مکان‌یابی توسعه گیاه دارویی کاکوتی (*Ziziphora tenuior*) با استفاده از روش ANP Fuzzy در حوزه آبخیز سبلان استان اردبیل

مرضیه علی‌خواه اصل*[۱]، مهدی معمری[۲]، داریوش ناصری[۳] و شهریار مفتاحی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۰/۲۵

چکیده

کشت و توسعه گیاهان دارویی، یک روش موثر جهت تامین تقاضای روزافزون برای گیاهان دارویی، جلوگیری از برداشت بیش از حد آنها و حفاظت از جمعیت‌های طبیعی و وحشی این گیاهان است. کاکوتی (*Ziziphora tenuior*) یکی از گیاهان دارویی سنتی در ایران است که با داشتن ماده‌ای تحت عنوان Pulegone، اثرات ضد دردی و ضد التهابی آن به خوبی مشخص شده است. هدف اصلی این تحقیق، مکان‌یابی کشت گیاه کاکوتی در حوزه آبخیز سبلان با استفاده از روش ANP Fuzzy است. در این راستا ۱۲ معیار در قالب خوشه‌های توپوگرافی، خاک، اقلیم، زمین‌شناسی و کاربری اراضی با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای و استفاده از نظر کارشناسان، در محیط نرم‌افزار Super Decision وزن‌دهی شده و برای هم‌مقیاس‌سازی معیارها نیز از روش فازی در محیط نرم‌افزار Idrisi Selva استفاده شد. در نهایت با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی، لایه‌های موردنظر با اعمال وزن مربوطه، روی‌هم‌گذاری شده و نقشه تناسب کشت و توسعه این گیاه تهیه شد. نتایج نشان داد که به‌ترتیب معیارهای ارتفاع، دما، عمق خاک و درصد شیب مهم‌ترین معیارهای مؤثر برای کشت و توسعه این گیاه در منطقه می‌باشند و ۴۲۴۵ هکتار (۱۶/۱۴ درصد) دارای پتانسیل زیاد یا خیلی زیاد، ۴۲۸۳/۰۰ هکتار (۱۶/۳۷ درصد) دارای پتانسیل متوسط، ۴۷۲۱/۵۶ هکتار (۱۸/۰۴ درصد) دارای پتانسیل کم و ۱۲۹۱۳ هکتار (۴۹/۳۵ درصد) از منطقه، به دلیل محدودیت کاربری اراضی، فاقد توان برای کشت و توسعه گیاه دارویی کاکوتی است. برای صحت‌سنجی مدل مورد استفاده در این تحقیق، نقشه محدوده پراکنش کاکوتی با نقشه کلاس پتانسیل نهایی به دست آمده از مدل ANP Fuzzy، روی هم‌گذاری شد و نتایج نشان داد که ۸۸/۶ درصد از محدوده پراکنش کاکوتی، در طبقه با کلاس پتانسیل متوسط، زیاد یا خیلی زیاد قرار می‌گیرد. در نتیجه، مدل فازی-تحلیل شبکه‌ای (ANP Fuzzy) به‌خوبی قادر به شناسایی مناطق مناسب برای توسعه کشت گیاه دارویی کاکوتی در حوزه موردمطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی چند معیاره، سامانه اطلاعات جغرافیایی، کاکوتی، گیاه دارویی، فرایند تحلیل شبکه‌ای.

[۱]- استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
*: نویسنده مسئول: alikhahasl@pnu.ac.ir
[۲]- دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان داروئی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
[۳]- گروه محیط زیست، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران.
[۴]- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری اردبیل، اردبیل، ایران.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

مقدمه

مراتع بخشی از منابع طبیعی هر کشور است که نقش مهمی در اقتصاد ملی، توازن‌های زیست‌محیطی، حفظ خاک و غیره دارد (۳). فرآورده‌های فرعی مرتع از جمله گیاهان دارویی به‌عنوان یک درآمد مکمل و نیز یک منبع غذایی، نقش مهم و سهم آشکاری در رفاه و زندگی روزمره مردم محلی دارند (۳۷). گیاهان دارویی نقش بسزایی در امنیت غذایی، اشتغال‌زایی و افزایش درآمد مردمان محلی دارند (۴)، و همواره به عنوان منبع اصلی مواد مؤثره در تولید بسیاری از داروها مورد استفاده قرار می‌گیرند (۷).

گیاه کاکوتی با نام علمی *Ziziphora tenuior* از تیره نعنائیان است که کاربرد غذایی و دارویی دارد. بوته‌های این گیاه چندساله پرپشت بوده و ارتفاع آن بین ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر و دارای گل‌های بنفش می‌باشد (۱۷). کاکوتی به‌عنوان یک گیاه داروئی معطر در طب سنتی در درمان بسیاری از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (۲)، که از آن جمله می‌توان به درمان تب، دیابت و عفونتهای رحمی (۳۴) و همچنین درمان التهاب روده و سرفه (۱۱ و ۳۲) اشاره کرد. این گیاه منبع خوبی برای استخراج ماده‌ای به نام *pulegone* (۷۱/۲ تا ۸۵/۳ درصد) است که در صنعت غذا و دارو کاربرد دارد (۱۳) و به دلیل اثرات ضد التهابی و ضد درد شناخته شده است (۶). شواهد نشان می‌دهد که بسیاری از گیاهان داروئی مورد استفاده در بازارهای جهانی از کشورهای در حال توسعه سرچشمه می‌گیرند (۲۷ و ۳۳) که نشان می‌دهد این صنعت (تولید گیاهان داروئی) اگر به درستی انجام شود، یک منبع رشد عظیم اقتصادی برای کشورهای در حال توسعه است (۱۸ و ۲۷). توجه به الزامات حفاظتی برداشت از گیاهان دارویی در کنار توجه به نیاز روزافزون به این گیاهان، نیاز به ترویج کشت در مقیاس بزرگ را نشان می‌دهد (۱۰، ۱۸، ۲۴ و ۲۷).

