالای ۵۰ درصد قرار گرفته است. همچنین در نیمه غربی در محدوده بالای ۵۰ درصد قرار دارد. شکل ۵- د نیز میزان عدم قطعیت کلاس های تناسب اقلیمی را نشان می دهد که در نیمه غربی مقدار عدم قطعیت کمتر از نیمه شرقی است.

شکل ۴- ج توزیع مکانی تناسب اقلیمی (شامل بارش سالانه و دمای دوره رشد) سرخارگل را بر اساس روش خوشه بندی فازی نشان می دهد. بر اساس این شکل در نیمه شرقی تناسب اقلیمی در محدوده بیش از ۵۰ درصد قرار دارد. در نیمه غربی



شکل ۵- عدم قطعیت خوشه بندی برای (الف) کور، (ب) گل محمدی، (ج) سرخارگل، (د) اسطوخودوس.

Figure 4 - Clustering uncertainty for (a) *Capparis spinosa* L, (b) *Mill Rosa damasena*, (c) *Echinacea*, (d) *Lavandula angustifolia*.

تحلیل اقتصادی بر مبنای تحلیل سودآوری

تحلیل اقتصادی کشت گیاهان به عنوان یکی از جنبه های کلیدی در مدیریت کشاورزی و بهینه سازی تولیدات غذایی، نقش اساسی در برنامه ریزی و تصمیم گیری های اقتصادی ایفا می کند. تحلیل اقتصادی کشت گیاهان نه تنها برای کشاورزان بلکه برای سیاست گذاران و برنامه ریزان اقتصادی نیز اهمیت دارد. در دنیای امروز، جایی که تغییرات آب و هوایی، نوسانات

قیمت ها و نیاز به منابع پایدار به چالش های جدیدی تبدیل شده اند، انجام تحلیل های دقیق هزینه و درآمد می تواند به کشاورزان و مدیران کمک کند تا به بهترین نتایج ممکن دست یابند. از سوی دیگر، بررسی هزینه ها و درآمدها به کشاورزان این امکان را می دهد که استراتژی های بهینه تری را برای مدیریت منابع خود انتخاب کنند. با تحلیل دقیق هزینه ها، کشاورزان می توانند الگوهای مصرف آب، کود و سایر نهاده ها

فروش محصول به ازای یک کیلوگرم به صورت متوسط در نظر گرفته شده است.

براساس این جداول بالاترین نسبت سودآوری (نسبت درآمد به هزینه) مربوط به اسطوخودوس در سال چهارم برابر ۱۲/۶، سپس سرخارگل از سال دوم به بعد برابر ۵/۳ است. در بررسی گل محمدی نیز مقدار این نسبت در سال چهارم ۱/۶ و در سال هشتم ۴/۴ تخمین زده شد. در بررسی های اقتصادی فاکتورهایی نظیر استراتژیک بودن محصول و میزان مصرف آب نیز باید در نظر گرفته شود. در حالت کلی کشت گیاهان دارویی با توجه به دارا بودن نسبت سود به هزینه بالاتر و نیاز آبی کمتر پتانسیل بسیار بالایی برای سرمایه گذاری در منطقه دارند.

را بررسی کرده و به کاهش هزینه ها و افزایش بازدهی تولید بپردازند. بهره گیری از این تحلیل ها در سطح کلان می تواند شناسایی فرصت های سرمایه گذاری، به بهبود کیفیت زندگی در مناطق روستایی و افزایش امنیت غذایی کمک نماید.

پس از بررسی امکان سنجی کشت گیاهان دارویی، به تحلیل اقتصادی این محصولات بر مبنای هزینه و درآمد پرداخته می شود. در جداول ۳ تا ۵ نتایج حاصل از تحلیل سودآوری به تفکیک برای هر محصول ارائه شده است. لازم به ذکر است هزینه ها و درآمدهای ارائه شده در این جدول بر اساس شرایط اقتصادی سال ۱۴۰۳ به ازای هر هکتار محاسبه شده است. همچنین در محاسبه هزینه های ارائه شده، هزینه مربوط به اجاره زمین در نظر گرفته نشده است. متغیرهای تأثیرگذار در محاسبات نظیر مقادیر توان تولید به ازای هر هکتار یا قیمت

جدول ۳- تحلیل اقتصادی مبتنی بر هزینه و درآمد برای سرخارگل.

Table 3 - Economic analysis based on costs and revenues for *Echinacea*.