استفاده غیرمنطقی انسان از سرزمین در بسیاری از نقاط دنیا که منجر به نابودی پتانسیل‌های طبیعی و منابع موجود در آن شده، دیگر جای هیچ شکی باقی نمی‌گذارد که نائل شدن به توسعه پایدار، مستلزم اجرای انواع طرح‌های توسعه و بهره‌برداری از منابع طبیعی کشور بر اساس توان بالقوه منابع و ظرفیت قابل‌تحمل محیط‌زیست است (۲۸). در حال حاضر، منطقی‌ترین راه برای انجام مطالعات محیط‌زیست در چارچوب برنامه‌ریزی منطقه‌ای، دخالت دادن جنبه‌های بوم‌شناختی در برنامه‌ریزی و سازمان‌دهی کاربری زمین است (۸). توان زمین برای رویش انواع گیاهان با ارزیابی مؤلفه‌های مرتبط با اقلیم، خاک و توپوگرافی محیط و درک محدودیت‌های بیوفیزیکی رابطه دارد (۳۱). در سال‌های اخیر استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره، گسترش فراوانی داشته و در این میان روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) و تحلیل شبکه‌ای (ANP[2]) بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است (۲۴). با توجه به محدودیت روش AHP که ارتباط بین عناصر تصمیم را سلسله مراتبی و یک‌طرفه فرض می‌کند، روش ANP چارچوب مناسبی را برای تحلیل مسائل مختلف به‌صورت در نظر گرفتن وابستگی‌های متقابل بین عناصر تصمیم‌گیری، فراهم می‌سازد (۳۸)؛ بنابراین روش ANP به‌عنوان روش مناسب‌تری در مطالعات تصمیم‌گیری‌های چندمنظوره و برای حل مسائل پیچیده تصمیم‌گیری مطرح شده است. معیارهای مورد استفاده در یک فرایند ارزیابی، دارای واحدها و مقیاس‌های عددی متفاوتی هستند و از سوی دیگر، روش فازی یکی از روش‌های پرکاربرد در استانداردسازی فاکتورها می‌باشد (۵ و ۲۱). برای استانداردسازی فاکتورها به روش فازی، تعیین حدود و توابع فازی ضروری است که با توجه به نقش هر فاکتور در ارزیابی و بر اساس مرور منابع و نظر کارشناسان و خبرگان تعیین می‌شوند (۹ و ۱۵). در سالیان اخیر به دلیل توجه به توسعه کشت گیاهان دارویی، مطالعات مختلفی در داخل و خارج از کشور به انجام رسیده است. مقامی مقیم و همکاران (۲۰۱۹) به پهنه‌بندی آگروکلیمای کشت زعفران در استان خراسان شمالی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی پرداختند و نتایج ایشان نشان داد که ۱۷/۹ درصد از سطح استان خراسان مستعد کشت زعفران است. صادقی و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی سازگاری اقلیمی مناطق، برای کشت گیاه گل محمدی با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای در استان اصفهان پرداختند و نتایج آنها نشان داد سه عامل بارش سالیانه، ارتفاع و دمای میانگین سالانه، بیشترین تأثیر و

[1] Analytical Hierarchy process

[2] Analytical Network Process

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

پارامتر شیب، کمترین تأثیر را بر کمیت و کیفیت گیاه گل محمدی داشتند. سعادت‌فر و همکاران (۲۰۱۹) تعیین رویشگاه بالقوه گیاه دارویی آنغوزه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منطقه چترود کرمان را بررسی و نتیجه گرفتند ۴۸۲۶ (۹/۱۶ درصد) از منطقه دارای تناسب بالایی جهت رویش گیاه آنغوزه می باشند. عباسی خالکی و همکاران (۲۰۱۹) به کاربرد روش تحلیل شبکه‌ای در احیای دیمزارهای کم بازده و رها شده با مرتع‌کاری در حوزه آبخیز بالخلی‌چای اردبیل پرداختند و نتیجه گرفتند که می‌توان از این روش در تعیین مناسب‌ترین اراضی دیم مستعد احیا و علوفه‌کاری و بازگشت این اراضی به مرتع استفاده نمود تا موفقیت پروژه‌های تبدیل دیم زار بیشتر گردد. قربانی و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی ویژگی‌های اکولوژیکی گیاهان دارویی در زیست بوم‌های مرتعی حوزه آبخیز زیلبرچای استان آذربایجان شرقی به این نتیجه رسیدند که دامنه پراکنش گونه کاکوتی از ۱۵۰۰ تا ۳۲۰۰ متر می‌باشد. قلیچ‌نیا (۲۰۰۰) در بررسی پراکنش و اکولوژی ۳۶ گونه گیاهی اسانس‌دار در استان مازندران، محدوده پراکنش کاکوتی را در ارتفاعات بین ۱۵۰۰ تا ۲۴۰۰ متر، جهات شیب جنوبی و شرقی، شیب ۵-۲۰ درصد، متوسط درجه حرارت سالانه ۲ تا ۱۰ درجه سانتیگراد و میزان بارش ۳۰۰ تا ۴۰۰ میلی متر بیان نمود.

ژو[1] و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی تناسب کشت گیاه دارویی بشقابی در چین با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه پرداخته و نتیجه گرفتند در بین معیارهای مورد استفاده، بارش و درجه حرارت سالیانه موثرترین معیارها در پتانسیل کشت این گیاه می‌باشند. لیانگ[2] و همکاران (۲۰۱۹) به پیش‌بینی مناطق با پتانسیل اکولوژیک برای گیاه جنسینگ در مقیاس جهانی با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند و نتیجه گرفتند که آسیای شرقی و اروپای میانی مناسب‌ترین مناطق برای این هدف می‌باشند.

بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که تحقیقات در زمینه ارزیابی تناسب کشت برای گیاهان دارویی مختلف در سالیان اخیر، رو به افزایش است اما تاکنون در خصوص گیاه دارویی کاکوتی در زمینه پهنه‌بندی تناسب اراضی، تحقیقی صورت نگرفته است و از طرف دیگر، در مورد سایر گیاهان دارویی نیز بیشتر از روش تحلیل سلسله مراتبی برای مکان‌یابی کشت و توسعه استفاده شده و روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) به همراه روش فازی، کمتر مورد استفاده قرار گرفته است. توجه به خواص درمانی و کاربردی کاکوتی در صنایع مختلف سبب شده است که جمعیت وحشی این گیاه در طبیعت کاهش یابد، بنابراین به منظور حمایت و حفاظت از جمعیت وحشی این گیاه در برابر برداشت بی‌رویه از طبیعت، کشت و توسعه این گیاه، ضروری به نظر می‌رسد و با توجه به بومی بودن این گیاه در منطقه سبلان اردبیل، این منطقه برای هدف مورد نظر انتخاب شد. با وجود اینکه این گیاه دارویی، بصورت پراکنده در منطقه مورد مطالعه وجود دارد، اما هنوز یک خلاء مطالعاتی سیستماتیک در خصوص ارزیابی مناطق مستعد برای کشت این گیاه وجود دارد. از این‌رو، هدف اصلی این تحقیق، شناسایی مناطق مستعد کشت و توسعه گیاه کاکوتی در حوزه آبخیز سبلان با استفاده از روش ترکیبی فازی و تحلیل شبکه‌ای و در نظر گرفتن نیازهای اکولوژیک آن در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

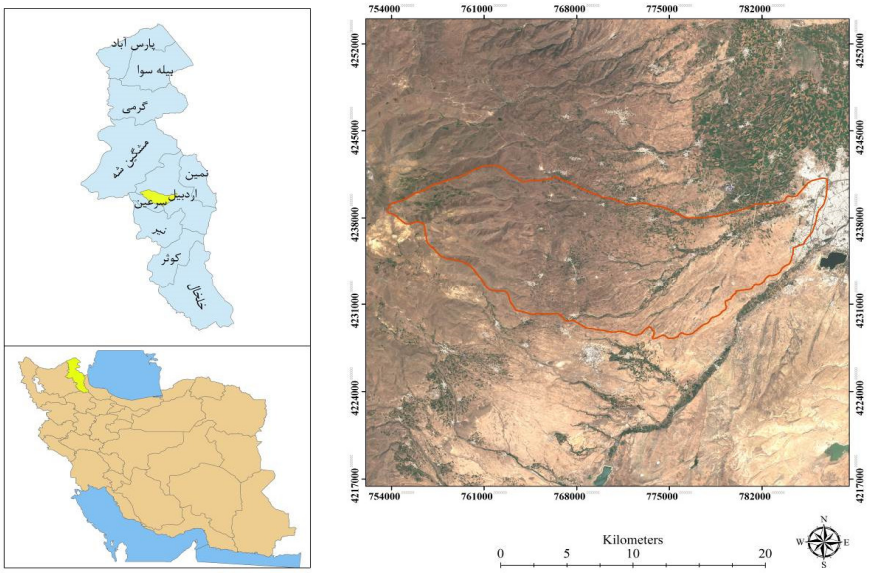
حوزه آبخیز سبلان (واقع در دامنه شرقی کوه سبلان) با مساحت ۲۶۲۲۷ هکتار در شهرستان‌های اردبیل و سرعین از استان اردبیل و در بین طول جغرافیایی ´۵۳ °۴۷ تا ´۱۶ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ´۰۹ °۳۸ تا ´۱۸ °۳۸ شمالی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع منطقه از ۱۳۴۰ تا ۳۸۱۵ متر، میزان بارش سالانه ۲۶۷ تا ۶۸۶ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه ۴ درجه سانتی‌گراد و نوع اقلیم منطقه در سیستم دومارتن مرطوب می‌باشد (۱۲ و ۲۳).

[1] Xu

[2] Liang

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و کشور

روش تحقیق

به‌منظور پهنه‌بندی کشت و توسعه گیاه کاکوتی (*Ziziphora tenuior*) در منطقه مورد مطالعه، از پنج خوشه اصلی شامل توپوگرافی، اقلیم، خاک، زمین شناسی و کاربری اراضی و همچنین ۱۲ معیار شامل ارتفاع، شیب، جهت دامنه، دمای متوسط، بارش، زمین‌شناسی، عمق خاک، بافت خاک، گروه هیدرولوژیک خاک، نفوذپذیری خاک، شدت فرسایش خاک و کاربری اراضی استفاده شد (جدول ۱). لایه‌های ارتفاع، شیب و جهت دامنه با استفاده از لایه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ منطقه و لایه‌های اقلیمی، کاربری اراضی، زمین شناسی و خاک مربوط به مطالعات تفصیلی اجرایی این حوزه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ به فرمت رقومی از اداره کل منابع طبیعی استان اردبیل تهیه شد. با توجه به نقش متفاوت هر یک از معیارها در کشت و توسعه گیاه کاکوتی، وزن‌دهی به معیارها با روش تحلیل شبکه‌ای انجام شد. برای این منظور، در محیط نرم‌افزار Super Decision با نسخه 2.0.8، شش خوشه شامل هدف، فیزیوگرافی، خاک، اقلیم، زمین شناسی و کاربری اراضی ایجاد شد. سپس در هر خوشه، معیارهای مورد استفاده وارد شد. در ادامه، ارتباط مستقیم بین خوشه هدف با خوشه‌های دیگر برقرار شد و با توجه به ماهیت روش تحلیل شبکه‌ای، ارتباط متقابل بین عناصر داخل یک خوشه با خوشه‌های دیگر نیز تعریف شد. در مرحله بعد، با در نظرگیری میزان نرخ ناسازگاری (کمتر از مقدار ۰/۱) در قضاوت‌ها (۲۹) و مقایسات زوجی (جدول ۲)، ضریب اهمیت هر یک از معیارها به دست آمد. در مرحله آخر، ماتریس حد تهیه و وزن هر یک از معیارها محاسبه شد. به‌منظور هم‌مقیاس‌سازی معیارها، از روش فازی استفاده شد. درجه‌ی عضویت فازی بین ۰ تا ۱ یا ۰ تا ۲۵۵ متغیر بوده و نشان دهنده‌ی افزایش پیوسته از عدم عضویت تا عضویت کامل است. البته مقیاس ۲۵۵-۰ مناسب‌تر است، زیرا مدل ارزیابی چند معیاره برای این سطوح بهینه شده است. توابع عضویت مجموعه‌های فازی عبارت‌اند از توابع S شکل، J شکل، خطی و توابع تعریف‌شده توسط کاربر. هر یک از توابع یاد شده ممکن است افزایشی، کاهشی یا متقارن باشند (۲۶). برای فازی‌سازی، از توابع S شکل برای لایه‌های پیوسته (ارتفاع، شیب، دما، بارش، درجه حرارت) و تعریف‌شده توسط کاربر برای لایه‌های گسسته (سایر معیارها) استفاده شد (جدول ۳). در مرحله آخر با استفاده از روش ترکیب خطی وزنی، لایه‌های فازی‌شده (شکل ۲)، در وزن معیار متناظر ضرب‌شده و نقشه پتانسیل کشت کاکوتی در این حوزه به‌دست آمد. به‌منظور اعمال محدودیت‌های کاربری اراضی، نقشه بولین کاربری اراضی با کد صفر برای زراعت آبی، مسکونی، اراضی سنگلاخی، محدوده آبی (سد) و کد یک

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

برای سایر اراضی، تهیه و در نقشه تناسب اولیه ضرب شد. در نهایت به‌منظور نمایش طبقات پتانسیل، از فرایند طبقه-بندی در قالب پنج کلاس پتانسیل خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم استفاده شد. به منظور اعتبار سنجی دقت روش مورد استفاده، با استفاده از پیمایش میدانی با کارشناسان منابع طبیعی مسلط به منطقه و آشنا به موقعیت پراکنش کاکوتی، محدوده‌های پراکنش کاکوتی با تراکم مناسب در سطح حوزه شناسایی و با برداشت با استفاده از GPS و ترسیم پلی‌گون محدوده، با نقشه پتانسیل تهیه شده، روی هم‌گذاری گردید و مدل مورد استفاده در این تحقیق، اعتبارسنجی شد.