Cost (planting, growing and harvesting)	Type of income or expense
$3,000 \text{ kg/ha} \times 240,000 \text{ toman} = 720,000,000 \text{ toman}$	Income from the second year onwards (flowers and leaves)
134,000,000 toman	Cost (purchase of seedlings, plowing, fertilization and harvesting)
$\frac{720,000,000}{134,000,000} = 5.3$	Profitability ratio

جدول ۴- تحلیل اقتصادی مبتنی بر هزینه و درآمد برای گل محمدی.

Table 4 - Economic analysis based on costs and revenues for *Mill Rosa damasena*.

Cost (planting, growing and harvesting)	Type of income or expense
$1,000 \text{ kg/ha} \times 85,000 \text{ toman} = 85,000,000 \text{ toman}$	First year income (flowers and leaves)
$2,500 \text{ kg/ha} \times 85,000 \text{ toman} = 212,500,000 \text{ toman}$	Second year income (flowers and leaves)
$4,500 \text{ kg/ha} \times 85,000 \text{ toman} = 382,500,000 \text{ toman}$	Third year income (flowers and leaves)
$5,500 \text{ kg/ha} \times 85,000 \text{ toman} = 467,500,000 \text{ toman}$	Fourth year income (flowers and leaves)
$15,000 \text{ kg/ha} \times 85,000 \text{ toman} = 1,275,000,000 \text{ toman}$	Eighth year income (flower and leaf)
330,000,000 toman	Cost for the first year (purchase of seedlings, plowing, fertilizing and harvesting)
290,000,000 toman	Cost for the second year onwards (plowing, fertilizing and harvesting)
$\frac{85,000,000}{330,000,000} = 0.26$	Profitability ratio in the first year
$\frac{212,500,000}{290,000,000} = 0.73$	Profitability ratio in the second year
$\frac{382,500,000}{290,000,000} = 1.3$	Profitability ratio in the third year
$\frac{467,500,000}{290,000,000} = 1.61$	Profitability ratio in the fourth year
$\frac{1,275,000,000}{290,000,000} = 4.4$	Profitability ratio in the eighth year

جدول ۵- تحلیل اقتصادی مبتنی بر هزینه و درآمد برای اسطوخودوس.

Table 4 - Economic analysis based on costs and revenues for *Lavandula angustifolia*.

Cost (planting, growing and harvesting)	Type of income or expense
$600 \text{ kg/ha} \times 280,000 \text{ toman} = 168,000,000 \text{ toman}$	First year income
$1,700 \text{ kg/ha} \times 280,000 \text{ toman} = 476,000,000 \text{ toman}$	Second year income
$3,200 \text{ kg/ha} \times 280,000 \text{ toman} = 896,000,000 \text{ toman}$	Third year income

$3,700 \text{ kg/ha} \times 280,000 \text{ toman} = 1,036,000,000 \text{ toman}$	Fourth year income
144,400,000 toman	First year costs (purchase of seedlings, plowing, fertilization, irrigation and harvesting)
81,900,000 toman	Costs for the second to fourth years (plowing, fertilizing, irrigation, and harvesting)
$\frac{168,000,000}{144,400,000} = 1.2$	First year profitability ratio
$\frac{476,000,000}{81,900,000} = 5.8$	Second year profitability ratio
$\frac{896,000,000}{81,900,000} = 10.9$	Third year profitability ratio
$\frac{1,036,000,000}{81,900,000} = 12.6$	Fourth year profitability ratio

نتیجه گیری

نسبت در سال چهارم ۱/۶ و در سال هشتم ۴/۴ تخمین زده شد. در بررسی‌های اقتصادی فاکتورهایی نظیر استراتژیک بودن محصول و میزان مصرف آب نیز باید در نظر گرفته شود. بنابراین کشت گیاهان دارویی با توجه به دارا بودن نسبت سود به هزینه بالا و نیاز آبی کم پتانسیل بسیار بالایی برای سرمایه‌گذاری در منطقه دارند.