جدول ۱: معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی کشت کاکوتی

ردیف	خوشه	معیار
۱	فیزیوگرافی	ارتفاع شیب جهت دامنه
۲	اقلیم	بارش میانگین دما
۳	زمین شناسی	زمین شناسی شدت فرسایش خاک
۴	خاک	بافت خاک عمق خاک گروه هیدرولوزیک خاک نفوذپذیری خاک
۵	کاربری اراضی	کاربری اراضی

جدول ۲: مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌های زوجی (۲۷)

ترجیحات (قضاوت شفاهی)		مقدار عددی
کاملا" مرجح یا کاملا" مهم‌تر و یا کاملا" مطلوب‌تر	(Extremely Preferred)	۹
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	(Very Strongly Preferred)	۷
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت قوی	(Strongly Preferred)	۵
کمی مرجح یا کمی مهم‌تر یا کمی مطلوب‌تر	(Moderately Preferred)	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	(Equally Preferred)	۱
ترجیحات بین فواصل فوق		۲، ۴، ۶، ۸

نتایج

نتایج مربوط به وزن‌دهی معیارهای مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل شبکه‌ای، در جدول (۴) ارائه گردیده است که نشان می دهد به ترتیب معیارهای ارتفاع، دما، عمق خاک و شیب دارای بیش‌ترین وزن و معیارهای نفوذپذیری خاک، بارش و جهت دامنه، دارای کمترین وزن در مکان یابی کشت کاکوتی می‌باشند. خروجی روش روی‌هم‌گذاری ترکیب خطی وزنی (شکل ۳) نشان داد که در مقیاس ۰-۲۵۵ این منطقه دارای ارزش ۲۲-۲۲۱ برای کشت و توسعه گونه کاکوتی می‌باشد که مقادیر کمتر، دارای تناسب کمتر و مقادیر بیشتر، دارای تناسب بیشتر برای کشت و توسعه این گونه می‌باشد. بعد از اعمال محدودیت لایه بولینی (کاربری اراضی)، این پتانسیل به ارزش حداقل صفر تا حدکثر ۲۲۱ تغییر یافت. بر اساس نقشه طبقه بندی شده، بیشتر قسمت‌های شرقی، شمالی و مرکزی منطقه دارای محدودیت برای توسعه کشت این گیاه دارویی هستند. بیشتر قسمت‌هایی غربی حوزه و قسمت‌هایی از شرق نیز دارا توان بسیار کم برای هدف مورد نظر هستند. قسمت‌های جنوب‌شرقی و قسمت‌هایی از غرب حوزه دارای پتانسیل متوسط و بیشتر قسمت‌هایی جنوبی و برخی از قسمت‌های غربی منطقه دارای پتانسیل مناسب برای کشت و توسعه کاکوتی هستند (شکل ۳). جدول (۵) مساحت طبقات تناسب برای کشت و توسعه گیاه دارویی کاکوتی را نشان می‌دهد که بر این اساس، ۲۴/۲۴ هکتار (کمتر از یک درصد) از منطقه دارای پتانسیل خیلی زیاد و ۴۲۲۰/۸۰ هکتار (۱۶/۱۳درصد) دارای پتانسیل زیاد برای کشت و توسعه گیاه دارویی کاکوتی می‌باشد. همچنین ۰۰/ ۴۲۸۳ هکتار (۱۶/۳۷ درصد) دارای پتانسیل متوسط، ۴۷۲۱/۵۶ هکتار (۱۸/۰۴ درصد) دارای پتانسیل کم و ۱۲۹۱۲/۹۸ هکتار (۴۹/۳۵ درصد) نیز پتانسیل خیلی‌کم یا دارای محدودیت برای کشت و توسعه گیاه دارویی کاکوتی را شامل می‌شود. برای صحت‌سنجی مدل مورد استفاده نیز محدوده ۵۱۴/۳ هکتار از منطقه مورد مطالعه که دارای پراکنش کاکوتی با تراکم مناسب بود تهیه و نتایج تلاقی این محدوده با لایه پتانسیل در جدول (۶) ارائه شده است. نتایج این تلاقی نشان داد که از این محدوده، ۲۹۰/۴ هکتار (۵۶/۴۷ درصد) بر روی طبقه با کلاس پتانسیل زیاد، ۱۶۵/۴ هکتار (۳۲/۱۹ درصد) بر روی طبقه با کلاس پتانسیل متوسط و ۵۴/۸۲ هکتار (۱۰/۶۵ درصد) بر روی طبقه با کلاس پتانسیل کم قرار می‌گیرد که نشان می‌دهد در مجموع، ۸۸/۶ درصد از این پهنه، بر روی نقشه پهنه‌بندی شده، در کلاس پتانسیل متوسط یا زیاد قرار می‌گیرد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

جدول ۳: فاکتورها و توابع فازی مورد استفاده برای استانداردسازی، در ارزیابی توسعه کشت کاکوتی