به‌صورت کلی جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی نقش مهمی در توسعه یک شاخص جامع برای ارزیابی کشت گیاهان دارد. هنگام ارزیابی پتانسیل کشت گیاهان، ملاحظات اقتصادی مانند تقاضای بازار میتواند در تعیین اینکه کدام گونه‌ها برای بررسی بیشتر اولویت دارند، بسیار مهم باشد. با درک اهمیت اقتصادی این گیاهان، سیاستگذاران میتوانند تصمیمات آگاهانه در مورد تخصیص منابع اتخاذ کنند. از دیدگاه زیست محیطی، تشخیص تأثیر بالقوه گیاهان معرفی شده بر گونه‌ها و اکوسیستم‌های بومی ضروری است. برخی از گونه‌های گیاهی ممکن است رفتار تهاجمی از خود نشان داده، با گیاهان بومی رقابت نموده و تعادل اکولوژیکی را مختل کنند. بنابراین، ارزیابی دقیق تهاجم بالقوه یک گیاه برای حفاظت از تنوع زیستی و پایداری یک منطقه ضروری است. یکی دیگر از جنبه‌های زیست محیطی که در ارزیابی گیاه باید مورد توجه قرار گیرد، کیفیت و بافت خاک است. ویژگی‌های خاک میتواند به طور قابل توجهی بر رشد و بقای گیاهان و مناسب بودن کلی آنها برای یک محیط خاص تأثیر بگذارد. با در نظر گرفتن شرایط خاک، محققان میتوانند محدودیت‌ها و فرصت‌های گونه‌های گیاهی در یک زیستگاه را بهتر درک کنند که منجر به ارزیابی کامل‌تر و جامع‌تر می‌شود. از جمله پیشنهادات برای مطالعات آینده می‌توان به تأثیر تغییر اقلیم بر کشت گیاهان

در این پژوهش تناسب اقلیمی گیاهان دارویی شامل کور، گل محمدی، سرخارگل و اسطوخودوس در پهنه حوضه آبریز ارس برای شناسایی مناطق مستعد برای سرمایه‌گذاری در تولید این گیاهان ارزیابی شده است. متغیرهای اقلیمی شامل بارش سالانه و دمای دوره رشد بوده و تمامی داده‌های اقلیمی توسط داده‌های ماهواره‌ای استخراج شده است. برای مقادیر بارش مورد نیاز، زمان دوره رشد و مقدار دمای مورد نیاز در این دوره از توصیه‌های موجود در نشریه‌های جهاد کشاورزی استفاده شده و از روش خوشه‌بندی فازی برای استخراج تناسب اقلیمی استفاده شده است.

در ارزیابی تناسب اقلیمی گیاهان دارویی مشاهده شد کور سازگاری اقلیمی بیش از ۷۵ درصد در نیمه شرقی حوضه آبریز و بیش از ۵۰ درصد در نیمه غربی دارد. تناسب اقلیمی گل محمدی در نیمه شرقی حوضه در کلاس بیش از ۵۰ و ۷۵ درصد قرار گرفته است. نیمه غربی حوضه در کلاسهای زیر ۵۰ درصد واقع شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از تناسب اقلیمی سرخارگل و اسطوخودوس مشاهده شد که در بخش‌هایی در هر دو بخش نیمه شرقی و غربی کلاس‌های بین ۵۰ تا ۷۵ درصد مشاهده می‌شود. به طور خلاصه ترتیب کور، اسطوخودوس، سرخارگل و گل محمد را می‌توان به عنوان ترتیب تناسب اقلیمی برای کشت این گیاهان در نظر گرفت.

در تحلیل اقتصادی نسبت سودآوری می‌تواند راهنمای مناسبی برای انتخاب محصول برای سرمایه‌گذاری باشد. بر اساس نتایج مربوط به مقادیر این نسبت مشخص گردید این نسبت برای اسطوخودوس در سال چهارم ۱۲/۶، برای سرخارگل از سال دوم به بعد ۵/۳ است. در بررسی گل محمدی نیز مقدار این

کلاتری، م.، صادقی اقدام، ف.، کاکای، م.، اسدزاده، ف.،
بایزیدی، م.، ۱۴۰۳. بررسی آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی
دشت دهگلان با روش های مختلف بر مبنای تغییرات پوشش
گیاهی. هیدروژئولوژی، ۹(۱): ۱۴۷-۱۶۳.

Alikhah Asl, M., Moameri, M., Naseri, D.,
Meftahi, S., 2021. Land suitability classification for
development of Ziziphora tenuior using ANP Fuzzy at
Ardabil province Iran. Journal of Rangeland, 15(1):
156-167. (In persion)

Asigbaase, M., Adusu, D., Anaba, L., Abugre, S.,
Kang-Milung, S., Acheamfour, S. A., Ackah, D. K.,
2023. Conservation and economic benefits of
medicinal plants: Insights from forest-fringe
communities of Southwestern Ghana. Trees, Forests
and People, 14: 100462.

Bezdek, J. C., Ehrlich, R., Full, W., 1984. FCM:
The fuzzy c-means clustering algorithm. Comput and
Geosci, 10: 191-203.

Bezdek, J. C., 2013. Pattern recognition with
fuzzy objective function algorithms. SSBM.

Budak, M., Kılıç, M., Günal, H., Çelik, İ., Sırrı,
M., 2024. Land suitability assessment for rapeseed
potential cultivation in upper Tigris basin of Türkiye
comparing fuzzy and boolean logic. Ind Crops Prod,
208: 117806.