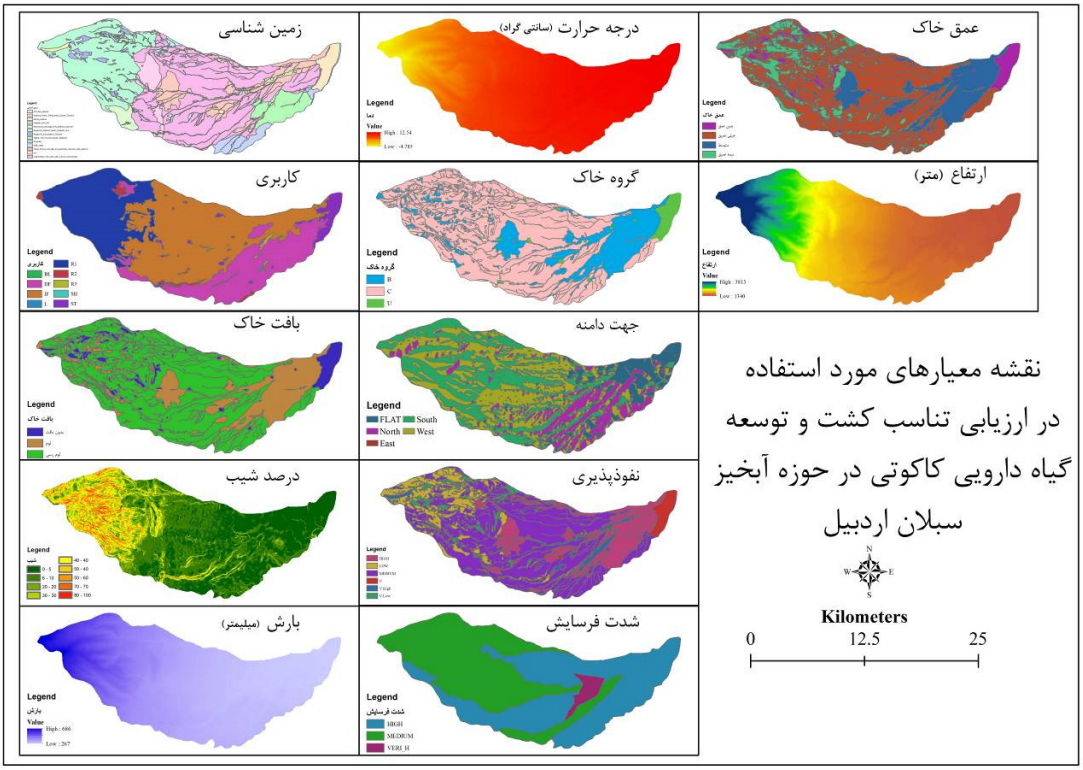
ردیف	خوشه	معیار	تابع فازی	حدود توابع فازی			
				a	b	c	d
۱	فیزیوگرافی	ارتفاع (متر)	سیمتریک	۱۳۴۰	۱۵۰۰	۲۰۰۰	۲۲۰۰
		جهت دامنه	گسسته	غربی ۲۵۵	جنوبی ۱۷۰	شرقی ۸۵	فلت یا شمالی ۰
		شیب (٪)	سیمتریک	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰
۲	اقلیم	بارش (میلی‌متر)	S شکل افزاینده	۲۶۷	۵۰۰	-	-
		میانگین دما (سانتی‌گراد)	S شکل افزاینده	۲	۱۲/۵	-	-
۳	خاک	بافت خاک	گسسته	لوم رسی ۲۵۵	لوم ۱۲۸	فاقد بافت ۰	
		عمق خاک	گسسته	عمیق ۲۵۵	نیمه عمیق ۱۷۰	متوسط ۸۵	فاقد عمق ۰
		گروه هیدرولوژیک خاک	گسسته	B ۲۵۵	C ۱۲۸		فاقد خاک ۰
		شدت فرسایش	گسسته	متوسط ۲۵۵			زیاد یا خیلی زیاد ۰
		نفوذپذیری	گسسته	خیلی زیاد ۲۵۵	زیاد ۱۷۰	متوسط ۸۵	کم یا خیلی کم ۰
۴	کاربری اراضی	کاربری اراضی	گسسته	مرتع ۲۵۵	زراعت دیم ۱۷۰	بیشه زار ۸۵	زراعت آبی، پوشش آبی (سد)، اراضی سنگلاخی، مسکونی ۰
۵		زمین شناسی	گسسته	آندزیت بازالت ۲۵۵	رسوبات آبرفتی و رودخانه ای، تراس های قدیمی، تراس های جوان، دشت رسوبی ۱۷۰	پرفیریتیک، تراکت، تفرا با ورقه های آندزیتی ۸۵	توف، خاکستر آتشفشانی، تراورتن ۰

جدول۴: وزن معیارها بر اساس روش تحلیل شبکه‌ای (نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱)

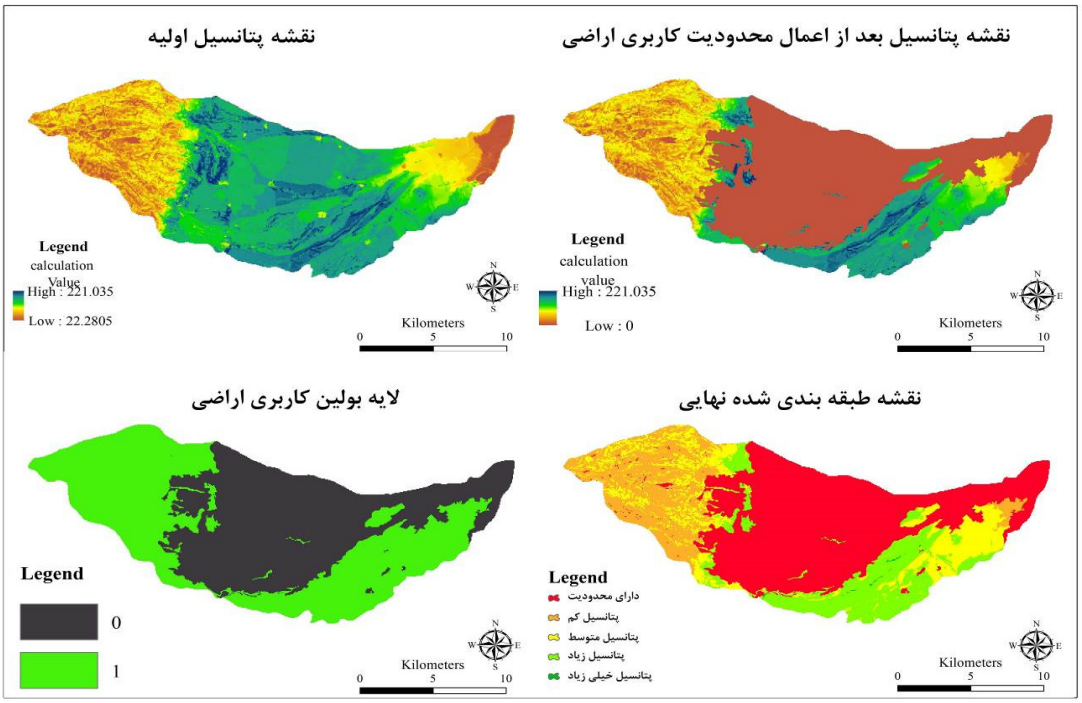
ردیف	معیار	وزن
۱	ارتفاع	۰/۲۶۶۶۰
۲	عمق خاک	۰/۱۵۴۶۸
۳	دما	۰/۱۷۰۶۵
۴	شیب	۰/۱۱۹۶۳
۵	شدت فرسایش	۰/۰۷۱۷۶
۶	زمین شناسی	۰/۰۲۲۰۷
۷	گروه خاک	۰/۰۵۵۴۲
۸	کاربری اراضی	۰/۰۵۸۸۶
۹	بافت خاک	۰/۰۳۱۷۰
۱۰	جهت دامنه	۰/۰۱۳۰۴
۱۱	بارش	۰/۰۲۲۹۸
۱۲	نفوذپذیری	۰/۰۱۲۶۱