Golaki, M., Gharehchahi, E., Mahmoudi, N.,
Rashidi, M., Azhdarpoor, A., 2024. Assessing water
quality of kazerun county in southwest Iran: Multi-
analytical techniques, deterministic vs. probabilistic
water quality index, geospatial analysis, fuzzy C-
means clustering, and machine learning. Groundw.
Sustain. Dev., 27: 101336.

Das, M., Jain, V., Makhotra, S.K., 2016. Impact
of climate change on medicinal and aromatic plants:
Review. Indian J. Agric. Sci., 86(11): 1375-1382.

Harish, B.S., Dandin, S.B., Umesha, K., Sasanur,
A., 2012. Impact of climate change on medicinal
plants - A review. Anc. Sci. Life, 32(Suppl 1): 1-3.

Isaaks EH, Srivastava RM., 1989. Introduction to
Applied Geostatistics. Oxford University Press: New
York.

Kalantari, M., Sadeghi Aghdam, F., Kaki, M.,
Asadzadeh, F., Byzedi, M., 2024. The vulnerability
assessment of the aquifer of Dehgolan plain using
Different Methods Based on Vegetation Changes.
Hydrogeology, 9(1): 147-163. (In persion)

Khoshsima, E., Asri, Y., Bakhshi Khaniki, G.,
Adnani, S.M., 2017. Study of ecological
characteristics of some Capparis spinosa L. habitats in
Qom province. J. Plant Res., 30(3): 571-580. (In
persion)

دارویی و تلفیق جنبه های اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی
اشاره نمود.

سپاسگزاری

این مقاله با حمایت دانشگاه بناب تحت شماره قرارداد
(۱۴۰۳۱۶) انجام یافته است.

منابع

پورمیدانی، ع.، توکلی نکو، ح.، قمقما، م.، ۱۴۰۰.
پهنه بندی کشت چهار گونه دارویی در سطح دشت های
حوضه آبریز دریاچه نمک بر اساس شاخص های اقلیمی و
هیدرولوژیکی. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران،
۳۷(۱): ۱۶۲-۱۷۷.

تقی زاده، س.، نوید، ح.، فعله گری، ر.، فاخری فرد، ا.،
۱۳۹۲. تغییر الگوی کشت بهینه با توجه به ریسک و
محدودیت های جدید اعمالی شرکت آب منطقه ای استان
کردستان (مطالعه موردی مزرعه ۲۰۰ هکتاری در دشت
دهگلان). دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳(۱): ۷۱-۸۴.

خوش سیما، ا.، عصری، ی.، بخشی خانیکی، غ.، ادنانی،
س. م.، ۱۳۹۶. مطالعه ویژگی های اکولوژیکی گونه کُور
(Capparis spinosa L.) در برخی از رویشگاه های استان
قم. مجله پژوهش های گیاهی (مجله زیست شناسی
ایران) (علمی)، ۳(۳۰): ۵۷۱-۵۸۰.

رحیمی مقدم، س.، ۱۴۰۲. ارزیابی اکولوژیک کشت
گیاهان دارویی در مراتع مختلف استان لرستان. فصلنامه
علوم محیطی، ۲۱(۳): ۲۴۹-۲۶۶.

رزم جو، م.، شهبازی، ف.، جعفر زاده، ع. ا.، مقدم واحد،
م.، ۱۳۹۵. مکان یابی پهنه های مستعد کشت گل محمدی
(مطالعه موردی: ایستگاه تولید بذر گیاهان دارویی و صنعتی
سراب). نشریه دانش آب و خاک. ۲۶(۱): ۱۹۷-۲۱۲.

شیخ زاده، ع.، نخعی، م.، احمدی، ع.، ۱۴۰۳. راه کارهای
پیشنهادی مدیریت پایدار آب زیرزمینی در سطح ملی.
هیدروژئولوژی، ۸(۲): ۱۱۵-۱۳۶.

علی خواه اصلی، م.، معماری، م.، ناصری، د.، مفتاحی،
ش.، ۱۴۰۰. مکان یابی توسعه گیاه دارویی کاکوتی با استفاده
از روش ANP Fuzzy در حوزه آبخیز سبلان استان
اردبیل. مرتع، ۱۵(۱): ۱۵۶-۱۶۷.

of soil suitability for medicinal plants using machine learning methods *Sci. Rep.*, 14(1): 3741.

Sadeghfam, S., Saghayeshi, H., Moazamnia, M., 2024a. Mapping cultivation potential index of rainfed wheat from climatic perspective using Shannon entropy catastrophe scheme. *COMPUT ELECTRON AGR*, 217: 108616.