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]



شکل ۲: نقشه معیارهای مورد استفاده در پهنه‌بندی کشت کاکوتی



شکل ۳: نقشه پتانسیل و کلاس پتانسیل برای کشت و توسعه کاکوتی در حوزه سبلان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

جدول ۵: مساحت کلاس تناسب برای کشت و توسعه گیاه دارویی کاکوتی در حوزه سبلان

ردیف	کلاس پتانسیل	مساحت (هکتار)	درصد از منطقه
۱	پتانسیل خیلی زیاد	۲۴/۲۴	۰/۰۹
۲	پتانسیل زیاد	۴۲۲۰/۸۰	۱۶/۱۳
۳	پتانسیل متوسط	۴۲۸۳/۰۰	۱۶/۳۷
۴	پتانسیل کم	۴۷۲۱/۵۶	۱۸/۰۴
۵	پتانسیل خیلی کم با دارای محدودیت	۱۲۹۱۲/۹۸	۴۹/۳۵

جدول ۶: تلاقی محدوده پراکنش گونه کاکوتی با نقشه طبقات پتانسیل

ردیف	کلاس پتانسیل	مساحت (هکتار)	درصد از منطقه
۱	پتانسیل خیلی زیاد	۰/۲۲	۰/۰۴
۲	پتانسیل زیاد	۲۹۰/۴	۵۶/۴۷
۳	پتانسیل متوسط	۱۶۵/۴	۳۲/۱۶
۴	پتانسیل کم	۳/۳۸	۰/۶۵
۵	پتانسیل خیلی کم	۵۴/۸۲	۱۰/۶۵

بحث و نتیجه‌گیری

توسعه و کشت گیاهان دارویی به منظور تغییر الگوی کشت بخصوص در اراضی کم بازده می تواند سود اقتصادی مناسبی به همراه داشته باشد. بخصوص اگر این گونه، بومی منطقه بوده و در مکان مناسب کشت شود. نتایج مربوط به وزن دهی به معیارها نشان داد که معیارهای ارتفاع و دما در مجموع ۰/۴۳۶ از مجموع وزن را شامل می‌شوند که نشان دهنده میزان اهمیت و تاثیر این دو عامل در انتخاب محل مناسب برای کشت این گونه است. این نتیجه منطبق با نتایج تحقیق طالبی و زمانی (۲۰۰۸) است که بیان می‌کنند نوع اقلیم و ارتفاع بیشترین تاثیر را بر اندام های زایشی و رویشی جمعیت های مختلف این گونه دارند.

برخلاف تحقیقات مشابه انجام‌شده در زمینه مکان‌یابی مناطق مناسب برای گیاهان دارویی که عموماً از روش تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی به معیارها استفاده شده است، در این تحقیق از روش فازی برای هم مقیاس سازی معیارها استفاده شد. از نظر ارتفاعی، مناطق با ارتفاع ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر به‌عنوان بهترین مناطق و حداکثر ارتفاع ۲۲۰۰ متر به‌عنوان حد نهایی پراکنش برای مکان یابی این گونه در حوزه مورد مطالعه در نظر گرفته شد که علت آن برودت بیش از حد هوا در ارتفاعات بالاتر بود. قربانی و همکاران (۲۰۱۱) حداکثر ارتفاع ۳۲۰۰ متر و قلیچ‌نیا (۲۰۰۰) حداکثر ارتفاع ۲۴۰۰ متری را برای پراکنش این گونه عنوان کرده‌اند. برخلاف بیشتر تحقیقات در زمینه گیاهان دارویی که جهت‌های شرقی را به دلیل نورگیر بودن به‌عنوان جهت دامنه مناسب برای رشد گیاهان دارویی در نظر می گیرند، با توجه به نیاز این گونه به رطوبت کافی، جهت‌های غربی به‌عنوان دامنه‌های مناسب تر انتخاب شدند. همچنین دامنه های شمالی نیز به دلیل عدم دریافت نور کافی، حداقل ارزش فازی را به خود اختصاص دادند. قلیچ‌نیا (۲۰۰۰) جهت‌های شرقی و جنوبی را جهت‌های عمده پراکنش این گونه عنوان کرده است. از نظر شیب اراضی نیز مناطق با شیب بین ۲۰ تا ۳۰ درصد به‌عنوان مناسب‌ترین شیب‌ها برای توسعه کشت این گونه انتخاب شدند چرا که در شیب‌های کمتر، ریشه این گیاه به دلیل حساسیت ریشه به خفگی، امکان رشد ندارد. همچنان‌که قلیچ‌نیا (۲۰۰۰) شیب ۵ تا ۲۰ درصد را دامنه پراکنش این گیاه ذکر کرده است. برای معیارهای بارش و درجه حرارت نیز از تابع افزایشی استفاده شد به‌طوری‌که مناطق با درجه حرارت هوای کمتر از دو درجه سانتیگراد به‌عنوان مناطق نامناسب و مناطق با میزان بارش بیشتر از ۴۰۰ میلی‌متر به‌عنوان مناطق با حداکثر تناسب معرفی شدند که مطابق با مطالعه قلیچ‌نیا (۲۰۰۰) می‌باشد. همچنین از نظر خاک، مناطق با حساسیت به فرسایش کم و زهکشی مناسب با گروه هیدرولوژیک خاک B و عمق خاک عمیق به دلیل فراهم آوری بستر مناسب برای کشت این گیاه از ارزش فازی بیشتری برخوردار شدند. خاک لومی رسی نیز به دلیل آنکه مواد غذایی بیشتری نسبت به خاک لوم دارد (۱۱)، از وزن

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

(ارزش فازی) بیشتری برخوردار شد. از منظر زمین شناسی نیز، مناطق با جنس آندزیت بازالت به دلیل تولید خاک غنی از میزان عناصر مغذی، نسبت به سایر معیارهای این معیار، از وزن بیشتری برخوردار شد در حالی که توف و خاکسترهای آتشفشانی به دلیل آنکه عاری از عناصر غذایی از قبیل کلسیم، منیزیم، پتاسیم و...است، وزن کمتری به خود گرفت (۲۲). همچنین در این تحقیق، به منظور اعمال محدودیت‌های مربوط به کاربری اراضی، لایه بولینی کاربری اراضی نیز در تهیه نقشه نهایی بکار گرفته شد و مناطق با ارزش زراعی بالا (زراعت آبی) و مناطقی که امکان توسعه و کشت این گونه وجود نداشت (اراضی سنگلاخی، محدوده آبی، مناطق مسکونی)، از نقشه پتانسیل حذف شد.