Sadeghfam, S., Rahmani, M. S., Moazamnia, M., Morshedloo, M. R., 2024b. Mapping climate suitability index for rainfed cultivation of medicinal plants by developing an AI-based probabilistic framework. *Sci. Rep.*, 14: 20413.

Sheikhzadeh, A., Nakhaei, M., Ahmadi, A., 2024. Suggested solutions for sustainable management of groundwater at the national level. *Hydrogeology*, 8(2): 115-136. (In persion)

Shen, T., Yu, H., Wang, Y. Z., 2021. Assessing the impacts of climate change and habitat suitability on the distribution and quality of medicinal plant using multiple information integration: Take *Gentiana rigescens* as an example. *Ecological Indicators*, 123: 107376.

Suganya, R., Shanthi, R., 2012. Fuzzy c-means algorithm-a review. *Int J Sci Res*, 2(11): 1.

Taghizadeh, S., Navid, H., fellegari, R., Fakheri fard, A., 2013. Changing of Optimum Cropping Pattern Analysis Considering Risk Factor and New Limitations of Kurdistan Regional Water Company (Case study: 200 Hectares of Farm Area in Dehgolan Field). *J. Agric. Sci. Sust. Prod.*, 23(1): 71-84. (In persion)

Viana, C. M., Freire, D., Abrantes, P., Rocha, J., Pereira, P., 2022. Agricultural land systems importance for supporting food security and sustainable development goals: A systematic review. *Sci. Total Environ.*, 806: 150718.

Zhang, L., Cao, B., Bai, C., 2016. Predicting suitable cultivation regions of medicinal plants with Maxent modeling and fuzzy logics: a case study of *Scutellaria baicalensis* in China. *Environ. Earth Sci.*, 75: 361.

Zadeh, L. A., 1978. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets Syst*, 1(1): 3-28.

Zhong, L., Wu, X., Ding, R., Wang, C., Li, L., Zhang, J., Zhong, S., 2025. Perspectives on the application of remote sensing technology in the cultivation of medicinal plants. *International Journal of Remote Sensing*, 1-34.

Matsui, K., Kageyama, Y., 2022. Water pollution evaluation through fuzzy c-means clustering and neural networks using ALOS AVNIR-2 data and water depth of Lake Hosenko, Japan. *Ecol. Inform.*, 70: 101761.

Mehrabi, P., Behdani, M.A., Tajbakhsh, S.M., Mahmoudi, S., 2014. Zoning of climatic potentials of cultivation of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) in Arak city. The 3rd National Congress on Organic and Conventional Agriculture, Ardebil, 20-21 August: 1-4.

Mirmohammadsadeghi, S.A., Alipoori, E., Alipour, A., 2019. Investigation of climatic adaptation of regions for *Rosa damascene* cultivation using network analysis method (case study: Isfahan province). *EWE*, 5(3): 264-275.

Peng, M., Liu, Y., Qadri, I. A., Bhatti, U. A., Ahmed, B., Sarhan, N. M., Awwad, E. M., 2024. Advanced image segmentation for precision agriculture using CNN-GAT fusion and fuzzy C-means clustering. *COMPUT ELECTRON AGR*, 226: 109431.

Pourhadian, H., 2017. Climatic zonation of rainfed cultivation of borage in Mazandaran province. The 1st National Conference of The role of medicinal plants in Resistive economy. Fereydunshahr, 27-28 April: 1-8.

Pourmeidani, A., Tavakoli Neko, H., Ghamghami, M., 2021. Zoning the plains of Salt Lake catchment for cultivation of four medicinal plant species based on climatic and hydrological indicators. *IJMAPR*, 37 (1): 162-177. (In persion)

Rahimi-Moghaddam, S., 2023. Ecological evaluation of cultivating medicinal plants in different rangelands of Lorestan Province. *Environ. Sci*, 21(3): 249-266 (In persion)

Rajagopal, M., Kayikci, S., Abbas, M., Sivasakthivel, R., 2024. A Novel Technique for Leaf Disease Classification Using Legion Kernels with Parallel Support Vector Machine (LK-PSVM) and Fuzzy C Means Image Segmentation. *Heliyon*.

Razmjoo, M., Shahbazi, F., Jafarzadeh, A.A., Moghadam Vahed, M., 2016. Site Speciation of Susceptible Strata for Damask Rose Cultivation (Case Study: Sarab Medicinal and Industrial Plants Seed Production Station), *JWSS*, 26(1): 197-212. (In persion)

Roopashree, S., Anitha, J., Challa, S., Mahesh, T. R., Venkatesan, V. K., Guluwadi, S., 2024. Mapping