در مجموع، از سطح کل منطقه، ۴۲۴۵ هکتار (۱۶/۱۴ درصد) دارای پتانسیل خیلی‌زیاد یا زیاد برای کشت و توسعه این گیاه می باشد که در قسمت‌های جنوبی و قسمت‌هایی از غرب حوزه سبلان واقع شده است. این مناطق، دارای ارتفاع حدود ۱۹۰۰ متری، جهت دامنه عمدتا غربی و جنوبی، شیب ۵ تا ۳۰ درصد، بافت خاک لوم‌رسی، زمین شناسی از نوع آندزیت بازالت و پرفرتیک، کاربری مرتع، بارش ۳۶۰ تا ۴۰۰ میلیمتر، درجه حرارت هوای ۶/۵ تا ۹ درجه سانتیگراد، عمق خاک نیمه‌عمیق، گروه هیدرولوژیک خاک C، میزان فرسایش متوسط با زهکشی مناسب بود. قسمت عمده منطقه (حدود ۵۰ درصد) به دلیل محدودیت کاربری اراضی، دارای محدودیت برای هدف مورد نظر بود. همچنین در این تحقیق برخلاف بیشتر تحقیقات مشابه، اقدام به صحت‌سنجی مدل مورد استفاده (روش تحلیل شبکه‌ای-فازی) شد. بررسی موقعیت فعلی پراکنش کاکوتی (*Ziziphora tenuior*) در حوزه آبخیز سبلان نشان داد که این گونه در مناطق با ارتفاع ۱۸۰۰ تا ۲۱۰۰ متر، جهات شیب غربی و جنوبی، درصد شیب عمدتا ۱۰ تا ۴۰ درصد، دمای ۵ تا ۹ درجه سانتی‌گراد، میزان بارش ۳۵۰ تا ۴۲۰ میلی متر، بافت خاک عمدتا لومی رسی، گروه هیدرولوژیک خاک C، اراضی مرتعی، خاک با نفوذپذیری متوسط تا کم، عمق خاک متوسط تا عمیق، شدت فرسایش متوسط و به لحاظ زمین شناسی بر روی آندزیت بازالت و پرفریتیک قرار گرفته است. نتایج روی‌همگذاری این محدوده با نقشه پتانسیل نشان داد در مجموع تنها ۱۱/۴ درصد از پهنه موجود در منطقه (محدوده پراکنش کاکوتی) در طبقه با پتانسیل کم یا خیلی کم قرار می‌گیرد و حدود ۸۸/۶ درصد از این پهنه در مناطق با کلاس پتانسیل متوسط، زیاد یا خیلی زیاد قرار می گیرد که موید قابلیت بالای این روش در مکان یابی کشت و توسعه این گیاه دارویی است. البته این روش به شدت تحت تاثیر نظرات کارشناسی در خصوص وزن و اهمیت معیارهای مورد استفاده، انتخاب نوع معیار و همچنین انتخاب دامنه فازی است لذا، انتخاب پانل دلفی و دامنه فازی در این روش نیز از اهمیت خاصی برخوردار است.

سپاسگذاری

بدین‌وسیله از کلیه کارشناسانی که در طول فرآیند این تحقیق با ارائه اطلاعات رقومی و یا تکمیل نظرات کارشناسی، ما را در تکمیل این پژوهش یاری فرمودند، تشکر و قدردانی می‌کنیم.

References

1. Abbasi Khalaki, M., A. Ghorbani & F. Dadju, 2019. Using a network analysis process in the restore of low yielding and abounded dry farming lands with range planting (Case study: Balekhli Chay watershed). RS & GIS for Natural Resources, 10(2): 102-120. (In Persian)
2. Abu-Darwish, Ms., C. Cabral., M.J. Gonçalves., C. Cavaleiro., M.T Cruz., M. Paoli., F. Tomi., T. Efferth & L. Salgueiro, 2016. *Ziziphora tenuior* L. essential oil from Dana Biosphere Reserve (Southern Jordan); chemical characterization and assessment of biological activities. Journal of Ethnopharmacology, S0378-8741, (16): 31545-8.
3. Aghajanlou, F. & A. Ghorbani., 2015. Investigating some effective environmental factors on distribution of *Ferula gummosa* and *Ferula ovina* species in Shilandar mountainous rangeland of Zanjan. Rangeland, 9(4): 407-419. (In Persian)
4. Ajorlou, M., O. Firoozi & A. Shahmohammadi, 2014. The effect of livestock grazing on tragacanth production in *Astragalus gossypinus* Fischer. habitats. Rangeland, 8(4): 363-373. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

5. Alikhah Asl, M., M. Moameri, D. Naseri & S. Meftahi, 2020. Land Suitability Classification for Development of *Glycyrrhiza Glabra* Using ANP Fuzzy Model. Rangeland, 14(3): 500-511.
6. Asmarian, Sh., F. Ghorat., N. Jaberi & A. Ghorbani Ranjbary, 2016. Effect of hydroalcoholic leaf extract of *Ziziphora tenuior* L. on pain in male rats. Journal of Basic and Clinical Pathophysiology, 4(2): 17-22.
7. Bahmani, M., D. Rahimi, A. Sadeghipour & D. Kartoulinezhad, 2016. Effects of priming of different concentrations of potassium nitrate salt on germination and vigor indices of *Capparis spinosa* medicinal plant seed. Rangeland, 10(2): 180-190. (In Persian)
8. Biabani, A., S. Ahansaz., B. Kamkar & A. Roomani, 2017. Assessment of land suitability for wheat cultivation in Gorganrood watershed using GIS. Research achievement for improvement crop production, 3(1): 1-19. (In Persian)
9. Chan, F. & N. Kumar., 2007. Global supplier development considering risk factors using Fuzzy AHP. European journal of operational research, 95 (3): 649-655.
10. Chauhan, R.S., B.P. Nautiyal & M.C. Nautiyal, 2013. Trade of threatened Himalayan medicinal and aromatic plants-socioeconomy. Manage. Conserv. Issues Garhwal Himalaya India, 13(2): 1–10.
11. D Foth, H., translated by Sh. Mahmoodi & M, Hakimian, 2012. Fundamentals of soil science. Tehran university press, 720 p.
12. Dadjou, F., A. Ghorbani & M. Moameri, 2018. Effects of temperature and rainfall on the aboveground net primary production of Hir and Neur rangelands in Ardabil province. Iranian journal of Range and Desert Research, 25(3): 577-593.
13. Dakah, A., S. Zaid, M. Suleiman & M. Dakka, 2019. Chemical components and antibacterial activities of essential oil of wild, *in vitro* and acclimatised plants of *Ziziphora tenuior* L. International Food Research Journal, 26(2): 723-730.
14. Ghelichnia, H, 2000. Study of distribution and ecology of 36 essential oil plant species in Mazandaran province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 13: 81-95. (In Persian)
15. Ghorbani, A., S. Ahmadabaadi & H. Elyasi Boroujeni, 2011. Ecological characteristics of medicinal plants in rangeland ecosystems of Zilberchai watershed in East Azerbaijan. Journal of Plant Ecosystem Conservation, 1(1): 65-86. (In Persian)
16. Hamzeh, S., M. Mokarram & S.K. Alavipanah, 2014. Combination of Fuzzy and AHP methods to assess land suitability for barley, Case Study of semi-arid lands in the southwest of Iran. Desert, 19(2): 173-181. (In Persian)
17. Kouhsari, H., E. Ghaemi, M. Sadegh Shesh Poli, M. Jahedi, M. Zahiri & A. Sadegh, 2012. Evaluation of antibacterial activity of two medicinal plants *Trachyspermum copticum* L. And *Ziziphora tenuior* L. in Azadshahr region of Golestan province. Eco-Phytochemical journal of medicinal plants, 2(3): 49-56. (In Persian)
18. Larsen, H.O & C.S. Olsen., 2007. Unsustainable collection and unfair trade? Uncovering and assessing assumptions regarding Central Himalayan medicinal plant conservation. Biodiversity and Conservation, 16: 1679–1697.
19. Liang, Sh., L.X. Wen, M.X. Xiao, W. Jie, T., Huan, H.L. Fang, X.S. Ming, X. Jiang & C.S. Lin, 2019. Prediction of the globally ecological suitability of *Panax quinquefolius* by the geographic information system for global medicinal plants (GMPGIS). Chinese Journal of Natural Medicines, 17(7): 0481-0489.
20. Maghamimoghim, A., S.M. Hosseini Seddigh., R. Asadi & S. Khani Tamalieh, 2019. Saffron cultivation agroeclimate zoning in North Khorasan Province: An approach to change the pattern of cultivation. Geography and Development, 17(56): 119-138. (In Persian)
21. Mosadeghi, R., J. Warnken, R. Tomlinson & H. Mirfenderesk, 2015. Comparison of AHP-Fuzzy and AHP in spatial multi criteria decision making model for urban land-use planning. Computer, environment and urban systems, 49: 54-65.
22. Nasr Esfahani, A.Kh & M. Ahmadi., 2003. Igneous and metamorphic rock forming minerals. Islamic Azad University of Khorasegan, 272 p.
23. Natural resources department of Ardabil province, 2020. Detailed executive studies of Sabalan watershed in Ardabil town.
24. Phondani, P.C., I.D. Bhatt, V.S. Negi, B.P. Kothyari, A. Bhatt & R.K. Maikhuri, 2016. Promoting medicinal plants cultivation as a tool for biodiversity conservation and livelihood enhancement in Indian Himalaya. The Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 9(1): 39-46.
25. Rahdari, V., A. Soffianian, S. Pormanafi & S. Maleki, 2019. Assessment of land forestry capability sing multi criteria evaluation and fuzzy analytical hierarchy process method. Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 17(1): 26-39. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]

26. Rayisi, M., A. Safianian & A. Ghoddosi, 2014. Site selecting for industrial establishment in Isfahan region using Weighted Linear Combination in GIS. Journal of environmental science and technology, 16(4): 87-96. (In Persian)
27. Roosta, R.A., R. Moghaddasi & S.S. Hosseini, 2017. Export target markets of medicinal and aromatic plants. Journal of applied research on medicinal and aromatic plants. http://dx.doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.06.003
28. Saadat Far, A., I. Tavasolian & S. Hossein Jafari, 2019. Determination potential habitats of *Ferula assafoetida* medicinal herb using analytical hierarchy process (AHP) and GIS (Case study: Chatrod region, Kerman). RS & GIS for Natural Resources, 9(4): 139-154. (In Persian)
29. Saaty, T.L, 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill, New York.
30. Sadeghi, S.O.M.M., E. Alipoori & A. Alipor, 2019. Investigation of climatic adaptation of regions for Rosa Damascena cultivation using network analysis method (Case Study: Isfahan Province). Journal of Environment and Water Engineering, 5(3): 264-275. (In Persian)
31. Sadeghinia, M., M. Tazeh., Z. Jafari & K. Kiani, 2016, Determine potential habitat of *Anchusa strigosa* using analytical hierarchy process and GIS in Dezfool town. RS & GIS for Natural Resources, 7(4): 18-30. (In Persian)
32. Safa, O., A.M. Soltanipoor, S. Rastegar, M. Kazemi, K.N. Dehkordi & A. Ghannd, 2012. An ethnobotanical survey on hormozgan province, Iran. Avicenna Journal of Phytomedicine, 3(1): 64-81.
33. Smith, O.C., Larsen, H.O., 2003. Alpine medicinal plant trade and Himalayan mountain livelihood strategies. George's Journal, 169(3): 243–254.
34. Talebi, S.M., A. Rezakhanlou & G.S. Isfahani, 2012. Trichomes plasticity in *Ziziphora tenuior* L. (Labiatae) in Iran: an ecological review .Annals of Biological Research, 3(1): 668-672.
35. Talebi, S. M. & M. Zamani, 2008. Trichomes morphology of *Ziziphora tenuior* L. (Labiatae) in Iran. (An ecological review).the 15 th national & third international conference of biology Tehran. (In Persian)
36. Xu, N., F. Meng., G. Zhou., Y. Li., B. Wang & H. Lou, 2020. Assessing the suitable cultivation areas for *Scutellaria baicalensis* in China using the Maxent model and multiple linear regression. Biochemical Systematics and Ecology, 90:104052. https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104052.
37. Yari, R., Gh. Heshmati & H. Rafiee, 2019. Identification and Determination of Potential of Industrial and Edible Medicinal Plant in Chaharbagh Rural pastures in Golestan Province. Rangeland, 13(3): 350-367. (In Persian)
38. Zare, R., S. Babaei Khafaki & A. Metaji, 2011. Suggestion the appropriate species for afforestation in south hillside of Alborz mountain by using Gis (Case Study: Dareh Vesieh Watershed). Journal of Renewable Natural Resources Researchs, 2(1): 56-67. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.1.12.7]